

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»

На правах рукописи



Щур Александр Васильевич

**Экологические подходы к оптимизации состава почвенного микроценоза
как основа поддержания стабильной производительной способности
агроэкосистем**

03.02.08 – экология (биология)

Диссертация на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Научный консультант
Доктор биол. наук
Виноградов Д.В.

Могилев, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	13
1.1 Проблемы современного агропромышленного производства	14
1.2 Научное обоснование повышения плодородия почвы на биогеоценотических принципах	24
1.2.1 Теоретическое обоснование изменения плодородия почвы	25
1.2.1.1 Роль почвенной биоты в воспроизводстве плодородия почвы	29
1.2.1.2 Роль новых почвенных биотехнологий в повышении плодородия почвы	37
1.2.1.3 Микробиологические методы определения потребности почвы в удобрениях	42
1.2.1.4 Определение фитопатогенов в почве	43
1.2.2 Роль системы земледелия в поддержании и воспроизводстве почвенного плодородия	44
1.2.2.1 Концептуальные основы новой системы земледелия на биогеоценотических принципах	46
1.2.2.2 Основные черты новой системы земледелия на биогеоценотических принципах	53
1.3 Развитие теоретических основ обработки почвы без оборота пласта	55
1.4 Обработка почвы в Беларуси	60
1.5 Биологическая активность почвы как показатель эффективного плодородия при различных способах обработки почвы и видах удобрений	64
1.5.1 Состав, значение и особенности почвенной микрофлоры	66
1.6 Заключение по обзору литературы	70
ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	72
2.1 Объекты и методика проведения исследований в Гродненской области	72
2.2 Объекты и методика проведения исследований в Могилевской области	74
2.3 Методика проведения лабораторных и аналитических исследований	77
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	83
3.1 Экологопедосферные и агрохимические показатели полевых экспериментов	83
3.1.1 Характеристика почв экспериментальных участков Гродненской области	83

3.1.2	Характеристика почв экспериментальных участков Могилевской области	87
3.2	Эколого-климатические условия проведения полевых экспериментов	95
3.2.1	Эколого-климатические условия проведения экспериментов в Гродненской области	96
3.2.2	Эколого-климатические условия проведения экспериментов в Могилевской области	102
3.3	Влияние способов обработки почвы и внесения удобрений на экологию микробиоценоза почвы	107
3.3.1	Изменение численности микроорганизмов при различных способах обработки почвы и внесении разных видов удобрений	107
3.3.2	Динамика почвенной микробиоты в течение вегетационного периода	112
3.4	Ферментативная активность почвы на различных уровнях агроэкологических вмешательств	120
3.5	Динамические процессы содержания свободных почвенных аминокислот на различных уровнях агроэкологического воздействия	130
3.6	Нитрификационная и целлюлозолитическая активность дерново- подзолистых супесчаных почв при различных уровнях агроэкологического воздействия	140
3.7	Агроэкологические особенности накопления корневых и пожнивных остатков	159
3.7.1	Накопление корневых и пожнивных остатков под смесью пелюшко-овес + райграс однолетний	159
3.7.2	Накопление корневых и пожнивных остатков под картофелем	162
3.7.3	Накопление корневых и пожнивных остатков под ячменем с подсевом клевера	164
3.7.4	Накопление корневых и пожнивных остатков под клевером первого года пользования	167
3.7.5	Накопление корневых и пожнивных остатков под клевером второго года пользования	168
3.7.6	Накопление корневых и пожнивных остатков под посевом озимого тритикале	171
3.8	Экологическая эффективность применения биологически активных препаратов в условиях радиоактивного загрязнения территорий Республики Беларусь	174
3.8.1	Влияние биологически активных препаратов на урожайность и качество продукции сельскохозяйственных культур	174
3.8.1.1	Влияние биологически активных веществ на ростовые процессы в семенах	179

3.8.1.2	Влияние биологически активных веществ на урожайность зеленой массы люпина и содержание в ней радионуклидов	183
3.8.2	Радиоэкологическая эффективность биологически активных препаратов в лесных экосистемах	186
3.8.2.1	Влияние радиоэкологической ситуации в приселитебных лесных массивах на дозы внутреннего облучения сельских жителей	186
3.8.2.2	Влияние эдафотопы и лесной формации на накопление ^{137}Cs растительностью лесных экосистем при разных уровнях радиоактивного загрязнения почвы	194
3.8.2.3	Изучение видовой специфики аккумуляции ^{137}Cs растениями лесных экосистем	197
3.8.2.4	Определение форм содержания ^{137}Cs в почве в зависимости от вариантов обработки	199
3.8.2.5	Коэффициенты накопления и коэффициенты перехода ^{137}Cs в лесную растительность	200
3.8.2.6	Оценка зависимости между аккумуляцией ^{137}Cs в растительных пробах и его подвижностью в почве, показателей содержания радионуклида в почве и растительных образцах	202
3.8.2.7	Экологическая группировка почвенных организмов на фоне применения биологически активных препаратов	204
3.9	Экономическая и энергетическая эффективность	214
3.9.1	Экономическая эффективность применения биологически активных препаратов	214
3.9.2	Энергетическая эффективность возделывания эспарцета на кормовые цели	216
	ВЫВОДЫ	218
	ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	220
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	221
	ПРИЛОЖЕНИЯ	263

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Химико-техногенная интенсификация сельскохозяйственного производства дала как положительный – повысилась урожайность сельскохозяйственных культур, так и отрицательный эффект – интенсивная обработка почвы и массовое применение химических средств привели к ухудшению качества продуктов питания, загрязнению водных ресурсов, деградации почв и обеднению биогеоценозов. По этой причине за последние 15-20 лет площадь эродированных земель в Беларуси увеличилась с 2,1 до 3,8 млн га. Несмотря на проводимые защитные мероприятия, процессы эти прогрессируют: ежегодные потери почвы от эрозийных процессов составляют 14-16 т твердой фазы с каждого гектара. Вместе с почвой безвозвратно теряется 150-200 кг гумусовых веществ, до 10 кг азота, 4-6 кг фосфора и калия, 5-6 кг кальция и магния с каждого гектара. Недобор урожая на эродированной пашне составляет в среднем 36% и как следствие этого, затраты на поддержание нужного для человека уровня производства сельскохозяйственной продукции с каждым годом возрастает, а отдача вложенного капитала – уменьшается. В результате сельскохозяйственная отрасль оказалась ресурсорасточительной (М.А. Кадыров, 2004 [102], Ф.И. Привалов, 2008 [160]).

Природные экологические системы более устойчивы, продуктивность их со временем не падает, а возрастает. Они способны к саморегуляции в течение длительного времени. Пахотные угодья не могут выходить без помощи человека на уровень гомеостаза из-за регулярной перепашки почвы, приводящей к нарушению структуры и численности ценоотических групп в почве.

Происходит активное техногенное загрязнение территории страны. В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС значительная часть территории Беларуси подверглась радиоактивному загрязнению.

В связи с этим в Беларуси назрела необходимость более глубокого изучения механизмов управления биогеоценоотическими процессами в агроэкосистемах системах для разработки новой концепции ведения сельскохозяйственного производ-

ства на биогеоценотических принципах в соответствии с протекающими биосферными процессами и стратегии сельского хозяйства будущего с целью повышения общей эффективности аграрного производства с наименьшими затратами с сохранением производительной силы почвы и обеспечением высокой стабильности урожаев.

Связь работы с научными программами и темами.

Исследования выполнялись за счет государственного финансирования в рамках «Плана важнейших научно-исследовательских работ в области естественных, технических и общественных наук по Республике Беларусь» и имели государственную регистрацию в Белорусском научно-исследовательском институте системного анализа (Бел ИСА) с №№ госрегистрации 19982593, 20023149, 2008484, 20081986, 20090298, 20090464, 20100376, 20110821.

Цель исследований – разработка экологически ориентированной оптимизации состава почвенного микроценоза для стабилизации производительной способности агроэкосистем с учетом изменения биологических и биохимических характеристик почв под воздействием различных агротехнологических приемов.

Основные задачи исследования:

1. Изучить влияние способов обработки почвы и системы удобрений на численность основных групп микроорганизмов (бактерий, актиномицетов, плесневых грибов).
2. Изучить динамику биохимических показателей почвы (содержание свободных аминокислот и аминного азота в почве, ферментативную активность почвы, целлюлозоразрушающую и нитрификационную способность) при различных уровнях агроэкологических вмешательств.
3. Оценить накопление корневых пожнивных остатков, продуктивность сельскохозяйственных культур при различных уровнях агроэкологических вмешательств.

4. Определить экологические характеристики сообществ почвенных живых организмов при различных уровнях антропогенных воздействий.

5. Изучить влияние биологически активных препаратов на подвижность цезия-137 и стронция-90 в почве и их переход из почвы в растительность.

6. Предложить экологически обоснованные подходы по поддержанию производительной способности супесчаных почв на основе регулирования состава почвенной биоты. Провести экономическую и энергетическую оценку изучаемых приемов возделывания сельскохозяйственных культур.

Научная новизна выполненных исследований заключается в следующем:

в результате проведенных исследований, впервые в условиях дерново-подзолистых супесчаных почв установлены корреляционные связи между урожайностью и количеством почвенных бактерий ($r=0,76$), между количеством бактерий и активностью ферментов групп оксиредуктаз ($r = 0,51-0,75$). Нами установлено снижение плесневых грибов на всех вариантах опыта при обработке почвы с оборотом пласта (на 2,6-42%) в сравнении с обработкой почвы без оборота пласта. Уменьшение их количества и биомассы – одна из важнейших причин снижения содержания гумуса в пахотных почвах, утраты почвенной структуры и плодородия почвы в целом, так как основное цементирующее звено (гуминовые кислоты) образуются при значительном участии грибов. Указанные данные являются теоретическим обоснованием предлагаемой системы обработки почвы. Кроме того, выявлена корреляционная связь между целлюлозоразрушающей способностью почвы и ее обработкой, сохранявшаяся по всем культурам севооборота, за исключением картофеля. По всем вариантам опыта целлюлозолитическая способность почвы была выше при дисковании.

В процессе исследований выявлена более высокая биологическая активность почвы целинного аналога по сравнению с пахотными землями. Суммарное содержание свободных аминокислот в почве целинного аналога в 1,3 раза выше, чем в почве опытного поля, а аминного азота в 1,2 раза. Исключение составили только глютаминовая кислота и аланин, их содержание в почве опытного поля было выше на 14 и 35% соответственно. Активность ферментативных процессов в почве целинного

аналога была выше по инвертазе в 2,8 раза, фосфатазе - 3,0, протеазе - 3,9, каталазе - 14,2, полифенолоксидазе - 1,9, пероксидазе - 1,47 раза в сравнении с активностью ферментов почвы опытного поля.

Нами выявлена закономерность повышенного накопления пожнивно - корневых остатков при обработке почвы без оборота пласта по всем вариантам опыта (1,7-7,7%) за ротацию севооборота, за исключением одного варианта опыта с внесением навоза в чистом виде;

Достоверно установлено, что более эффективная система внесения удобрений – органно-минеральная с применением микробиологических препаратов. Сбор кормовых единиц за ротацию севооборота превышал контрольный вариант на 26% (с оборотом пласта) и 28% (без оборота пласта), при этом впервые в условиях Республики Беларусь показана эффективность применения микробиологического препарата «Байкал-ЭМ-1», который позволил повысить среднегодовую продуктивность на 9,7-11,2 ц/га (18-20%) и улучшить качественный состав микрофлоры почвы и активизировать биохимические процессы.

Нами разработана новая классификация почв на основе учета микробного пейзажа: болезнетворные (5-20% общей микрофлоры представлены микроорганизмами типа *Fusarium*); ферментативные (содержание грибов класса *Fusarium* меньше 5%); синтезирующие (содержат значительное количество цианобактерий, зеленые и сине-зеленые водоросли, которые являются фотосинтезирующими организмами); подавляющие болезни (содержат значительное количество микроорганизмов типа *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Streptomyces*).

В результате проведенных экспериментов установлено влияние биологически активных препаратов на снижение перехода ^{137}Cs из почвы в хозяйственно-ценные части растений.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Влияние разных способов обработки почвы и систем удобрений в севообороте на видовой состав и численность почвенной биоты.

2. Влияние различных уровней агроэкологических вмешательств на биохимические процессы в супесчаных почвах и показатели ее плодородия.
3. Установлена закономерность повышенного накопления в почве корневых и пожнивных остатков при обработке почвы без оборота пласта. Доказано снижение численности почвенных грибов при обработке почвы с оборотом пласта.
4. Установлено влияние биологически активных препаратов на снижение перехода радионуклидов в хозяйственно-ценные части растений.
5. Предложены экологически обоснованные подходы по поддержанию производительной способности супесчаных почв на основе регулирования состава почвенной биоты.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов:

В результате проведенных исследований установлены биогеоценотические взаимосвязи основных структурных компонентов экосистем от уровней антропогенных нагрузок и интродукции микроорганизмов.

Существующие технологии возделывания сельскохозяйственных культур (интенсивная обработка почвы, высокие объемы внесения минеральных удобрений и средств химической защиты растений снижают биологическое разнообразие и сдвигают природное равновесие почвенной биоты в агроэкосистемах, что приводит к нарушению круговорота веществ, быстрой минерализации гумуса, деградации почвы, снижению ее плодородия в целом по сравнению с устойчивыми и саморегулирующимися природными экосистемами.

Выявлено, что замена основной обработки почвы с оборотом пласта (вспашка), на обработку почвы без оборота (чизельвание, дискование) позволит за счет проведения зяблевой обработки в оптимальные сроки повысить урожайность зерновых на 6-7 ц/га (в настоящее время только 4-5% зяби поднимается в оптимальные сроки); уберечь почву от разрушения водой и ветровой эрозии (ежегодно при зяблевой вспашке смывается в среднем около 16 т почвы с каждого гектара в т.ч. 200 кг гумуса, 5 кг P_2O_5 , 6 кг K_2O); сохранить биоразнообразие почв; снизить затраты на производство продукции (около 8,5 млн. долларов ежегодно по республике).

Применение микробиологических препаратов в системе удобрений повышало продуктивность сельскохозяйственных угодий на 8-10%. Предложены и внедрены в производство варианты применения биологически активных препаратов для снижения перехода ^{137}Cs из почвы в хозяйственно-ценные части растений.

Реализация результатов исследований

Результаты исследований получили внедрение в производство в совхозе-комбинате «Заря» Мозырского района Гомельской области Республики Беларусь и СПК «Зарянский» Славгородского района Могилевской области.

Технология снижения содержания радиоцезия в лесной продукции внедрена в Вепринском опытно-производственном лесничестве Чериковского района Могилевской области.

Результаты исследований используются при чтении лекций по дисциплинам «Основы экологии», «Отраслевая экология», «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций» в ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет». Документы по внедрению представлены в приложении Н

Апробация работы. Полученные результаты исследований неоднократно доложены на научных и научно-практических конференциях различного уровня, научных форумах и симпозиумах: «Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений» (БГСХА, Горки, 2007), «Современное состояние растительного и животного мира стран еврорегиона «Днепр», их охрана и рациональное использование» (ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель, 2007), «Региональные проблемы экологии: пути решения» (ПГУ, Полоцк, 2007), «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» (Минск, 2007), «Сахаровские чтения 2008 года: экологические проблемы XXI века» (Минск, 2008) «Производство растениеводческой продукции: резервы снижения затрат и повышения качества» (Жодино, 2008), «Инновационные технологии защиты от чрезвычайных ситуаций» (Минск, 2008), «Чернобыльские чтения 2009 года» (Гомель, 2009), «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» (Минск, 2009), «Сахаровские чтения 2009 года: экологические проблемы XXI

века» (Минск, 2009), «Современные экологические проблемы устойчивого развития Полесского региона и сопредельных территорий: наука, образование, культура» (Гомель, 2009), «Почва-удобрение-урожай» (Горки, 2009), «Чернобыльские чтения 2010 года» (Гомель, 2010), Сахаровские чтения 2010: экологические проблемы XXI века (Минск, 2010), Научно-инновационная деятельность в агропромышленном комплексе (Минск, 2010), Актуальные проблемы в защите растений (Горки, 2010), «Почва, удобрение, урожай»: международная конференция в рамках международного научно-практического форума «Наука и агропромышленный комплекс на современном этапе», посвященного 170-летию УО «БГСХА» (Горки, 2010), «Современные проблемы радиобиологии» (Гомель, 2010), «Актуальные проблемы экологии» (Гродно, 2010), «Научно-инновационная деятельность в агропромышленном комплексе» (Минск, 2011), VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 75-летию профессора А.Т. Фарниева (Владикавказ, 2012), «Актуальные вопросы применения удобрений в сельском хозяйстве», посвященная 75-летию профессора С.Х. Дзанагова (Владикавказ, 2012), «Проблемы устойчивого развития регионов Республики Беларусь и сопредельных стран» (Могилев, 2012), «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии» (Могилев, 2013), «Технологические тенденции повышения промышленной экологической безопасности, охраны окружающей среды, рациональной и эффективной жизнедеятельности человека» (Минск, 2013), «Научно-инновационная деятельность в агропромышленном» (Минск, 2013), «Биотехнология и качество жизни» (Москва, 2014), «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии» (Могилев, 2015), «Научно-практические аспекты инновационных технологий возделывания и переработки картофеля» (Рязань, 2015).

Публикации. Результаты исследования опубликованы в 108 работах, в том числе 1 монографии, 51 статье, их них 20 в изданиях, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ изданий для опубликования результатов диссертационных исследований.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 326 страницах текста, набранного на компьютере, состоит из введения, 3 глав, выводов, предложений производству, списка литературы и 12 приложений. Работа содержит 72 таблицы и 43 рисунка.

Благодарности. Выражаю искреннюю благодарность за консультации при выполнении работы, заведующему кафедрой агрономии и агротехнологий Рязанского государственного агротехнологического университета, доктору биологических наук Д.В. Виноградову.

За значительную методическую помощь и моральную поддержку благодарю моего многолетнего соавтора – доцента Белорусского аграрного технического университета, кандидата с.-х. наук, доцента В.П. Валько.

Выражаю признательность за помощь в проведении экспериментов, аналитических работах и обработке данных совместно работавшим сотрудникам.

За внимательный и доброжелательный анализ диссертационной работы, принципиальность и тщательность при проведении экспертизы, выражаю благодарность профессору кафедры биологии и экологии Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, доктору биологических наук А.П. Пономареву.

За ценные советы по формированию состава и структуры диссертационной работы выражаю глубокую признательность доктору биологических наук, профессору Т.А. Трифионовой, ведущему научному сотруднику факультета почвоведения Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В настоящее время большинство ученых и специалистов понимают, что процессы интенсификации сельскохозяйственного производства выдвигают целый ряд принципиально новых научных и социально-экономических проблем. Наиболее важные из них – это всевозрастающая энергетическая «цена» каждой дополнительной калории, увеличивающаяся опасность нарушения равновесия и загрязнения окружающей среды, обеспечение стабильности и большей независимости сельского хозяйства от капризов погоды.

Разрушение и загрязнение природной среды в наше время стали глобальными, и поэтому поиск путей выживания и сохранения среды обитания для человека становится все более актуальным. Уменьшение разнообразия фауны и флоры, загрязнение окружающей среды пестицидами, нитратами, тяжелыми металлами, возрастающие масштабы эрозии почвы убедительно свидетельствуют о наличии глобального экологического кризиса. Указанные процессы не только нарушают равновесие биосферы, но и значительно снижают продуктивность сельскохозяйственных угодий [49, 50-53, 181-183].

Это привело к тому, что сельскохозяйственная отрасль, базирующаяся на использовании неисчерпаемой даровой энергии солнца (около 95 % сухих веществ растений – это аккумулированная солнечная энергия), оказалась в числе ресурсо- и энергорасточительных и природоопасных. И причиной этому – односторонняя химико-техногенная стратегия интенсификации сельского хозяйства, которая базируется на использовании всевозрастающих затрат невозобновляемой энергии, и игнорирование и подавление в агроландшафтах механизмов саморегуляции. Такая стратегия оказалась не способной обеспечить устойчивое развитие сельскохозяйственного производства. Академик А. Жученко приводит красноречивый пример этому. Если в 1948 г. в США при использовании 2 тыс. т пестицидов потери урожая составляли 17 %, то 30 лет спустя количество применяемых пестицидов возросло до 24 тыс. т, а потери урожая достигли 30 %. Темпы роста затрат на пестициды в 4–5

и более раз опережали темпы прироста объемов сельскохозяйственной продукции.

Важное биологическое свойство почвы – ее воспроизводительная функция, которая служит основой сельскохозяйственного воспроизводства плодородия почвы, не должна сводиться к набору отдельных химических или физических показателей, а должна учитывать и функционирование почвенной биоты, цикличность процессов, протекающих в системе «растение–почва». Изоляция почвы от растительного покрова приводит к изменению состава почвенной биоты, нарушению круговорота веществ и снижению биопродуктивности. К тому же, возможности солнечной энергии используются не в полную силу при производстве растениеводческой продукции. В Беларуси часть почвы 7–8 месяцев находится без растительности. При этом следует отметить, что количество энергии, накапливаемой растениями, в 2–3 раза превышает техногенную энергию.

Из сказанного следует, что сельскохозяйственная наука и практика в III тысячелетии не могут развиваться без коренного пересмотра и переоценки всех исторически сложившихся тенденций в сельском хозяйстве. Основной мотив такого пересмотра – поиски путей соответствия сельскохозяйственных технологий природным биогеоценотическим процессам. На этой основе будет базироваться стратегия сельского хозяйства будущего, основанного на повышении общей биопродуктивности с наименьшими затратами и высокой стабильностью [51, 62, 87, 89, 93, 95-107, 151, 189].

1.1 Проблемы современного агропромышленного производства

Среди многих проблем, которые необходимо решать безотлагательно для обеспечения устойчивого развития земледелия в Республике Беларусь, первостепенное значение имеет осуществление комплекса мер по сохранению и повышению плодородия почвы. И в первую очередь необходимо остановить разрушение почвы за счет водной и ветровой эрозии. Отрицательное влияние эрозионных процессов заключается не только в разрушении почвенного покрова и снижении почвенного плодородия, но и в снижении экономической эффективности сельскохозяйственного производства и заметном осложнении экологической ситуации.

В условиях Беларуси плоскостной смыв проявляется уже на склонах с крутизной 1°, а на открытых мелиорированных территориях Полесья песчаные и торфяно-болотные почвы подвергаются ветровой эрозии уже при скорости ветра 3–4 м/с. В большей степени почвы эродированы в Витебской (14,0 %), Гродненской (12,0 %), Могилевской (11,5 %) и Минской областях (10,8 %), где преобладают процессы плоскостного смыва. В Гомельской (7,8 %) и Брестской областях (9,4 %) преобладают дефляционные процессы. Всего 65,5 % пашни в республике деградировано [45, 49, 84, 109].

Основная причина деградации почвы – это ее обработка, основанная на отвальной вспашке, которая не только не отвечает требованиям сегодняшнего дня, но и наносит большой урон в виде растущей деградации почв, снижения плодородия и эффективности сельскохозяйственного производства в целом. Если в 1976 г. в республике было 2,1 млн га пахотных почв, подверженных водной и ветровой эрозии, то в настоящее время – 3,8 млн га (65 % пашни), и разрушение почвы продолжается, несмотря на проводимые защитные мероприятия. Недобор урожая на таких почвах колеблется от 20 до 60 %. Данные Белорусского РУП «Институт почвоведения и агрохимии» НАН Беларуси свидетельствуют о том, что при зяблевой вспашке даже поперек склона с каждого гектара смывается 18 и более тонн почвы. А в Брестской области появились пыльные бури, как на Кубани. Разрушение почвы является основной причиной снижения экономической эффективности сельскохозяйственного производства в последние годы. Общеизвестно, что уровень эрозии почвы нельзя считать допустимым, если ежегодный объем превышает 12,5 т/га. В нашей стране потери от эрозии значительно превышают допустимый уровень. Аналогичная ситуация возникла 40 лет назад в США, когда из-за разрушения почвы эффективность сельскохозяйственного производства резко снизилась, и появились перспективы прямых убытков и потери устойчивости сельскохозяйственного производства в стране. Осознав опасность этого явления, Белый дом, Конгресс, общественность страны пошли на кардинальные меры по предотвращению эрозии почв: были приняты законодательные акты, предусматривавшие возмещение ущерба, наносимого земельным и водным ресурсам в процессе обработки почвы, созданы специальные

государственные службы, оказывающие фермерам техническую и практическую помощь при внедрении почвозащитных технологий, и Общенациональный центр по развитию почвозащитных технологий, что дало дополнительный толчок ускоренному внедрению их в США. Правительство за короткий срок организовало два общенациональных обследования земельных и водных ресурсов, в результате чего все почвы были разбиты на четыре класса и пять видов почвозащитной обработки, отличающихся степенью механического воздействия на почву: нулевая, гребневая, полосная, мульчирующая, сокращенная. Из всех видов обработки почвы наибольшее распространение получила мульчирующая. В нашей стране на всех видах почв господствует один вид обработки – вспашка. Но особенно недопустима зяблевая вспашка, когда 7–8 месяцев почва подвергается разрушительному воздействию воды и ветра. Вместе с почвой вымывается 200 кг гумуса, 10 кг азота, 5 кг фосфора, 6 кг калия. Если учесть, что ежегодно в республике поднимается 2 млн га зяби, то получается, что мы теряем ежегодно 400 тыс. т гумуса, 20 тыс. т азота, 10 тыс. т фосфора и 12 тыс. т калия. Необходимо учесть, что при вспашке идет усиленная минерализация гумуса. Для того чтобы восполнить потери гумуса только от эрозии, необходимо вывести на поля дополнительно 10 млн т органических удобрений, плюс 40 млн т для восполнения гумуса, разложившегося при возделывании сельскохозяйственных культур. Такого количества органики в республике нет. По расчетам экономистов, затраты только на перевозку и внесение органических удобрений до 5 км на 1 тонну составляют в среднем 15–20 тыс. руб. Чтобы вывести такое количество удобрений на поля, необходимо 760 млрд руб. Не все хозяйства располагают необходимыми финансовыми ресурсами, чтобы выполнить такую работу. Это привело к тому, что содержание гумуса на пашне в последнее время снизилось в 65 районах республики [95-107, 123]. Поэтому регулировать органическое вещество почвы необходимо, в основном, структурой многолетних и однолетних бобовых и бобово-злаковых трав. В Нидерландах, например, 70 % общей площади земель сельскохозяйственного назначения занято посевом многолетних трав. Благодаря этому основную часть кормов в стране получают с высокой энергетической эффективностью и полностью обеспечивают свое население продуктами животноводства. Мно-

голетние травы, при урожайности 250–300 ц/га зеленой массы, оставляют такое количество пожнивных и корневых остатков, что равносильно внесению 60 т/га навоза. При наличии в севообороте 25 % многолетних трав, продуктивность пашни увеличивается на 20 %, обеспечивается положительный баланс гумуса в почве, на 55 % снижается потребность в минеральных удобрениях. Поэтому, если иметь 855 тыс. га многолетних бобовых трав, то за счет симбиотической азотофиксации есть возможность получить 331,5 тыс. т симбиотического азота. Ежегодно по республике потребляется около 512 тыс. т азотных удобрений. Таким образом, существует возможность покрывать 65 % потребности в азоте за счет биологического синтеза и экономить ежегодно около 170 млрд руб., сохранить от загрязнения окружающую среду. Биологический азот экологически безвреден и не вымывается осадками в грунтовые воды. В клину многолетних бобовых трав предпочтительно иметь одновременно люцерну, клевер, эспарцет. Первая отличается стабильно высокими размерами азотофиксации (коэффициент азотофиксации надземной массы составил 0,86, у клевера – 0,79, эспарцета – 0,80). Клевер характеризуется большим биологическим потенциалом в первый год пользования, а эспарцета – на бедных почвах. Таким образом, обогащение почвы симбиотическим азотом, в зависимости от вида многолетних трав, уровня их обеспеченности фосфором и калием, погодных условий составляет 175–258 кг/га и более. Лимитирующими факторами этого процесса являются: слабая обеспеченность почвы органическим веществом, служащим питательным субстратом для микроорганизмов, и соединениями фосфора; избыток минерального азота. К сожалению, земледелие в республике развивается не в направлении его биологизации. Площадь многолетних трав сократилась с 1451 тыс. га в 1990 г. до 781 тыс. га в 2011 г., а доля бобовых в структуре многолетних трав составила только 32 % при необходимых 70 %. И, как следствие, рентабельность производства зерна снизилась с 82,4 % в 1990 г. до –14,7 % в 2010 г. И в целом эффективность сельскохозяйственного производства резко снизилась. В 2009 г. рентабельность реализованной продукции растениеводства и животноводства упала до –0,5 %, а в 2010 г. составила –1,7 %.

Однолетние бобово-злаковые смеси выполняют важную агротехническую функцию не только как хорошие предшественники для многих культур, но и являются большим подспорьем в пополнении органического вещества почвы. Результаты авторских исследований показали, что возделывание райграса однолетнего при подсеве его в однолетние бобово-злаковые смеси позволяет не только получать высокие урожаи надземной массы, но и значительно увеличить количество корневых и поукосных остатков. При выращивании его с пелюшко-овсяной смесью в среднем за 3 года количество корневых и поукосных остатков увеличилось на 55,7 %, с викоовсяной смесью – на 72,3 %, с люпино-овсяной – 49,2 % по сравнению с аналогичными смесями без райграса и составило соответственно 3,98; 3,83; 4,46 т/га. Ценным достоинством этого приема является то, что он не требует дополнительных затрат на заготовку и внесение органических удобрений, а баланс гумуса из отрицательного становится положительным [130, 189, 211, 212]. К сожалению, на практике этому приему не уделяется внимания, и об этом говорит тот факт, что по площадям, занимаемым однолетними травами, комитет по статистике даже не ведет учета.

Одним из дешевых источников пополнения почвы органикой и питательными веществами является возделывание сидеральных культур. С урожаем 300 ц/га зеленой массы редьки масличной и рапса в почву поступает, соответственно, 549 и 447 кг/га NPK. Но при этом принципиальное значение имеет способ заделки зеленых удобрений. В опытах по воздействию на урожай первой культуры более эффективной оказалась заделка тяжелыми дисковыми боронами на глубину 10–12 см. Прибавка урожая зерна составила 3,0–4,5 ц/га по сравнению с глубокой запашкой плугом.

И, конечно, самый дешевый источник пополнения почвы органическим веществом – это солома. Этот источник также не используется в полной мере. Эффективным приемом является измельчение и заделка соломы дисками (с добавлением 10 кг азота на 1 т), что в 4–5 раз дешевле применения навоза. Себестоимость зерновых при этом снижается на 19–20 %. Общеизвестно, что весной солому сжигают, а это недопустимо, так как приводит к дегумификации почвы, потере влаги, частичной гибели почвенных микроорганизмов и резкому падению плодородия почвы.

Необходимо принятие законодательных актов, согласно которым за сжигание соломы виновных привлекать к ответственности как за злостное браконьерство, наносящее ущерб природе.

В условиях республики имеет существенное значение не только срок сева сельскохозяйственных культур, но и срок основной обработки почвы. Исследованиями, проведенными на экспериментальной базе «Жодино» Смолевичского района, установлено, что перенесение сроков вспашки с августа на октябрь приводит к снижению продуктивности в среднем на 6 ц/га. В целом по республике в оптимальные сроки (с августа по октябрь) поднимается зяби 6–10 %. Из-за несвоевременной зяблевой обработки ежегодно теряется около 600 тыс. т зерна. Объясняется это низкой производительностью плугов, дефицитом и высокой стоимостью горюче-смазочных материалов. Если за 1 час трактором Т-150 с плугом ПЛН-5-35 можно вспахать 1,04 га, то чизелем за это время можно обработать 3,0–3,2 га. Чизельная основная обработка почвы позволяет проводить эти работы в оптимальные сроки, что дает возможность повысить урожайность на 6 ц/га, в 1,5 раза уменьшить энергозатраты и ежегодно экономить 10 л топлива на каждом гектаре (по республике это составит 20 тыс. тонн топлива), избежать потерь питательных веществ и разрушения почвы. Необходимо срочно пересмотреть устаревшие стереотипы и отменить обязательную зяблевую обработку почвы плугом. Многие творчески мыслящие руководители и специалисты давно уже применяют такой прием. Так поступают, например, в СПК «Рассвет» им. К. П. Орловского Кировского района. Исключив зяблевую вспашку на 6 тыс. га, сэкономили 48 т дизельного топлива, что в денежном выражении составило 10 млн руб., но урожайность зерна получают по 60–70 ц/га. Осеннюю вспашку проводят только на полях, где вносится органика, и при подъеме пласта многолетних трав.

Севооборот – это основной закон для земледельца. Важно подчеркнуть диалектическую сущность севооборота, которая заключается в том, что он возник как необходимость разумного взаимодействия человека с природой. Придание в республике первостепенного значения зерну, как основному виду сельскохозяйственной продукции, порождает ряд негативных последствий, среди которых разбалансированность

севооборотов. В настоящее время удельный вес зерновых в севооборотах составляет 60–70 %, и поэтому ежегодно 600–800 тыс. га зерновых засеваются по стерневым предшественникам. В опытах установлено, что даже при однократном размещении зерновых культур по стерневым предшественникам отмечается резкое увеличение засоренности посевов пыреем ползучим и другими многолетними сорняками [65, 108, 139, 145, 198, 212]. Не в полной мере применяется такой важный и простой способ, позволяющий сохранить влагу в почве, сдерживать засоренность полей, как послеуборочное лущение стерни. Если в 1986 г., например, оно проводилось на 100 % пахотных земель, при основной обработке почвы, то в 2010 г. – лишь на 13 %. Получается, что борьба с сорняками идет не биологическим, агротехническим путем, а с использованием дорогостоящих химических препаратов, что разрушает окружающую среду, негативно влияет на здоровье нации, подрывает экономику хозяйств. Например, в 2007 г. в Беларуси производные глифосата применялись на площади 1,15 млн га. При оптимизации всего комплекса агротехнических мероприятий (обязательное лущение стерни, соблюдение сроков использования многолетних трав, севооборотов, применение интенсивного занятого пара) возможно снижение затрат на эти цели на 26,4 млн дол. США [51, 68, 95–107, 151, 189], или на 73,9 млрд бел. руб.

Эффективность земледелия во многом определяется уровнем обеспеченности почв элементами минерального питания. В минимуме чаще всего находятся доступные растениям азотсодержащие соединения. Решение этого вопроса за счет наращивания производства и применения промышленных азотных минеральных удобрений, даже при современном уровне развития производительных сил, позволит лишь на 30 % удовлетворить потребность в них. Кроме того, энергозатраты на производство, транспортировку, хранение растут более высокими темпами, чем отдача от них. Например, если в 50-е гг. XX в. внесение 1 т удобрений в среднем повышало урожай зерновых на 11,5 т, то в 60-е гг. прибавка составила только 8,3, а в 70-е – снизилась до 5,9 т [124–128]. Исследованиями установлено, что доля азота минеральных удобрений в формировании урожая составляет 40 %, а остальные 60 % теряются в результате вымывания в поверхностные и грунтовые воды, что значительно ухудшает экологическую обстановку и наносит значительный экономический

ущерб. В результате обследования выяснилось, что вода в 945 колодцах (по республике), или 75 % питьевой воды в сельской местности, не соответствует стандарту. ПДК по нитратам (45 мг/л) во всех обследованных колодцах превышала норму в 2–3 раза, а в зонах животноводческих комплексов – в 15–20 раз. По данным Республиканского центра гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, вода с повышенным содержанием нитратов особенно опасна для грудных детей: случаи отравления нитратами детей (со смертельным исходом) имели место в Мостовском районе Гродненской области. При употреблении воды с повышенным содержанием нитратов у взрослых людей повышается риск возникновения раковых заболеваний, поэтому сельским жителям для приготовления пищи необходимо применять бутилированную воду [114, 201].

Недостаток обработки почвы с оборотом пласта, по мнению многих исследователей [27, 29, 30, 37, 44, 62, 94, 154, 157, 159, 167, 169, 180, 193, 194, 195, 195, 206, 208, 209, 222, 223, 226, 244, 259, 260, 270, 274], в том, что это глубокое вмешательство в жизнь почвы вызывает разрушение природного строения почвенных зооценозов и снижение способности к биологическому саморегулированию. Свободно живущие азотофиксирующие виды бактерий *Azotobacter*, *Klebsiella*, синезеленые водоросли – *Nostoc*, *Ahabaena* (цианобактерии) фиксируют значительное количество азота на гектар в год. В то же время некоторые ученые, исходя из теоретических предпосылок, считают, что усвоение атмосферного азота свободноживущими азотофиксирующими почвенными микроорганизмами не может иметь большого значения. С такими высказываниями согласиться нельзя. Вот, например, как оценивают значение биологического процесса азотификации для всех почв США Липман и Конибар. По их сравнительным данным, пополнение связанного азота в почвах США происходит за счет: органических удобрений – 11 %, минеральных удобрений – 6, дождевых вод – 23, жизнедеятельности свободно живущих азотофиксирующих бактерий – 27, жизнедеятельности симбиотических бактерий – 34 %. Человек своими действиями не способствует жизнедеятельности азотофиксирующих бактерий, а мешает. Например, анаэробный азотофиксатор *Clostridium pasterianum* находится в нижних слоях почвы,

аэробный *Azotobakter chroococcum* – в верхних слоях, и когда в процессе вспашки их переворачивают, то не работает ни тот, ни другой.

В последние годы, помимо известных уже азотофиксаторов, различными учеными выделено много новых микроорганизмов, обладающих этой способностью. Имеются азотофиксаторы среди грибов, актиномицетов, олигонитрофильных бактерий, некоторых видов синезеленых водорослей. Сейчас уже ясно, что функция усвоения азота из воздуха довольно широко представлена у микроорганизмов, и эту способность микроорганизмов необходимо умело использовать. Например, необходимо заботиться о достаточном количестве органического вещества в почве, которое служит для микроорганизмов источником энергетического материала, при хорошей обеспеченности которым проявляется в полной мере азотофиксирующая способность. Для интенсивного земледелия, построенного на притоке извне синтетических веществ и энергии, нацеленного на сиюминутную прибыль, микробный блок представляется вредной подсистемой, которую пытаются игнорировать или устранить. Налицо отказ от «услуг» бактерий, фиксирующих азот воздуха. Все названные причины привели к тому, что сельскохозяйственная отрасль, базирующаяся на использовании даровой энергии солнца, оказалась в числе ресурсорасточительных и природоопасных.

Агропромышленный комплекс республики является крупным потребителем ресурсов. Ежегодно ему необходимо более 1,1 млн т автотракторного топлива, что составляет 35 % общереспубликанского расхода. На технологические цели в растениеводстве и животноводстве затрачивается 2,7 млрд кВт·ч электроэнергии, 2,6 млн Гкал. тепловой энергии. Годовая потребность в металле (в виде готовых машин) составляет 350 тыс. т. Если все материальные ресурсы, потребляемые на производство продукции растениеводства и животноводства (нефтепродукты, металл, удобрения, химикаты и пр.), перевести в условное топливо (у. т.), то все затраты энергоресурсов на получение 1 ц зерна составят 28–30 кг у. т., картофеля – 9–12, говядины – 460–530, свинины – 465–512, молока – 83–93 кг у. т. на центнер. Эти показатели, при их условности, в 2–4 раза превышают уровень ресурсоемкости продукции сельского хозяйства США. Если в 80-х–90-х гг. прошлого века в структуре

затрат на производство сельскохозяйственной продукции топливо составляло 7–8 % от общих затрат, то в настоящее время эти соотношения изменились: затраты на топливо и амортизационные отчисления, на эксплуатацию машин составляют 80 %, а затраты труда – 3–5 %. На производство продуктов продовольствия в расчете на 1 человека в Беларуси затрачивается 100–150 кг топлива, 102 кг минеральных удобрений, в Англии, соответственно, – 24 и 35; Германии – 52 и 35 кг/чел. [125-128]. Таким образом, национальное сельское хозяйство все еще остается энергоемким, материалоемким, с низкой производительностью труда по сравнению с развитыми странами. Следовательно, успешно развивать сельское хозяйство можно только за счет широкомасштабного освоения ресурсо- и энергосберегающих технологий при переходе на почвозащитное и энергосберегающее земледелие. Гордиться достигнутыми успехами в урожайности республике не приходится, потому что скромные успехи в этой области добыты слишком большой ценой: разрушается почва, подорвана экономика хозяйств, загрязнены поверхностные и грунтовые воды, продовольственная безопасность страны под вопросом.

Анализ неблагоприятных тенденций в современном земледелии свидетельствует о том, что в их основе лежат нарушения сложных биологических процессов, происходящих в почве. И чем хуже почвенно-климатические и погодные условия, тем важнее роль биологизации производственного процесса. За счет биологизации удастся уменьшить зависимость агроэкосистем от нерегулируемых факторов внешней среды (мороз, засуха и т. п.) и снизить затраты на производство. Наряду с совершенствованием отдельных агротехнических приемов, в земледелии нужна комплексная разработка и внедрение новой системы земледелия. Она должна одновременно обеспечивать повышение эффективности сельскохозяйственного производства и расширенное воспроизводство почвенного плодородия, защиту водных ресурсов. Система земледелия, которая не обеспечивает защиту почв от разрушения, не может считаться эффективной. Для повышения природоохранной роли систем земледелия необходимо добиться решения организационного вопроса о том, чтобы плодородие почв стало важнейшей составляющей оценки сельскохозяйственного производства. Сохранение и повышение плодородия почвы, водных ресурсов,

наравне с производственными показателями, должны быть одним из важнейших критериев оценки хозяйственной деятельности сельскохозяйственных предприятий.

1.2 Научное обоснование повышения плодородия почвы на биогеоценотических принципах

Плодородие почвы – главное ее качество. Плодородие определяется совокупным действием природных процессов и производственной деятельностью человека. Различают плодородие почв естественное (природное) и искусственное.

Естественное плодородие определяется тесным взаимодействием природных факторов (механического состава, содержания органических веществ, почвенной микробиоты, фитоценозов, климата).

Искусственное плодородие создается производственной деятельностью человека: обработка почвы, внесение минеральных, органических удобрений, соблюдение севооборота и т. д. Оно существует не отдельно от природного плодородия, а сливается с ним.

Несмотря на успехи в растениеводстве во второй половине XX столетия, сегодня большинство ученых и специалистов понимают, что процессы интенсификации сельскохозяйственного производства выдвигают целый ряд принципиально новых научных и социально-экономических проблем.

Общепризнано, что естественные биогеоценозы значительно устойчивы во времени, продуктивность их сравнима или более высокая без дополнительного привлечения веществ и энергии по сравнению с агроценозами. Современные проблемы сельского хозяйства однозначно свидетельствуют о необходимости создания такой системы его ведения, которая способна к самоподдержанию в течение десятилетий (и даже столетий) на основе регулирования взаимодействия биотических и абиотических факторов, действующих внутри агроэкосистем и обеспечивающих накопление питательных элементов и сохранение системы.

Биотические компоненты, флора и фауна экосистемы оказывают прямое воздействие на ее способность удерживать и накапливать необходимые элементы пита-

ния, существенные для ее сохранения. Агротехнические приемы обеспечивают в определенной степени управление активностью почвенных микроорганизмов и беспозвоночных.

Естественные и агроэкосистемы имеют как общие свойства, так и различия. Возделывание промежуточных культур приближает агроэкосистемы к естественной, в этом же направлении действует минимизация обработки почвы. Поскольку все организмы в той или иной степени следуют правилу Вант-Гоффа, изменяя активность процессов приблизительно в 2–2,5 раза при повышении или понижении температуры на 10 °С, следовательно, погодные условия оказывают очень сильное влияние на накопление, распад и превращение органического вещества почвы.

1.2.1 Теоретическое обоснование изменения плодородия почвы

Первая попытка объяснить процесс падения плодородия почвы при выращивании сельскохозяйственных культур и восстановления его в период залежи или перелога была сделана А. Тэером [93]. Он сопоставил факты увеличения количества органического вещества в почве после ее пребывания в залежи и его снижения после выращивания сельскохозяйственных культур. Автор сделал вывод, что растение питается перегноем и что в ходе выращивания культуры истребляют запас перегноя в почве, и поэтому дальнейшие их урожаи снижаются.

Этот вывод Тэер подтвердил опытом. Один сосуд наполнил почвой без прокаливания, другой – той же почвой, в которой прокаливанием было сожжено все органическое вещество. Урожай в первом сосуде оказался гораздо выше, чем во втором. Эти опыты послужили основанием гумусовой, или перегнойной теории питания растений. Было предложено заменить перелог удобрённым паром, где навоз должен служить источником органического вещества в почве.

Опыты Вигмана и Польсторфа были продолжены Юстусом Либихом. Наука о почве в то время утверждала, что зольные элементы пищи растений входят в состав горных пород и при выветривании они переходят в усвояемое для растений состояние. При уборке урожая зольные элементы отчуждаются из почвы, и поэтому их содержание в почве уменьшается. Предполагалось, что в залежи отчуждение золы

идет более медленными темпами, и величина запасов минеральной пищи для растений увеличивается, а при культурном использовании почвы выветривание минеральной части почвы не в состоянии покрыть текущей потребности растений, и урожаи падают. А поскольку выветривание совершается под воздействием атмосферы, то для этого необходимо было увеличить поверхность соприкосновения почвы с воздухом. Из этой теории вытекало, что система обработки почвы с оборотом пласта не удовлетворяет этим требованиям. Был предложен новый способ оборота пласта – взметом. Поставленные под углом 45° пласты давали максимальную дневную поверхность соприкосновения с воздухом по сравнению с пластами, лежащими плашмя. Но новая система обработки почвы взметом еще быстрее приводила к падению урожайности, чем старая обработка с оборотом пласта.

Паровая система земледелия от переложной отличалась тем, что после перелога можно было выращивать ценные хлеба (твердую пшеницу), а урожаи достигали значительной высоты. Паровая система не в состоянии была поднять урожаи так высоко, и выращивались чаще всего серые хлеба.

Согласно бытующим в то время взглядам считалось, что после многолетнего перелога в почве должно быть очень много усвояемой пищи для растений и что по окончании культурного периода эти усвояемые формы пищи израсходованы однолетними культурными растениями. Желая собрать материалы для подтверждения этих взглядов, профессор П. А. Костычев в России (черноземные степи) и Е. Рислер в Швейцарии [93] провели большое количество анализов почвы, вышедшей из-под залежи и дающей большие урожаи, и почвы, которую должны забрасывать в перелог. Их удивило то, что на «выпаханных» участках, дающих ничтожные урожаи, содержание элементов зольной пищи в усвояемой форме было больше, чем в почве, дающей высокие урожаи. Стараясь установить разницу между этими почвами, А. Костычев и Е. Рислер смогли уловить различие только в их структуре. Почва, дающая низкие урожаи, представляла собой бесструктурную массу, тогда как почва с высокой урожайностью отличалась прочностью комковатой структуры. Эти исследования явились основой создания травопольной системы восстановления плодородия почвы В. Р. Вильямса.

Детальное изучение процессов, протекающих в «выпаханной» почве, оставленной в перелог, высветило в общих чертах причины восстановления плодородия почвы. Было установлено, что после прекращения обработки поле вступает в бурьяновый перелог, то есть оно зарастает сплошным покровом сорняков (однолетние, озимые, двулетние, многолетние). К осени поле пронизано корневой системой сорняков, осенние и весенние осадки легко проникают в почву, увеличивая запасы влаги в ней. Поэтому на второй год перелог переходит из бурьянового в пырейный. Корневищные злаки находят здесь воду, воздух и большой запас зольной и азотной пищи. В первый год корневища пырея располагаются вокруг полостей, оставленных корнями бурьянов, но на второй и третий год развитие пырея достигает своего максимума с урожайностью 60–90 ц/га зеленой массы. Под влиянием комбинаций всех процессов в почве пырейного перелога постепенно обособляется комковатая структура, сначала грубая, затем, по мере накопления органического вещества, почва становится рыхлой и структурной.

Однако с увеличением количества органического вещества меняются и свойства почвы. После 7–10-летнего существования пырейный перелог становится тонконоговым. Пырей постепенно уступает место рыхлокустовым злакам (степная тимфеевка, костер прямой, житняки). С появлением рыхлокустовых злаков урожай сена резко падает до 15 ц/га. Процесс накопления органического вещества продолжается, но темп его становится более медленным. Перелог рыхлокустовых злаков продолжается 10–15 лет. Все запасы питательных веществ почвы переводятся в форму органического вещества, то есть в состояние, недоступное усвоению автотрофными рыхлокустовыми злаками, что, в свою очередь, приводит к смене их плотнокустовыми злаками – типцами. Типцовый перелог переходит на черноземах в ковыльную степь. Распашка перелога в бурьяновой стадии носит название пар. Пырейный перелог, распаханый через 4–5 лет, носит название мягкого перелога. Типцовый тонконоговый перелог принадлежит к разряду твердых перелогов. Угодье в стадии ковыльной степи носит название залежи, или целины.

Весь процесс восстановления плодородия почвы в перелогe распадается на три основные фазы (по В.Р.Вильямсу). *В первой фазе* идет восстановление структу-

ры почвы под влиянием корневых систем бурьянов и корневищ пырея на грубые структурные элементы.

Во второй фазе под воздействием мочковатой корневой системы рыхлокустовых злаков структура почвы приобретает прочность комков.

В третьей фазе два первых процесса затухают и идет накопление органического вещества, элементов зольного питания и азота.

Высокий эффект переложной системы восстановления плодородия почвы, когда сама природа залечивала нанесенные ей раны, был налицо. Отрицательной стороной при этом была длительность восстановления плодородия (15–20 лет). Поэтому было предложено первую фазу, когда почва распадается на грубые структурные отдельности, заменить тщательной обработкой почвы. Эффект второй и третьей фазы может быть достигнут при совместном посеве рыхлокустовых злаков и многолетних бобовых. Таковы три главных положения, на которых основывается травопольная система земледелия В. Р. Вильямса. С позиций сегодняшнего дня видны достоинства и недостатки этой системы [111-112].

По мнению академика А. П. Виноградова, существует один закон для распространения химических элементов в литосфере и в живом веществе: состав организмов отражает химический состав окружающей среды – количество тех или иных химических элементов в живом веществе находится в обратной зависимости от их атомного веса, то есть живой организм богаче легкими элементами, которые более подвижны и легко вовлекаются в круговорот воды.

Растительные ткани на 90 % состоят из воды (H_2O). Это и среда, в которой находятся компоненты клетки, и растворитель, и химический реагент.

Около 9 % от веса растения приходится на углерод, который входит в состав всех органических соединений. Растения получают его из углекислого газа, который усваивается растением в процессе фотосинтеза с поглощением световой энергии и выделением кислорода.

На долю остальных элементов приходится лишь 1 % от веса растения, около четверти этого процента приходится на азот.

Фосфора содержится в растениях 0,06 %. Он входит в состав вещества наслед-

ственности – нуклеиновой кислоты. Благодаря аденозинтрифосфорной кислоте клетка запасает, переносит, хранит и при необходимости использует энергию.

Калий позволяет растению всасывать из почвы воду и необходимые соли, так как повышенная концентрация калия в клетке действует как «насос» [58, 67, 73, 148, 186].

Из почвы растения извлекают азот, фосфор и калий. В меньших количествах – серу, бор, магний, медь, селен и другие микроэлементы. Если почвы удобрялись навозом, то микроэлементов достаточно для большинства культур. Чаше не хватает азота и фосфора. Азот легко улетучивается и вымывается, используется микробами, а высвобождается он в основном из органики, которой в почве недостаточно. Фосфор находится в виде соединений, которые растения не могут усвоить. Содержание азота и фосфора напрямую зависит от количества в почве гумуса, а содержание калия, который находится в недоступной для растений форме, зависит от состава минеральной части почвы. Растениям доступны только растворимые в воде и слабых кислотах минеральные вещества. Поэтому влагозапасы почвы также важны для воспроизводства плодородия.

Минеральные удобрения компенсируют недостаток питательных веществ, растворимых в воде и слабых кислотах. Хотя в слое почвы 20 см на гектаре содержится в среднем: 3–11 т N; 20–40 т K_2O и P_2O_5 , но они недоступны для растений. Переход недоступных минеральных веществ в доступные происходит под влиянием микроорганизмов, химических реакций и физических процессов, и скорость этого перехода регулируется оптимальной влажностью, воздушным режимом, кислотностью почвы. Однако до настоящего времени под плодородием почвы понимали наличие в ней достаточного количества гумуса, питательных веществ и мало обращали внимания на почвенную биоту, которая и поставляет эти питательные вещества для растений, причем поставляет в необходимое для них время [119, 131].

1.2.1.1 Роль почвенной биоты в воспроизводстве плодородия почвы

Человеческая деятельность коренным образом изменила распределение на земле фито- и зооценозов. Огромные площади используются в сельском хозяйстве.

Вовлечение почвенного покрова в сельскохозяйственное использование при непрерывной интенсификации оказывает влияние на свойства практически всех типов почв, изменяя их химический состав, физическую структуру, содержание и качественный состав гумуса и плодородие почв в целом, что видно из авторских и других исследований. Почвенное плодородие – наиболее интегральная функция, которая определяется взаимодействием всех свойств почвы. Долгое время почвенное плодородие толковалось упрощенно и связывалось в основном с химическими и агрофизическими свойствами. Накопленный в современной литературе материал свидетельствует о том, что правильно понять законы почвенного плодородия и разработать рекомендации по его эффективному использованию можно лишь на основе целостного функционально-динамического подхода [93, 157, 158, 301-303, 319]. К сожалению, до сих пор такой подход не реализован, и к почве продолжают относиться в основном как к объекту сельскохозяйственного труда, имеющему одну существенную функцию – источника элементов питания. Ведь элементы питания – это следствие работы почвенных микроорганизмов, которые и поставляют их для растений, на что практики и исследователи не обращали должного внимания. Если почву лишить микроорганизмов, то гумус будет лежать в почве бесполезным для растений балластом и никак не влиять на рост и развитие растений. Только микроорганизмы, выделяя различные ферменты и другие биологически активные вещества, способствуют разложению гумуса на более простые соединения, которые могут усваиваться сельскохозяйственными растениями. Особенно активны в этом отношении бактерии из рода *Pseudomonas* и другие микроорганизмы.

Важный результат трансформации – освобождение в ходе разложения органики энергии в тепловой и химической форме, которая была аккумулирована при фотосинтезе. По мнению А. И. Перельмана, это имеет не меньшее значение, чем образование органических соединений.

Динамикой органического вещества почвы во многом определяется, и реализация почвой экосистемных и биосферных функций. Учение о функциях, которые выполняет почва в экосистемах и биосфере в целом, было разработано в трудах Добровольского, Никитина [130, 178], что явилось логическим развитием идей

В. В. Докучаева, В. И. Вернадского, В. Н. Сукачева, Б. Б. Польнова, А. А. Роде, С. В. Зонна, Н. П. Ремезова, В. А. Ковды и др [48, 57, 70, 78, 93, 111, 112, 132, 140, 150, 156, 158, 160, 163, 164, 181, 183, 290].

Большинство экосистемных и биосферных функций почв, выделенных Г. В. Добровольским и Е. Д. Никитиным, связано с органическим веществом, которое является энергетическим субстратом для обитающих в почве организмов и источником питательных элементов для растений.

Трудами отечественных и зарубежных ученых [46, 47, 51, 56, 60, 61, 64, 66, 79, 80, 82, 83, 85, 86, 88, 90, 92, 93-107, 113, 118, 120, 129, 131, 135, 137, 138, 149, 152, 159, 161, 166, 168, 174, 176, 184, 187, 200, 203, 210, 213, 255, 263, 273, 274, 281, 282, 283] были установлены основные закономерности разложения и гумификации органических веществ в почве и зависимость этих процессов от климатических условий, биологической активности почвы.

В статьях и монографиях, посвященных теме органического вещества почвы, отмечается, что скорость разложения органики ставится в зависимость от активности микроорганизмов, в то же время в микробиологической литературе численность и биомасса микроорганизмов рассматриваются как функция содержания и качества органического вещества почвы.

В почве постоянно происходят превращения, отмершие корни, стебли растений и другие органические вещества подвергаются действию микроорганизмов и в первую очередь – низших грибов. Сначала разрушается клетчатка, затем лигнин. В результате образуется много органических кислот: щавелевая, масляная, уксусная, муравьиная, янтарная. Эти кислоты растворяют известняки, апатиты, разлагают алюмосиликаты. Происходит образование грубого гумуса (мор). Органические остатки здесь не имеют прочных связей с глинистыми минералами. Деятельность животных и микроорганизмов если и проявляется, то весьма слабо.

Цепь превращений органических веществ – это трофическая или пищевая цепь. Каждый живой организм в процессе питания преобразует органическое вещество и передает его дальше по цепи. Наблюдается сложная сукцессия (смена стадий) микроорганизмов. Это зависит от характера разлагающегося вещества, стадии раз-

ложения, наличия или отсутствия других микроорганизмов.

Почвенные животные механически разрушают растительный материал. В процессе такого разрушения многократно увеличивается поверхность растительных тканей, доступная для микроорганизмов. На разных типах почв они поедают от 20 до 100 % растительных остатков. Известно, например, избирательное поедание многими видами панцирных клещей, ногохвосток, отдельных видов грибов, бактерий. Основная пища простейших – бактерии. Это наиболее многочисленные и распространенные почвенные организмы. Бактерии – одноклеточные существа, величина которых измеряется микронами. В одном грамме почвы их содержится от сотен тысяч до нескольких миллиардов. Считается, что на гектаре плодородной почвы масса живых бактерий достигает 0,5 т. Они многочисленны и многообразны по своим физиологическим функциям: одни разлагают жиры, другие – белки, третьи – углеводы и т. д.

В оптимальных условиях разложение органического вещества идет до простых минеральных солей с одновременным образованием гумуса, который удерживает образовавшиеся минеральные соли от вымывания и создает запас питательных веществ.

Почвенные грибы, которые по способу питания относятся к гетеротрофам, также играют большую роль в разложении органического вещества. Грибная флора обширна и многообразна и может достигать десятков тысяч экземпляров в грамме почвы. Особенно интенсивно идет разложение органических веществ в почвах, содержащих большое количество свежих, неразложившихся органических остатков.

Грибы – это одна из групп почвенной биоты, представляющая собой тонкие нити грибниц. Они играют важную роль в синтезе гумусовых веществ с поглощением аммиака и других летучих соединений, разлагают почвенные минералы, высвобождая из них элементы питания для растений. В свою очередь, микориза питается выделениями корней растений (органические кислоты, сахара, аминокислоты и т. д.), образуя симбиоз. Грибы являются, таким образом, связующим звеном между литосферой и фитоценозами. Мицелий грибов осуществляет восходящую транслфикацию растворов биогенных элементов и нисходящую – в виде растворов органиче-

ских веществ. Если учесть, что 85 % органических остатков в почве перерабатывается бактериями и грибами, то становится понятна их особая роль в воспроизводстве плодородия почвы и круговороте веществ.

Грибы, бактерии, простейшие синтезируют в почве биологически активные вещества: витамины, стимуляторы роста, антибиотики.

Витамины выделяются как живыми бактериями и грибами, так и отмершими микробными клетками. Некоторые витамины выделяются корнями растений. Больше всего микроорганизмы образуют тиамин, рибофлавина, никотиновой, аскорбиновой кислоты, пиридоксина и др. Их содержание в почвах колеблется в зависимости от типа почвы, состава почвенной микрофлоры, степени окультуренности и т. д. На гектаре плодородной почвы, по данным академика Я. В. Пейве [186], за вегетационный период может накопиться около 400 г тиамина (витамин В₁), 300 г пиридоксина (витамин В₆) и более 1 кг никотиновой кислоты (витамин РР). Учитывая их высокую биологическую активность, даже относительно небольшие количества оказывают заметное влияние на количество и качество получаемой продукции, плодородие почвы в целом. Витамины оказывают большое влияние на развитие корневой системы растений. Например, при недостатке тиамина плохо развиваются корневые системы льна, клевера и других растений. Для гороха, люцерны и других культур необходима никотиновая кислота.

Отдельные виды плесневых грибов выделяют антибиотики (пенициллин), актиномицеты – стрептомицин, левомицетин и т. д. Поступая в клетки растений, антибиотики повышают бактерицидные свойства клеточного сока. Растения становятся устойчивыми к инфекционным заболеваниям, повышается их иммунитет. Это наблюдается на практике. В 2000 г. из-за отсутствия органических удобрений на садовом участке плодовые деревья были подкормлены минеральными удобрениями (нитрофоской). Деревья в этот год дали сравнительно неплохой урожай, но при хранении каждую неделю приходилось выбрасывать около 10 кг яблок из-за гнили. В 2001 г., когда деревья были подкормлены органическими удобрениями, сохранность яблок, при тех же условиях хранения, была значительно выше.

Наряду с витаминами и антибиотиками в почве имеются стимуляторы роста

растений: ауксины, гетероауксины, гиббереллиновая кислота, которые активизируют рост и развитие растений.

Обработка почвы с оборотом пласта, внесение больших доз азотных удобрений, применение ядохимикатов нарушают природный гомеостаз почвы и прерывают трофическую пищевую цепь. И тогда начинают проявляться негативные тенденции и болезни (дегумификация почвы, корневые гнили, снежная плесень, фитофтора, нематоды и пр.). Например, те же простейшие выделяют биологически активные вещества, которые стимулируют рост корней растений, микроорганизмов, подавляют активность вредных для растений грибов и сами служат пищей для многих других микроорганизмов.

В гумусе преобладают глинисто-гумусовые комплексы с прочной связью. Образование таких форм гумуса связано с деятельностью микрофлоры и почвенной фауны, которые действуют настолько взаимосвязано, что выделить вклад отдельных живых компонентов почти невозможно. Микроморфологи на почвенных шлифах, которые изготавливают после пропитывания почвы специальным фиксатором, наглядно показали, что в некоторых почвах практически весь гумус составляют экскременты микрофауны или продукты дальнейшего разложения этих экскрементов микроорганизмами.

К микрофауне относят животных размером от 0,1 до 2,0–3,0 мм. Это мелкие паучки, термиты, клещи, ногохвостки, последние больше всего распространены в нашей местности.

Численность клещей в лесах с мощной подстилкой доходит до 200–300 тыс. на 1 м² при биомассе до 20 кг на гектар. Питаются они спорами грибов и разлагающимися растительными остатками.

Ногохвостки (коллемболы) – низшие бескрылые насекомые. Численность ногохвосток колеблется от 10 до 50 млн на 1 м², а биомасса – от 0,2 до 6,4 г. Они устойчивы к низким температурам и часто бывают активны даже в мерзлой почве. Развитие их яиц не прекращается даже при +2 °С – +3 °С. Питаются они споровыми растениями, пылью хвойных и разложившимся листовым опадом, а иногда выступают и в роли хищников. Нередко они встречаются в скоплениях экскрементов бо-

лее крупных почвенных животных, например, дождевых червей, и питаются непере-
варенными частицами растительных остатков, уже обработанных ферментами в чужом кишечнике, довершая механическое разрушение клеточной структуры. Их экскременты представляют собой тонкозернистую массу, которая напоминает глинисто-гумусовые комплексы.

Из мезофауны наибольшее значение для состояния почвы имеют дождевые черви. Они прокладывают в ней огромное количество ходов, питаются растительными остатками. В процессе пищеварения в кишечнике червей происходит разложение клетчатки и частичная минерализация растительных тканей. У них наблюдается интенсивное образование гумусовых веществ.

В свою очередь, они стимулируют развитие отдельных групп микроорганизмов. Благодаря этому почва обогащается ферментами и витаминами.

Численность червей в благоприятных условиях (широколиственных лесах) достигает 500–800 на 1 м², а биомасса равна 290 г. Обычно их биомасса составляет от 40 до 120 г на 1 м² (табл. 1).

Исследованиями установлено, что наличие в почве дождевых червей способствовало увеличению коэффициента структурности почвы в 6 раз, повышалось и содержание водоустойчивых агрегатов. Улучшение физических свойств почвы касалось в основном агрегатов размером 1–5 мм, в которых наблюдалась стимуляция некоторых показателей микробиологической активности: содержание целлюлозолитических актиномицетов, азотобактера, грибов [93-97].

Таблица 1 – Запасы микробной биомассы в зональных почвах

Почвы	Общая биомасса	Биомасса, кг/га (%) в том числе			
		бактерии	актиномицеты	грибы	споры грибов
Дерново-подзолистая	5670	195 (1,4)	27 (0,2)	11 914 (85,4)	1811 (13,0)
Серая лесная	13 946	661 (11,6)	38 (0,8)	3127 (55,1)	1845 (32,5)

Таким образом, большому видовому разнообразию почвенных микроорганиз-

мов соответствует и большое содержание микробной биомассы как важного фактора устойчивости почвенного микробиоценоза в целом. Значительная часть питания микроорганизмов составляет сама микробная масса, на чем и основывается механизм почвенной сукцессии [74, 93, 172, 177, 188].

Все это свидетельствует об огромной роли биологического фактора в формировании и регулировании плодородия почвы. Почву необходимо рассматривать как естественный биореактор, работающий на энергии солнца в газо-, жидкостно-, твердофазном режиме, который служит для постоянного возобновления плодородия почвы и обеспечения питательными веществами всего растительного и животного мира. Изменение соотношения видов почвенной биоты при возделывании сельскохозяйственных культур по сравнению с их соотношением в почвах целинных аналогов является индикатором начальных стадий нарушений биохимических циклов.

Деятельность человека может привести к значительному изменению биофона. Например, дождевые черви, крупные диплоидовые и личинки насекомых резко снижают свою численность при обработке почвы роторными агрегатами, вспашке с оборотом пласта. Применение отдельных видов минеральных удобрений также может быть очень вредным для развития полезных организмов в почве, особенно для почвенных животных. Например, применение на пастбищных угодьях сульфата аммония резко сокращает количество дождевых червей. Воздействие химических средств защиты растений с различными действующими веществами оказывает неодинаковое влияние на микроорганизмы. Среди фунгицидов особенно вредными для дождевых червей оказались производные бензимидазола. В садах дождевые черви исчезали после применения препарата Беномил, что приводило к резкому ухудшению структуры почвы.

Помимо того, что пестициды негативно влияют на окружающую среду и безопасность продуктов питания, они нарушают нормальное прохождение метаболических процессов в самом растении. Это приводит к распространению болезней, снижению иммунитета растений и нарушает сложившееся равновесие в агроэкосистемах: вредные виды, как правило, восстанавливают свою численность значительно быстрее, чем полезные. Обработка агроценозов инсектофунгицидами, которые не

обладают избирательным действием, приводит к уменьшению численности полезных насекомых на 20–70 %, а структура популяций вредоносных видов увеличивается.

Широкое применение химических удобрений, пестицидов в сельском хозяйстве приводит к изменению состава плодов, овощей, кормовых растений, снижению в них содержания полезных для человека и животных веществ. Такие овощи и плоды не способны к длительному хранению из-за необеспеченности витаминами и другими биологически активными веществами. Исследованиями А. М. Уголева [201] установлено, что на 50 % пища в организме человека усваивается за счет ферментов, содержащихся в ее тканях. Они являются той «искрой» для инактивации ферментов в организме человека. Отсюда следует, что количество потребляемой человеком пищи можно значительно уменьшить (на 50 %) за счет повышения ее усвояемости, что является весьма и весьма актуальным не только на сегодняшний день, но и на перспективу.

1.2.1.2 Роль новых почвенных биотехнологий в повышении плодородия почвы

Сейчас появились новые возможности регулирования почвенного плодородия за счет микробиологических удобрений [190, 191, 202, 204, 205, 207, 229-237, 241, 243, 248-253, 268, 271].

Микробные удобрения сочетают положительные свойства минеральных (известный химический состав, отсутствие семян сорняков и т. д.) и органических (продолжительное положительное действие на плодородие) удобрений.

Технология эффективных микроорганизмов (ЭМ-технология) была разработана в Японии в 80-х гг. XX в., получила признание и внедряется во многих странах мира: Малайзии, Индонезии, на Филиппинах, в Индии, Китае, Бразилии, Пакистане и др. ЭМ-технология пользуется популярностью в Америке, Франции, Германии, Испании. Благодаря использованию этой технологии в сельском хозяйстве достигается экономически эффективное обеспечение населения продуктами питания высокого качества при бережном использовании природных ресурсов.

Понять ЭМ-технологию легче, если признать наличие в природе двух противоположных групп микроорганизмов: регенеративных и дегенеративных. Почвы, насыщенные регенеративными микроорганизмами, – плодородные. На таких почвах растения интенсивно растут без агрохимикатов и пестицидов. При преобладании в почве дегенеративных, или патогенных, микроорганизмов растения растут медленно, заглушаются сорняками, болеют.

Экспериментами установлена интересная особенность микроорганизмов – следовать за «лидером» и приспосабливаться к господствующим микроорганизмам, то есть доминирующая группа микроорганизмов определяет, будет ли микрофлора почвы регенеративной или дегенеративной. Между ними идет борьба за преобладание, и если, например, анабиотические виды победят, то все остальные микроорганизмы будут имитировать их метаболические эффекты. Собранная полезная мощь продуктивных микроорганизмов в группе ЭМ и осуществляет направление всех других микроорганизмов в регенеративную сторону, повышая продуктивную силу земли.

Применение эффективных микроорганизмов повышает водопроницаемость, оптимальную плотность, аэрируемость, эрозионную устойчивость и в целом способствует восстановлению плодородия почвы, оздоровлению сельскохозяйственных культур, получению экологически чистых продуктов.

Эффективные микроорганизмы (ЭМ) включают как аэробные, так и анаэробные разновидности. До недавнего времени среди микробиологов существовало мнение о невозможности создания культуры с несовместимыми микроорганизмами. Однако японскому микробиологу Хига Теруо удалось создать ассоциацию регенеративных микроорганизмов, которые хоть и отличаются по условиям жизнедеятельности, но сосуществуют в одной среде в режиме активного взаимного обмена источниками питания. В эту группу входят синтезирующие и молочнокислые бактерии, грибы, дрожжи, ферменты. Хига Теруо выявил и отобрал те микроорганизмы, которые оказывают благоприятное влияние на почву и растения и у которых при их внесении в окружающую среду положительные качества заметно увеличиваются за счет эффекта синергизма. Вредители и болезнетворные микроорганиз-

мы ингибируются. Общее число микроорганизмов в препарате может быть более 80. Однако центром активности ЭМ являются фотосинтетические бактерии: они, с одной стороны, поддерживают действие других микроорганизмов, а с другой – используют соединения, произведенные этими микроорганизмами [147].

С 1998 г. в России применяются отечественные препараты (ЭМ), созданные на базе микроорганизмов байкальской экосистемы. Производственные испытания основного микробиологического препарата Байкал ЭМ-1 показали его высокую эффективность и позволили пересмотреть некоторые положения почвенной биотехнологии. Когда эффективные микроорганизмы развиваются, как сообщество в почвах, то численность полезной микрофлоры увеличивается. Определенные микроорганизмы (патогенные) угнетаются, и таким образом подавляются болезни почвы. Эффективные микроорганизмы используют выделения растений (углеводы, органические кислоты, ферменты и т. д.) для своего роста и развития, выделяя в процессе жизнедеятельности аминокислоты, витамины, гормоны, нуклеиновые кислоты, которые потребляются, в свою очередь, растениями, образуя симбиоз.

Эффективность земледелия во многом определяется уровнем обеспеченности почв элементами минерального питания. В минимуме чаще всего находятся доступные растениям азотсодержащие соединения. Решение этого вопроса за счет наращивания производства и применения промышленных азотных минеральных удобрений, даже при современном уровне развития производительных сил, позволит лишь на 30–33 % удовлетворить потребность в них. Кроме того, энергозатраты на производство, транспортировку, хранение растут более высокими темпами, чем отдача от них. К этому необходимо добавить, что этот элемент очень подвижный и чаще всего безвозвратно вымывается в грунтовые воды.

Клубеньковыми бактериями при сегодняшней структуре посевных площадей усваивается 2,3 млн т атмосферного азота. Свободноживущими азотфиксаторами на каждом гектаре связывается в среднем 15–20 кг молекулярного азота в год. Всего, если ориентироваться на минимальную цифру 15 кг, – около 3,4 млн т. Общий вклад биологического азота доходит до 5,7 млн т. Если уделить внимание микробиологическому синтезу азота, то можно увеличить его накопление в почве в 1,5–2 раза.

Основными механизмами стимуляции роста растений микроорганизмами являются: фиксация атмосферного азота, образование легкоусвояемых форм фосфора, железа, угнетение роста фитопатогенных грибов, продуцирование различных ростовых веществ (гетероауксины) простейшими.

В связи с этим особое значение приобретает разработка новых методов, основанных на биотехнологических процессах. Биотехнология с использованием микроорганизмов, несомненно, предоставляет человечеству большие возможности в оздоровлении биосферы и получении более качественных продуктов питания, в снижении энергоемкости сельскохозяйственного производства.

В настоящее время создан банк различных экологически безопасных видов микроорганизмов. Препараты, созданные на их основе, характеризуются комплексным действием. Они оказывают стимулирующее влияние на рост растений, подавляют развитие ряда болезней, улучшают минеральное питание растений, способствуют улучшению плодородия почв. Основными производителями биопрепаратов являются (млн порций/га): США – 5–10; Австрия – 6–8; Бразилия – 4–6; Индия – 2–4; Аргентина – 2–3; Канада – 2,0–2,5. В бывшем СССР микробные препараты на основе азотфиксирующих микроорганизмов широко применялись в сельском хозяйстве в 80-е–90-е гг. Их производство и использование достигало 4–5 млн порций/га ежегодно. В настоящее время применяют препараты комплексного действия: Ризоторфин, Ризоэнтерин, Ризогрин, Флавобактерин, Агрофил, Биоплат-К. Для оптимизации почвенной среды используют Фитофлора-С, Бамил, ЭМ-1, ЭМ-2, Бактогумин и пр. Для защиты растений от вредителей применяют Энтобактерин, Бактокулицид, Лепидоцид, Битоксибациллин, Бактероденцид и т. п. [190, 191].

Биотехнология – наука, которая объединяет в себе достижения биохимии, микробиологии, биофизики, генетики, физиологии, генетической инженерии. Она разрабатывает технологические приемы получения продукции с наименьшими затратами, с заданными свойствами для потребностей сельского хозяйства, пищевой промышленности, медицины, охраны окружающей среды, народного хозяйства в целом.

Биотехнология стала одним из приоритетных направлений научно-

технического прогресса, позволяющим использовать возможности природных живых систем (микроорганизмов) и искусственно созданных для повышения жизненного уровня людей, решения социально-экономических и экологических проблем. По заключению экспертов ООН, в XXI ст. биотехнология будет определять развитие человечества во всех сферах его деятельности (сельское хозяйство, экология, энергетика, медицина). Нынешний уровень прибыли ведущих биотехнологических компаний мира сравним с прибылью компаний, производящих персональные компьютеры. На ближайшие годы прогнозируется ежегодный прирост мирового объема биотехнологической продукции на уровне 7–8 %.

Беларусь располагает ограниченными сырьевыми и энергетическими ресурсами, поэтому относительно низкая энергоемкость и материалоемкость биотехнологических производств обуславливают перспективность развития биотехнологии. Весомым аргументом в пользу ее развития является экологический фактор и необходимость преодоления последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Создание биопрепаратов для сельского хозяйства является наиболее перспективным направлением микробных биотехнологий (средства защиты растений; препараты, повышающие урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность сельскохозяйственных животных, консерванты для заготовки кормов и т. д.).

В Институте микробиологии НАН Беларуси уже создан ряд биологических препаратов. Консерванты Силлактим, Лаксил с успехом применяются при силосовании бобово-злаковых смесей и кукурузы. Препараты Бактрил, Энтеробифин проявляют высокую эффективность при лечении желудочно-кишечных заболеваний сельскохозяйственных животных, птицы.

Используя высокоактивные штаммы актиномицетов, которые являются антагонистами фитопатогенной микрофлоры, разработаны принципы создания препаратов фитозащитного и ростстимулирующего действия на отходах сельского хозяйства и промышленности. Отобраны микроорганизмы из штаммов местных симбиотических азотфиксаторов бобовых растений, обладающие фосфатмобилизующей активностью (Фитостимофос), получены высокоэффективные штаммы ассоциативных ризобактерий зерновых культур (Ризобактерин), Сапронит (под люпин), Сапронит-2

(под горох), Сапронит-3 (под клевер), которые разрешены к применению в Беларуси. В республике разработаны технологии получения и других биопрепаратов для растениеводства: Бактоген, Фрутин, Миколин, Лигнорин и пр. Начато производство отечественных конкурентоспособных ферментативных препаратов для животноводства, пищевой и легкой промышленности, что позволит повысить эффективность сельскохозяйственного производства, улучшить качество выпускаемой продукции.

Многочисленные полевые и производственные опыты показали высокую эффективность применения штаммов ризосферных микроорганизмов и интегрированных растительно-микробных систем. Увеличение урожайности варьировало от 12 до 70 %, защитный эффект был на уровне или выше показателей аналогичных химических препаратов.

В последнее время и в развитых странах мира значительно вырос интерес к производству экологически чистой продукции. В странах ЕС, в Японии, США на государственном уровне ставится вопрос о переводе агропромышленного сектора на биоорганические или биогеоценотические (природные) системы земледелия, так как спрос на экологически чистую продукцию постоянно растет. В Европе в 2001 г. до 10 % сельскохозяйственных площадей использовалось под органическое земледелие. Мировой объем продаж продуктов, полученных без применения химикатов, достиг 25 млрд дол. США в год (в 2002 г.), и 100 млрд дол. – в 2009 г. В Великобритании объем продаж продуктов органического земледелия в 1998 г. оценивался в 300 млн дол., а в последние годы он вырос в 4 раза.

1.2.1.3 Микробиологические методы определения потребности почвы в удобрениях

Для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур с хорошим качеством необходимо правильно выбрать дозы минеральных удобрений. Использование высоких доз азотных удобрений повышает, например, кислотность почв, увеличивает подвижность алюминия, кадмия, меди, свинца и приводит к накоплению в почве токсичных для растений и микроорганизмов элементов, в частности фтора. Для определения содержания в почве доступных форм питания обычно используют

агрохимические методы анализа. Но они достаточно трудоемки, поэтому садовод-любитель может использовать более простые микробиологические методы диагностики почв в удобрениях.

Потребность почв в азотных удобрениях определяют следующим образом: фотобумагу, отработанную фотопленку или рентгенопленку нарезать полосками 3×15 см, поместить полоски в 3–4 местах участка под лопату на глубину 20 см. Через 5 дней полоски извлечь и окунуть несколько раз в воду. Если пленка стала прозрачной, то это означает, что почвенные микроорганизмы активны и нет необходимости вносить азотные удобрения (на поверхности пленки находится слой желатина, то есть белок, который разлагается микроорганизмами). Если пленка осталась черной, то необходимо внести полную дозу азотных минеральных удобрений, что составит примерно 1 столовую ложку на 1 м². При частичном обесцвечивании доза азотных удобрений будет соответствовать степени разложения желатина на пленке: 50 % – половинная доза, 70 % – одна треть и т. д.

При определении потребности почв в фосфорных удобрениях рядом с фотобумагой, фотопленкой, рентгенопленкой необходимо поставить пластинку с фильтровальной бумагой или хлопчатобумажной тканью такого же размера, для чего нарезанные полоски прикрепить по уголкам клеем к стеклу, фанере. Через 30 дней ткань извлечь, очистить от почвы и оценить степень разложения. Если рядом стоявшая пленка через 5 дней обесцветилась, а ткань или фильтровальная бумага разложилась на 75–100 %, то данная почва не нуждается в азотных и фосфорных удобрениях. Если ткань или фильтровальная бумага не разложилась, то необходимо внести полную дозу фосфорных удобрений, при разложении 30–50 % почва нуждается в половинной дозе фосфорных удобрений [69, 74, 75- 77, 115, 136, 141-143,].

1.2.1.4 Определение фитопатогенов в почве

В почве имеются полезные и вредные микроорганизмы, то есть фитопатогены, вызывающие болезни растений. С помощью микробиологических тестов можно определить их наличие в почве.

Фильтровальную бумагу или ткань помещают в верхний слой почвы на 3 ме-

сяца. По колониям микроорганизмов, разрушающих клетчатку, определяют степень загрязнения почвы фитопатогенами. Фитопатогенные грибы образуют колонии черной, серой, фиолетово-малиновой окраски и распространяются по поверхности бумаги или ткани. Черные колонии образует гриб стахиботрис, который поражает все луковые, чеснок, кукурузу, соломинку злаковых. Этот грибок образует микотоксин, который даже в одной миллионной доле миллиграмма на 1 кг массы вызывает отравление у крупного рогатого скота, лошадей, человека. Заболевание проявляется в отеке нижней части головы, появлении трещин на губах и тягучего слюноотделения. Следует знать, что токсин этого гриба не разрушается при высокой температуре, химической и механической обработке. Развитие на ткани или фильтровальной бумаге фиолетово-малиновых колоний говорит о заражении грибом фузариум. Действие токсинов этого гриба сходно с действием алкоголя, поэтому он получил название «пьяного хлеба».

Серые, круглые колонии принадлежат грибку альтернария, который поражает плоды в виде коричневых пятен. Общее число микроскопических грибов в почве составляет от 160 до 300 видов, из них 50 % токсикогенные.

Появление на поверхности ткани или бумаги желтой, зеленой, розовой окраски колоний свидетельствует о хорошем развитии микобактерий и о здоровом состоянии почвы. Основными методами снижения содержания микотоксичных грибов в почве являются агротехнические мероприятия: ранняя обработка почвы, соблюдение севооборота, внесение правильно выбранных доз азотных удобрений, исключение посевов в холодную, влажную погоду. Предупреждению развития токсикогенных грибов в почве служат такие факторы, как достаточное количество гумуса в почве, недопущение переуплотнения, известкование [75, 76, 93, 141, 144, 175, 179].

1.2.2 Роль системы земледелия в поддержании и воспроизводстве почвенного плодородия

С самых ранних периодов развития земледелия человечество столкнулось с явлением утраты почвой своего плодородия. Первый способ борьбы с этим явлением отличался простотой. Почву переставали обрабатывать, а распахивали новые участки целины, которые раньше не обрабатывались. Так сложилась залежная си-

стема земледелия. Численность населения росла, а площадь пашни не увеличивалась. Поэтому пришлось уже вторично распахать угодья, которые раньше были заброшены, как утратившие свое плодородие. Такие участки давали урожаи, не отличающиеся по своей величине от урожаев по целине. Таким образом, залежная система борьбы с утратой почвенного плодородия эволюционировала в переложную систему восстановления плодородия почвы. Так же, как и в залежной системе земледелия, и под влиянием той же ограниченности земной поверхности и растущей численности населения, в переложной системе пришлось все чаще возвращаться к ранее возделываемым участкам. Период «отдыха» почвы все более сокращался.

При этом выяснилась прямая зависимость срока культурного пользования почвой от продолжительности срока пребывания ее в перелог. Сначала срок культурного периода равнялся 7–8-ми годам, но с сокращением срока «отдыха» земли в перелог сокращался и срок культурного пользования. Урожаи культурных растений падали, и качество зерна ухудшалось. Все более увеличивалась засоренность полей, и под конец культурного возделывания урожай наполовину состоял из семян сорняков. Сокращаясь, длительность перелога дошла, в зависимости от природных качеств почвы, до одного-двух лет. Так переложная система естественным путем эволюционировала в паровую систему восстановления плодородия почвы. Стали типичными трехпольные севообороты: пар, рожь, овес; пар, пар, рожь; пар, пар, овес или ячмень и т. д.

При господствующих севооборотах в течение многих лет солома использовалась для приготовления навоза, который весь шел для удобрения запольных приусадебных участков. В то время картофель, капуста, бобовые, лен, рапс, сахарная свекла и другие культуры возделывались на запольных участках, и на них шел весь навоз.

К этому времени скопилось достаточное количество анализов золы культурных растений, которые позволили Ю. Либиху разделить их на три группы: фосфорная, калийная и известковая. Эти три группы совпадают с производственными группами сельскохозяйственных растений – зерновые, корнеплоды, технические и бобовые. Учитывая все это, Ю. Либих со всей силой своего таланта популяризатора стал

бороться за введение плодопеременного, или многопольного севооборота. Предполагалось, что в то время, как поле было занято, например, зерновыми и вслед за ними – техническими культурами, из почвы отчуждались преимущественно известь и калий, а фосфор, который потребляется этими растениями в малых количествах, успевает накопиться в почве благодаря выветриванию. К тому же введение в полевой севооборот технических культур и корнеплодов имело положительное значение, так как все они требуют интенсивной обработки почвы, и чистый пар может быть заменен занятым паром. Навоз, внесенный под пропашные культуры, обогатит почву питательными веществами и органикой. Прототипом плодопеременного севооборота, удовлетворяющим всем этим требованиям, стал норфольский севооборот: клевер, озимая пшеница, кормовая репа по навозу, двурядный ячмень с подсевом клевера. Таковы основы плодосмена.

Введение плодосмена сыграло большую роль в дальнейшем развитии сельскохозяйственного производства. Он несколько нивелировал причину резкого падения плодородия почвы при бессменном выращивании зерновых по зерновым и положил начало развитию полевого кормопроизводства. Это дало толчок развитию продуктивного животноводства, которое было подорвано паровой системой земледелия. Ошибкой в теории плодосмена было утверждение, будто источником минерального питания сельскохозяйственных растений является процесс выветривания почвы. Из этой стратегической ошибки вытекала тактическая ошибка обработки почвы «взметом» и другие виды обработок [57, 90, 93, 142].

1.2.2.1 Концептуальные основы новой системы земледелия на биогеоэкологических принципах

Кризисное состояние сельского хозяйства республики усугубляется прогрессирующей деградацией почвы. За последние 15–20 лет площадь эродированных земель в Беларуси увеличилась с 2,1 до 3,8 млн га, и процессы не прекращаются, несмотря на проводимые защитные мероприятия. Установлено, что с одного гектара пашни ежегодные потери почвы от эрозионных процессов составляют 14–16 т твер-

дой фазы. Вместе с почвой безвозвратно теряется до 150–200 кг гумусовых веществ, до 10 кг – азота, 4–6 кг – фосфора и калия, 5–6 кг – кальция и магния. За это время из пашни, вследствие добычи торфа, исключено 300 тыс. га торфяно-болотных почв. Недобор урожая на эродированной пашне составляет в среднем 36 %. И как следствие этого, затраты на поддержание нужного для человека уровня производства сельскохозяйственной продукции с каждым годом возрастают, а отдача от вложения капитала – уменьшается. Статистические данные показывают, что за последние два века вложения капитала в сельское хозяйство увеличились в тысячи раз, а урожаи – только в 2–3 раза. Одной из важнейших причин такого положения является несоответствие характера и направлений природного (биогеоценотического) и сельскохозяйственного процессов.

Природные системы (биогеоценозы) сейчас в большинстве случаев нарушены. Из них исключаются пахотные угодья, которые представляют собой новые антропогенные ландшафты. Они отличаются от природных систем своей неспособностью самостоятельно, без вмешательства человека, выходить на стационарный режим существования, так как в их основе лежит монокультура, частая перепашка почвы, при которой нарушаются структура и численность микробного и растительного сообщества почвы. Жизнь в природе всегда представлена сообществами организмов – растений, микробов, почвенных животных, то есть она существует в виде биогеоценозов. Разные виды организмов в ценозах могут использовать и разлагать выделения других видов, осуществляя санитарную функцию. К тому же, благодаря ярусной структуре биоценозов, они более полно используют солнечную энергию и почвенные ресурсы. В природе почва практически ни одного дня не бывает без растительности, дающей органическое вещество, кислород и многое другое. На сельскохозяйственных угодьях почва длительное время, в условиях Беларуси более семи месяцев в году, лишена зеленого покрова. Нетрудно представить, как снижается биопродуктивность полей по сравнению с постоянно вегетирующими природными сообществами.

Современная сельскохозяйственная наука и производство рассматривают почву не как подсистему единой системы биогеоценоза, а как самостоятельный объект,

в отрыве от растительного покрова и других живых организмов, поэтому существующие технологии производства сельскохозяйственной продукции и основываются на интенсивной обработке почвы с оборотом пласта. Распашка почвы увеличивает доступ воздуха и создает условия для активной деятельности аэробных бактерий, которые быстро разлагают органическое вещество. Нитратный азот, образовавшийся при минерализации органики, хорошо растворяется в воде, перемещается осадками в глубь почвы и загрязняет грунтовые воды. Особенно вредна зяблевая вспашка. Оголяя поле, мы создаем очаги интенсивного разрушения и смыва органического вещества почвы и питательных веществ. В. В. Докучаев в связи с этим писал, что для успешного развития сельскохозяйственного производства необходимы меры, которые «...должны быть направлены... к устранению или ослаблению тех причин, которые подорвали наше земледелие» [132].

Высокая затратность, агротехнические противоречия, деградация сельскохозяйственных угодий и негативные экологические последствия убедительно доказывают кризисные явления в земледелии и необходимость быстрой смены стратегии отрасли.

В ответ на вызов времени возникают новые системы земледелия (альтернативная, биологическая, органическая, биодинамическая и др.). Практика показала, что названные системы земледелия, несмотря на ряд положительных моментов, не могут стать реальной парадигмой отрасли, так как не снимают многие острые проблемы. Тем не менее, альтернативное земледелие усилило активность мирового сообщества по разработке экологически устойчивого пути развития общества, который получил название *sustainable development* («устойчивое развитие»). Его особенности в том, что экономические цели не игнорируются, но имеют экологическое ограничение. Ученые СНГ выдвинули концепцию ландшафтных систем земледелия (адаптивно-ландшафтных). Понимание научной сущности новой концепции ограничивается внешними характеристиками земледельческого процесса при географической оценке территориальной базы земледелия. Внутренний механизм более высокой эффективности земледелия в этих системах не раскрывается и сводится чаще всего к общим фразам о саморегуляторной функции агроландшафтов. Многие авто-

ры [51, 90, 93, 124-128, 130, 146, 162] считают современный ландшафтный механизм настолько измененным, что он утратил свою целостность и функциональную активность. Поэтому проблема плодородия почв переросла в проблему продуктивности агробиогеоценозов. *Биогеоценоз представляет собой участок территории, однородной в почвенном, биоценоотическом, гидрологическом, микроклиматическом и геохимическом отношениях, и состоит из твердой, газовой, жидкой фаз и живого вещества.* Каждому биогеоценозу присущи свой круговорот веществ и трансформация потоков солнечной энергии. Нарушение круговорота веществ неизбежно ведет к снижению биопродуктивности.

Жизнь и деятельность человека связаны с относительно узким слоем биосферы – витасферой. Именно здесь находится основная масса живых организмов, где наиболее активно протекают процессы биогеоценоза. В состав витасферы на суше входят биоценозы, нижние слои тропосферы, почва с подпочвой, где сосредоточена основная масса корней растений, микроорганизмов и многих видов животных. Элементарной структурной единицей витасферы является биогеоценоз.

Если круговорот веществ в биогеоценозе начинается и зависит от фотосинтеза растений, то управляющая система биогеоценоза сосредоточена в почве. Миллиарды почвенных микроорганизмов, грибов, актиномицетов, низших и высших почвенных животных осуществляют с заданной ритмичностью грандиозный процесс разрушения и преобразования метаболитов растений и ресинтез новых биоорганических веществ (гумус, антибиотики, аминокислоты и т.д.) (рис. 1).

Чтобы разобраться в жизни биогеоценозов, необходимо познать круговорот органики в природе, так как плодородие почвы определяется не только динамикой питательных веществ, вносимых в почву, но и обменом веществ в почве благодаря биологическим процессам. Чтобы увеличить урожай, необходимо ускорить интенсивность круговорота веществ.

Но рассматривать разложение органического вещества в отрыве от динамики гетеротрофных почвообитающих микроорганизмов и развития фитоценозов методически неверно, поскольку функционирование автотрофных и гетеротрофных систем характеризуется многочисленными связями.

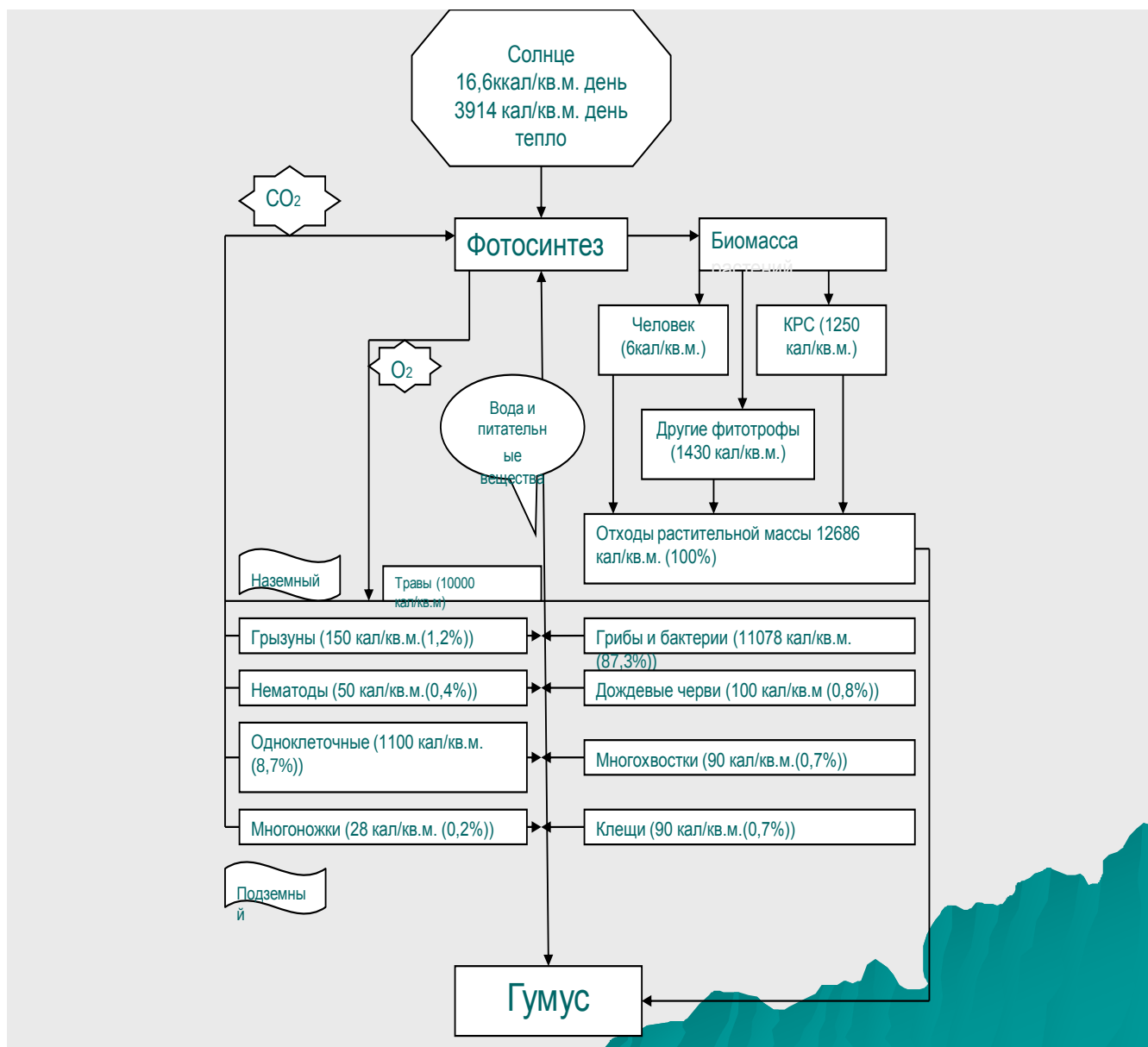


Рисунок 1 – Схема биологического круговорота
на сенокосно-пастбищных угодьях

В основе устойчивого функционирования природных экосистем лежат процессы продуцирования, минерализации и гумификации органических веществ, которые непосредственно формируют систему биохимических циклов всех элементов в экосистемах или влияют на нее [93, 181, 182, 183].

Добровольский и Никитин в своих работах указывают, что функционирование почвенной системы есть «реализация данной системой взаимодействий с другими системами (а также внутренних взаимодействий собственных компонентов), обес-

печивающих существование, развитие этой системы и ее адаптацию к окружающей среде» [51, 130, 178].

А. Лотка сформулировал этот принцип следующим образом: эволюция экосистем идет в сторону увеличения суммарного потока энергии через систему, причем в стационарном состоянии достигается его максимально возможное значение. Позднее К. Уатт выразил эту мысль так: «Сообщество животных и растений в любом месте земного шара представляет собой ансамбль видов, который обеспечивает максимальное использование падающей на Землю солнечной радиации при типе почв, который характерен для данного района».

Иными словами, эволюция наземных экосистем направлена на более полное использование падающей солнечной энергии, а скорость синтеза органического вещества должна поддерживаться на максимально возможном уровне. Сохранение видового состава и численности отдельных популяций фитоценозов и почвенной биоты целесообразно лишь потому, что они способствуют поддержанию максимального уровня потока энергии через систему. Изменение соотношения видов в экосистеме является сигналом о неправомерности антропогенной деятельности.

Интенсификация сельскохозяйственного производства повсеместно привела к обеднению биогеоценозов, к ухудшению гумусного состояния почв. На этом фоне развиваются такие нежелательные процессы, как переуплотнение, снижение буферности и загрязнение различными токсическими соединениями, деградация почвы за счет водной и ветровой эрозии и снижение ее плодородия в целом [93, 151]. Происходит это по следующим причинам:

- обработка почвы с оборотом пласта;
- монокультура;
- перенос и распределение возбудителей и вредителей;
- сужение севооборота;
- мероприятия по удобрению и химической защите;
- снижение иммунитета культурных растений вследствие воздействия удобрений и обработки пестицидами;
- резкое обеднение видов, которое произошло в течение 30 лет на всех ланд-

шафтах, что снижает их способность к саморегулированию.

Доказательством этого является постоянно растущее использование химикатов в сельском хозяйстве. Академик А. Жученко приводит красноречивый пример этому. Если в 1948 г. в США при использовании 2 тыс. т пестицидов потери урожая составляли 17 %, то 30 лет спустя количество применяемых пестицидов возросло до 24 тыс. т, а потери урожая достигли 30 %, и темпы роста затрат на пестициды в 4–5 раз опережали темпы прироста объемов сельскохозяйственной продукции.

Указанные процессы не только нарушают равновесие биосферы, но и значительно снижают продуктивность сельскохозяйственных угодий. Это привело к тому, что сельскохозяйственная отрасль, базирующаяся на использовании даровой неисчерпаемой энергии солнца (около 95 % сухих веществ растений – это аккумулированная солнечная энергия), оказалась в числе ресурсоэнергорасточительных и природоопасных.

Существующая система земледелия, базирующаяся на игнорировании и подавлении механизмов саморегуляции в агроландшафтах, оказалась не способной обеспечить устойчивое развитие сельского хозяйства.

Естественные биогеоценозы устойчивы во времени, их продуктивность более высокая без дополнительного привлечения веществ и энергии по сравнению с агроценозами. Современные проблемы свидетельствуют о необходимости создания такой системы земледелия, которая способна к самоподдержанию на основе регулирования биотических и абиотических факторов. Биотические компоненты, флора и фауна экосистемы оказывают прямое воздействие на способность удерживать и накапливать необходимые для ее сохранения элементы питания.

Естественные и агроэкосистемы имеют как общие свойства, так и различия. Возделывание многолетних трав, промежуточных культур, обработка почвы без оборота пласта приближают к естественным биоценозам.

Внедрение биотехнологического земледелия многие отождествляют с откатом назад – к серпу и конной тяге. Это неверная постановка вопроса. В действительности, проблема состоит в том, чтобы, используя достижения науки и накопленный земледельцами многовековой опыт, обеспечить широкое внедрение механизмов са-

морегуляции в агроландшафтах, при которых снижаются затраты, обеспечивается высокий и стабильный уровень производства и не наносится урон окружающей среде.

Но сегодня ощущается явная нехватка завершенных отечественных разработок в области ведения сельского хозяйства, ориентированного на биогеоценотические принципы. Существующие отдельные наработки следует объединить в системы, довести до уровня технологических схем и карт, для чего, безусловно, необходимы совместные усилия ученых, практиков различных специальностей, поддержка государства и средств массовой информации.

1.2.2.2 Основные черты новой системы земледелия на биогеоценотических принципах

Основной мотив такого совершенствования – это поиски путей соответствия сельскохозяйственных технологий природным биогеоценотическим процессам. Технологии производства сельскохозяйственных культур должны соответствовать биосферным процессам, а не противоречить им.

1. Стремление к закрытому производственному циклу (почва–растение–почва), чтобы предотвратить вымывание элементов питательных веществ из почвы в реки, озера, грунтовые воды. Не нарушать сложившийся круговорот веществ в биогеоценозе, а поддерживать его высокую биопродуктивность, разрабатывая новые технологии и приемы возделывания сельскохозяйственных культур в соответствии с биосферными процессами. Необходимо изучать природу, учиться у нее и действовать в соответствии с ее законами.

2. Агротехнические приемы возделывания сельскохозяйственных культур (обработка почвы, удобрение, севообороты, создание новых агроценозов и т. д.) должны быть направлены на сохранение, по возможности, естественных биоценозов и увеличение содержания лабильных и стабильных гумусовых веществ. Необходимо, чтобы почва находилась как можно больше под растительностью и работала на урожай, с наибольшей полнотой использовать вегетационный период.

3. Разработка и внедрение новых микробиологических технологий, которые

активизировали бы работу полезных микроорганизмов, что будет способствовать ускоренному гумусообразованию, оздоровлению растений и природы в целом.

Разработка новых форм комплексных органоминеральных удобрений с биологическими добавками позволит повысить окупаемость прибавкой урожая, сократить потери азота и снизить содержание нитратов в продукции и грунтовых водах.

4. Изучение комплексной оценки воздействия средств защиты растений на агроценозы и почву по совокупности микробиологических и биохимических показателей. Полученные данные дадут возможность выбирать такие пестициды, которые быстро разлагаются микробными популяциями почвы; выявить скорость разложения в зависимости от применяемой дозы, структуры и конфигурации молекулы пестицида, типа почвы, температуры, состава микробных популяций и биологической активности почвы.

5. Глубокое изучение ферментативной активности почвы в качестве объективного интегрального показателя суммарной биологической активности почвы, отражающего все сопряженно протекающие в ней биохимические процессы. Связь ферментативной активности почвы с системой агротехнических мероприятий, реакции на различные химические загрязнители и химические средства защиты растений.

6. Широкое применение и разработка новых гуминовых препаратов в сельском хозяйстве (из озерных сапропелей, вермикомпостов, торфа) и других регуляторов роста как эффективное средство регулирования роста и развития сельскохозяйственных культур и перспективное направление биологического воздействия на повышение продуктивности агроценозов.

7. Разработка новых технологий производства биопрепаратов по мобилизации фосфора, калия, азота; валовые запасы питательных веществ в почве, воздухе велики, но они недоступны для растений.

По содержанию живой массы суша превосходит океан примерно в 750 раз. Причем, 60–90 % живой массы почв представлено микроорганизмами, физиологическая и биохимическая активность которых в 100–1000 раз выше, чем у растений и животных, а «границы жизни» значительно шире: диапазон температур от +13 до +110 °С, pH от 1 до 13 и т. д. Продуктивность почв поэтому зависит от микробных

ценозов, а это, в свою очередь, обосновывает необходимость поддержания состояния микрофлоры почв всеми технологическими приемами (обработка почвы, внесение минеральных, органических удобрений и инокуляция комплекса позитивных микроорганизмов). Иными словами, микрофлора почвы в условиях природного (биогеоценотического) земледелия является главным инструментом повышения ее плодородия.

В подавляющем большинстве публикаций доказывалось, что сохранение эволюционно сложившегося круговорота веществ и энергии в биосфере является неперенным условием благополучного развития любой цивилизации. Современная биосфера Земли испытывает не только деградацию отдельных компонентов, но и нарушение исторически сложившегося в природе круговорота веществ, все последствия которого трудно предсказать. Поэтому углубленное изучение трансформационной функции почв имеет большое значение для жизни и продуктивности биогеоценозов и агроценозов. Разработка данного вопроса во многом требует теоретического обобщения традиционных материалов, полученных при исследовании различных типов почв при сельскохозяйственном использовании [93].

1.3 Развитие теоретических основ обработки почвы без оборота пласта

Большой вклад в решение вопроса о бесплужной обработке почвы был сделан Т. С. Мальцевым [169]. В то время, когда в агрономической науке на территории бывшей СССР господствовала теория В. Р. Вильямса, даже сама мысль о ревизии его учения была «крамолой». Т. С. Мальцев заявил на совещании и в печати, что для условий Зауралья система Вильямса непригодна, особенно в обработке почвы. К таким выводам ученый пришел не сразу. Для этого потребовались долгие годы напряженного труда, поиска и опытов. Результаты одного из опытов и навели его на эту мысль. В том опыте одну делянку оставили без вспашки как осенью, так и весной. Весной ее продисковали, а урожай на ней созрел самый высокий. Поэтому он писал в книге «О земле-кормилице»: «Не от того почва становится беднее, что ее истощают растения, беря из нее органическую пищу без возврата, а от того, что существующие способы обработки почвы не отвечают требованиям тех законов природы, при

которых растениям свойственно накапливать в почве органические вещества и улучшать ее структуру». Распашка увеличивает доступ воздуха, при этом активизируется жизнедеятельность аэробных бактерий, которые быстро разлагают органическое вещество до полной минерализации. Теряется структура почвы, падает ее плодородие. В не вспаханной почве разложение органического вещества происходит медленно, и создаются условия для его накопления и придания почве комковатой структуры. «Словом, ежегодная вспашка с перемещением почвенных горизонтов является главной причиной снижения ее плодородия и установленного порядка в природе», – писал Т. С. Мальцев [169]. Таким образом, Т. С. Мальцевым в 40–50 гг. прошлого века была создана первая теоретическая основа минимальной обработки почвы. Его утверждение о том, что не только многолетние травы, но и однолетние культуры играют определенную роль в формировании гумусового фонда почв, и минимальная обработка почвы способствует этому, и явилось конкретным вкладом в развитие теоретических основ земледелия. Работы Т. С. Мальцева сыграли значительную роль в преодолении консерватизма в земледелии и ломке традиционных представлений об обработке почвы.

Но, несмотря на развитие новых взглядов на обработку почвы, до 60-х гг. XX в. большинство ученых и практиков в России повсеместно придерживались классических приемов вспашки. И только после массовой распашки целинных земель в Казахстане и Сибири, когда ветровая эрозия достигла огромных размеров, возникла необходимость замены вспашки такой обработкой, при которой обеспечивалось бы сохранение на поверхности почвы пожнивных остатков для защиты ее от разрушения ветром. Коллективом ученых научного центра в поселке Шортанды (Казахстан) под руководством академика А. И. Бараева была создана плоскорезная система обработки почвы. При ее разработке был использован опыт Канады и США по применению плоскорезных орудий. В кратчайшие сроки был создан комплекс машин для такой обработки и посева по стерне.

Сочетание плоскорезной обработки почвы с оптимальными сроками, способами посева, нормами высева, применением удобрений, гербицидов и другими приемами составило почвозащитную систему земледелия [93, 130, 178].

Влияние плоскорезных и безотвальных обработок почвы на накопление влаги и предотвращение эрозионных процессов создается благодаря сокращению потерь гумуса при таких обработках. Исследования В. И. Кирюшина (табл. 2, 3) [157] показали, что разница в содержании гумуса в пахотном слое в вариантах с плоскорезной обработкой и отвальной вспашкой через 11 лет оказалась существенной, а через 16 лет она возросла еще более в пользу плоскорезной обработки.

Таблица 2 – Содержание гумуса (%) в южном карбонатном черноземе (в зависимости от видов обработки почвы в зернопаровом севообороте)

Система обработки почвы	Слой, см			
	0–10	10–20	20–30	30–40
Отвальная	4,61	4,58	4,18	3,43
Плоскорезная	4,90	4,76	4,05	3,44
Разница в содержании гумуса	0,29	0,18	0,13	0,01
НСР 0,95	0,21	0,23	0,23	0,17

Таблица 3 – Содержание гумуса (%) в южном карбонатном черноземе (в зависимости от видов обработки почвы в зернопаровом севообороте)

Система обработки почвы	Слой, см			
	0–5	5–10	10–15	15–20
Отвальная	4,43	4,54	4,44	4,42
Плоскорезная	4,91	4,83	4,71	4,52
Разница в содержании гумуса	0,48	0,29	0,27	0,10
НСР 0,95	0,32	0,23	0,29	0,32

Подобных данных, подтверждающих эффективность влияния бесплужной обработки почвы на сокращение потерь гумуса за счет снижения минерализации органического вещества почвы, в последние годы появилось довольно много для различных регионов России, Канады, США [93, 291-330]. Например, в 27-летнем ста-

ционном опыте Новоодесского госсортучастка Николаевской области в первой ротации 10-польного севооборота прибавка урожая по плоскорезной обработке составила 3,4 ц/га, во второй – 6,6, в третьей – 9,2 ц/га по сравнению с отвальной вспашкой за счет снижения минерализации органического вещества в почве. Здесь мы наблюдаем действие временного фактора обработки на почвообразование, который можно сформулировать так: чем больше времени проходит после оборачивания пласта, тем выше плодородие почвы и урожай.

Преодолению пресловутого психологического барьера или консерватизма в обработке почвы способствовал и крупномасштабный эксперимент в Полтавской области (Украина) проводившийся в течение 10 лет под руководством Ф. Т. Моргуна и Н. К. Шикулы [209]. Преимущество безотвальной обработки особенно проявилось в 1981 г., когда всю Украину охватила засуха. В большинстве областей республики урожаи резко снизились, а в Полтавской области новая система обработки позволила спасти урожай и продать государству зерна больше, чем в предыдущие годы.

Распашка черноземной целины уже в первые 10 лет приводит к резкому обеднению органическим веществом пахотного слоя, что, в свою очередь, ухудшает агрономические и физические свойства почвы, определяющие их эффективное и потенциальное плодородие (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние распашки черноземов, типичных для целины, на динамику гумуса и плотность сложения почв

Слой почвы, см	Целина				Пашня, 54 года			
	Содержание гумуса, %	Плотность почвы, г/куб.см	Масса корней, т/га	Запас гумуса, т/га	Содержание гумуса, %	Плотность почвы, г/куб. см	Масса корней, т/га	Запас гумуса, т/га
0–10	10,39	0,77	19,24	80,0	5,61	1,0	5,71	56,1
10–20	7,82	1,06	3,12	82,9	5,71	1,22	1,52	69,7

Даже в условиях интенсивного земледелия, предполагающего применение

удобрений, гербицидов и фунгицидов, обработка почвы без оборота пласта по сравнению с отвальной вспашкой дает заметное увеличение количества гумуса в пахотном горизонте [93, 103-107].

Минимизация обработки почвы изучалась и в Западной Европе. В вышедшей в 1976 г. в Германии книге Г. Канта под названием «Земледелие без плуга» сообщается, что интенсивная обработка почвы была и является рациональной до тех пор, пока не минерализуются оптимальные запасы гумуса в почве или вносятся высокие дозы органических удобрений. Она бывает недопустима, если содержание гумуса снизилось до уровня, необходимого для биологического саморыхления почвы. При беспашотной обработке почвы содержание углерода увеличивается даже без возделывания промежуточных культур и удобрения соломой или навозом. Для проведения посева рекомендуется трехдисковая сеялка (двухдисковый сошник и дисковый нож), полосная фреза (посев во фрезированные бороздки, ширина фрезерного ножа – 2–20 см) и обычные дисковые сошники при посеве, фреза-сеялка (с тремя способами заделки семян). Эти агрегаты применяются в зависимости от типа почв, предшественника, засоренности, влажности, крутизны склона и мощности трактора.

Работы Г. Канта интересны тем, что на основании экспериментальных данных он пришел к выводу о необходимости бесплужной обработки почвы не в степных засушливых зонах, а в условиях достаточного увлажнения [154].

П. У. Бухтин считает, что оборачивание пахотного слоя необходимо для перераспределения и перемешивания верхней и нижней его частей, для придания ему однородности. При перемещении верхней части пахотного слоя на место нижней культурные растения наиболее интенсивно используют элементы плодородия, накопленные в слое, помещенном обработкой на дно борозды, а нижняя часть пахотного слоя, извлеченная наверх, в течение вегетационного периода должна восстановить свое плодородие. При этом отмечается, что при отсутствии оборачивания обрабатываемого слоя вследствие дифференциации его верхней части культурные растения формируют основную массу корневой системы в слое 0–10 см, что в засушливые годы приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

В то же время научные исследования и практика показывают, что вспашка не

всегда является лучшим приемом обработки почвы.

Е. А. Ревякин отмечает, что использование мощных машин при обработке почвы приводит к ее переуплотнению, и это становится причиной развития эрозийных процессов. При этом переуплотняется подпахотный горизонт, возникает плужная подошва. При интенсивной обработке происходит активная минерализация органического вещества почвы, возрастает непроизводительный расход гумуса.

За последнее десятилетие в земледельческой практике ряда развитых стран, в том числе европейских, происходит переосмысление роли механической обработки почвы, ее назначения, функций и, в особенности, негативных последствий. В глобальном экологическом аспекте развитие почвообработки получило ярко выраженный процесс минимализации. Широкое применение в земледелии получают поверхностный, безотвальный чизельный, плоскорезный способы обработки почвы, позволяющие оптимизировать антропогенное воздействие на почву и обеспечивающие высокую продуктивность, и устойчивость агроэкосистем. Безотвальная обработка широко применяется в США, Канаде, Франции.

По данным В. В. Орлова, в Англии лишь 50 % озимых культур высевается по отвальной обработке почвы. Кроме безотвальной обработки на 15 % посевных площадей используется прямой посев, то есть нулевая обработка, и в будущем планируется довести этот прием до 25 % всех посевных площадей зерновых и кормовых культур.

1.4 Обработка почвы в Беларуси

Два-три последних десятилетия сельское хозяйство Беларуси, как и многих других стран, развивалось в направлении интенсификации преимущественно химико-технологичным путем. Это позволило удвоить потенциал плодородия пахотных почв и повысить в 2,8 раза урожайность сельскохозяйственных культур. В то же время в связи с экономическим кризисом произошло значительное уменьшение количества ежегодно вносимых органических и минеральных удобрений, что привело не только к снижению продуктивности сельскохозяйственных угодий на 30–40 %, но и к заметной потере потенциала плодородия почв. Процесс деградации плодородия

дия почв начал проявляться на 70 % пашни и 95 % луговых угодий.

К сожалению, проблема почвозащитной обработки почвы актуальна и для нашей республики, а опыт США в этой области может быть весьма поучительным. Существующая в Беларуси многооперационная обработка почвы, основанная на отвальной вспашке и многократных культивациях, не только не отвечает требованиям сегодняшнего дня, но и наносит большой ущерб в виде растущей деградации почв. Если в 1976 г. в республике было 2,1 млн га пахотных почв, подверженных водной и ветровой эрозии, то в настоящее время – 3,8 млн га (45 % пашни), и разрушение почвы продолжается, несмотря на проводимые защитные мероприятия.

Данные Белорусского НИГП «Институт почвоведения и агрохимии» свидетельствуют о том, что при зяблевой вспашке даже поперек склона с каждого гектара смывается 16 т почвы, в том числе около 200 кг гумуса, 5 кг фосфора, 6 кг калия (рис. 2).

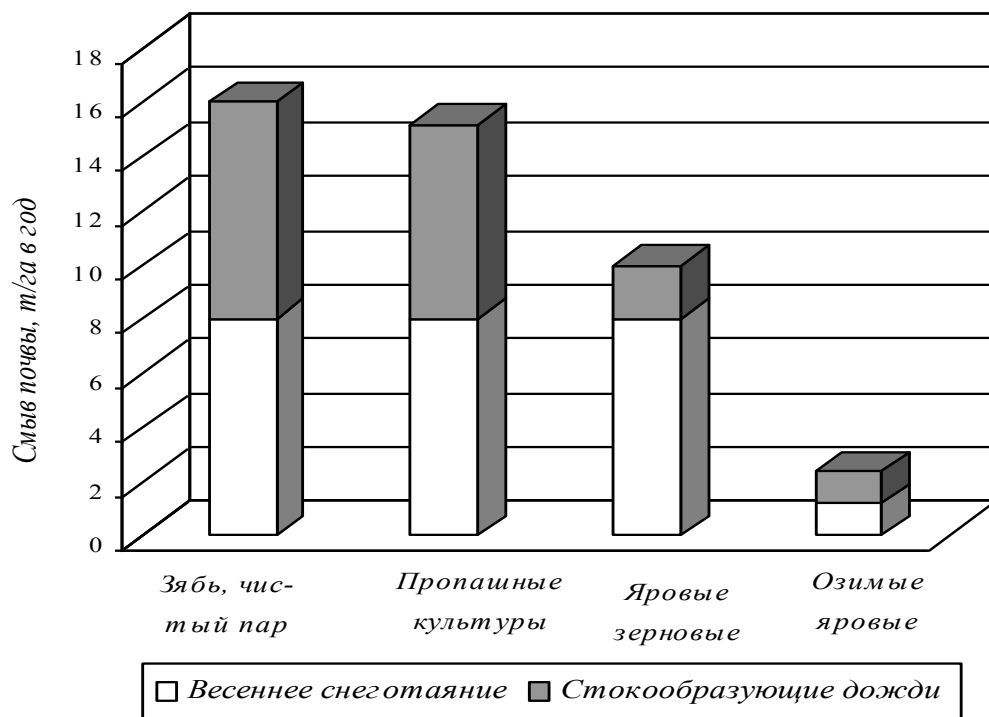


Рисунок 2 – Суммарный годовой смыв почвы и его распределение в зависимости от агрофона

Размеры суглинистых почв за 15–20 лет уменьшились на 935 тыс. га, а песча-

ных – возросли на 300 тыс.га. Площадь торфяников за указанный период сократилась на 350 тыс. га.

В совхозе «Х лет БССР» Любанского района, например, природа нарабатывала торфяники 10 тыс. лет. Когда совхоз начинал их осваивать, глубина торфяников составляла более 2 м. За 50 лет из 4 тыс. га торфяников осталось чуть больше тысячи. Остальное – песок. Каждый год на Белорусском Полесье смывается 30 млн т плодородной почвы и более 1 млн т уносится ветром.

Эффективность капиталовложений в сельскохозяйственное производство республики из года в год снижается, и причина этого – ежегодная вспашка с оборотом пласта. Кроме того, в настоящее время появилась опасность прямых убытков и потери устойчивости необходимых объемов сельскохозяйственного производства в нашей стране. Проблему почвозащитной обработки почвы уже необходимо рассматривать как общенациональную, требующую безотлагательного рассмотрения Правительством и общественностью республики. В нашей стране уровень эрозии почвы превышает предельно допустимый (2,0 т/га) и составляет 14–16 т/га, а по отдельным землепользователям абсолютные величины смыва почвы колеблются в широком диапазоне и достигают 100 т/га в год и более. Недобор урожая на таких почвах составляет в среднем 36 %. Кроме этого, ежегодная вспашка приводит к образованию плужной подошвы, что также является одной из причин снижения урожайности [51].

И. А. Голуб, Г. В. Симченков, Н. Г. Бачило и др. [198] отмечают возможность замены в условиях республики в севооборотах отвальной вспашки под зерновые культуры безотвальной обработкой дисковыми боронами, чизель-культиваторами, а на легких по гранулометрическому составу почвах – плоскорезами.

Недостаток способа обработки с оборотом пласта, по мнению В. И. Санковского, заключается в том, что плуг способствует обнажению земли. Почва – это живой объект, в нем происходят сложные биологические, физические и химические процессы. Механическая обработка с оборотом пласта – это глубокое вмешательство в жизнь почвы, вызывающее разрушение природного строения почвы, нарушение ее водного, воздушного, пищевого и теплового режимов. Лишение

почвы природной мульчи, распыление верхнего слоя создают предпосылки для усиления стока, эрозии, дефляции. Вследствие механической обработки происходит разрушение почвенных зооценозов, сокращение зоонаселения, разрушение ходов червей и корней, снижение способности к биологическому саморегулированию.

Одним из основных технологических приемов, оказывающих существенное влияние на реализацию потенциала продуктивности сельскохозяйственных культур, является обработка почвы. При правильной обработке в почве создаются оптимальные условия для физических и биологических процессов и, тем самым, повышается эффективность всех других агротехнических мероприятий. По мнению В. В. Ермоленкова, А. А. Шелюто и др. за счет обработки почвы формируется до 25 % урожая возделываемой культуры. Системы обработки, применяемые в сельском хозяйстве Беларуси и в зарубежных странах, различаются по интенсивности и характеру воздействия на почву. До сих пор традиционным способом основной обработки почвы в республике является отвальная вспашка, которая имеет целый ряд положительных и отрицательных сторон.

По мнению ряда авторов, проводивших исследования в разных регионах [79, 93, 120, 178], применение только одного способа основной обработки почвы в севообороте приводит к снижению почвенного плодородия, урожайности сельскохозяйственных культур и ухудшает экологию.

Для внедрения почвозащитной обработки почвы в Беларуси имеются все предпосылки. Проведено изучение безотвальных систем основной обработки во всех зонах республики на почвах различного гранулометрического состава. На супесчаных почвах Брестской сельскохозяйственной опытной станции и Гродненского зонального сельскохозяйственного института подтвердилась высокая эффективность чизельной обработки. Аналогичные данные получены и на среднесуглинистых почвах Витебской ГОСХОС.

Исследования Белорусского НИИ земледелия и кормов и широкая производственная проверка на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах показали целесообразность замены вспашки на безотвальную обработку. На окультуренных почвах, чистых от многолетних сорняков, вспашка была заменена дискованием тя-

желой бороной в два следа с разрывом во времени (по мере появления всходов сорняков) с последующей полупаровой обработкой, а урожайность зерновых была практически одинаковой как при 100 %-ных дисковых обработках и комбинированных (вспашка + дискование), так и при 100%-ной вспашке.

При замене вспашки чизелеванием в зерновом севообороте с предварительным лушением жнивья урожайность по вспашке составила: ячменя – 55,3 ц/га, озимой ржи – 44,0, овса – 39,5 ц/га, а по чизельной обработке, соответственно, 57,6; 44,2; 39,7 ц/га

1.5 Биологическая активность почвы как показатель эффективного плодородия при различных способах обработки почвы и видах удобрений

Чтобы понять причину снижения содержания гумуса и уменьшения плодородия почвы при вспашке, очень важно проследить поведение почвенной микрофлоры при различных способах обработки и удобрения почвы.

Почвенный и растительный ценозы следует рассматривать как систему, включающую в себя почвенную биоту, продукты ее жизнедеятельности, растительность. Однако до настоящего времени при изучении влияния отдельных агроприемов на почву основное внимание уделяется изменению ее физических и химических свойств, а биологические характеристики остаются вне поля зрения исследователей.

Многочисленные исследования [60, 61, 63, 74-77, 79, 91, 93, 141-144, 152, 153, 170-172, 175] указывают на тесную взаимосвязь между интенсивностью биологических процессов, составом и численностью микроорганизмов, а также содержанием органического вещества и биогенных элементов в почве. Почвенные микроорганизмы обладают мощным ферментативным аппаратом, выполняют многообразные функции в кругообороте всех биогенных элементов, участвуют в почвообразовании и поддержании почвенного плодородия. Поэтому биологическую активность почвы в этом случае следует рассматривать как одну из важнейших характеристик интенсивности микробиологических процессов.

По данным Т. В. Балаян [65], любое воздействие на почву значительно изменяет характер биологических процессов, протекающих в ней.

На биологическую активность почвы оказывают значительное влияние способы обработки и внесение различных видов удобрительных средств.

Внесение в почву удобрений не только улучшает питание растений, но и изменяет условия существования почвенных микроорганизмов, которые также нуждаются в минеральных элементах. На одном гектаре окультуренной почвы сухая масса микроорганизмов может достигать 6–9 ц. Поэтому в определенных условиях микрофлора почвы может выступать в роли конкурента растениям за доступные формы питательных веществ. Прямая конкуренция наиболее вероятна при низких концентрациях элементов питания в среде. Возможно, с фактором конкуренции связано то, что применение минеральных удобрений более эффективно на почвах с низкой биологической активностью [180, 185]. В то же время в литературе содержатся данные, свидетельствующие о положительном действии микрофлоры на поглощение ионов. Сообщается, что в присутствии микроорганизмов увеличивается количество железа, транспортируемого в побег проростков ячменя.

При благоприятных климатических условиях количество микроорганизмов и их активность после удобрения почвы значительно возрастают. Усиливается распад гумуса, а вследствие этого увеличивается мобилизация азота, фосфора и других элементов. Микроорганизмы почвы и ризосферы являются продуцентами витаминов, ферментов, антибиотиков и других физиологически активных веществ, а корневая система растений способна их усваивать [74, 93, 152].

Одной из острых проблем в аграрном секторе является ухудшение экологического состояния пахотных земель, загрязнение сельскохозяйственных угодий токсическими веществами, снижение почвенного плодородия вследствие резкого уменьшения объема применения органических и минеральных удобрений. Ингибируется жизнедеятельность большинства микроорганизмов, включая их ферментативную активность. Рекомендуется вносить оптимальные дозы органических удобрений, что повышает биохимическую и микробиологическую активность почв, быстрее снижает количество остаточной нефти и других поллютантов по сравнению с внесением одних минеральных удобрений [205, 214, 217, 239, 242, 246, 258, 269, 275, 279, 281, 282, 286, 289].

Обработка почвы, удобрения оказывают существенное влияние на качественный и количественный состав микрофлоры, поскольку микроорганизмы являются исключительно чуткими реагентами на изменения в окружающей среде. Величина биомассы микроорганизмов – важный показатель, определяющий как интенсивность круговорота веществ в экосистеме, так и направленность почвообразовательного процесса.

1.5.1 Состав, значение и особенности почвенной микрофлоры

Почвенную биоту составляют: почвенные бактерии, актиномицеты, почвенные грибы и водоросли, простейшие одноклеточные организмы, черви, мелкие животные. Почвенные организмы нуждаются в тех же условиях жизни, что и любые другие: вода, воздух, пища, тепло.

Почвенные бактерии составляют большую часть почвенной биоты. В одном грамме садовой почвы содержится от 0,5 до 2–3 млрд бактерий. В разложении органического вещества участвуют аэробные и анаэробные бактерии. Некоторые бактерии усваивают азот из воздуха, синтезируют богатые азотом органические соединения. Другие разлагают белки до аминокислот и аммиака, третьи переводят аммиак в нитратный азот, который поглощается растениями и используется для синтеза белка.

Актиномицеты занимают промежуточное положение между грибами и бактериями. Они выполняют важную функцию расщепления сложных, не поддающихся почвенным бактериям соединений (лигнин, пектин, целлюлоза) в растительных остатках. Их присутствие определяет свежий земляной запах здоровой плодородной почвы.

Актиномицеты являются неотъемлемой частью микробного комплекса почвы и составляют приблизительно четвертую часть от числа бактерий. По биомассе актиномицеты также составляют 20–30 % от общей биомассы бактерий. Они обладают уникальным сочетанием прокариотной организации клетки и свойств эукариотных мицелиальных грибов.

Распашка, окультуривание почвы, внесение удобрений, гербицидов вызывают

изменение сообщества актиномицетов, которые отличаются от комплекса актиномицетов природных экосистем. Если комплекс почвенных актиномицетов лесного биогеоценоза характеризуется наличием доминирующего рода *Streptomyces*, то в агроценозе с внесением минеральных удобрений кроме стрептомицетов к числу доминирующих относится и род *Micromonospora*, а среди стрептомицетов доминируют виды двух секций (*Cinereus*, *Albus*). Таким образом, исследования многих авторов (и наши исследования в том числе. – *Авт.*) свидетельствуют об изменении структуры комплекса почвенных актиномицетов и их численности под влиянием удобрений, обработки почвы путем смены доминантных родов и видов в сообществе [74-77, 93-107, 115, 136-138, 141-144, 152, 153, 170-172, 175-177, 185, 200, 219, 242, 259, 266, 267, 280, 285, 286].

Почвенные водоросли живут главным образом в верхних слоях почвы. Как и растения, они синтезируют органические вещества из углекислого газа. Водоросли за год могут синтезировать до 1,5 т/га органических веществ.

Почвенные грибы – одна из групп почвенной биоты. Они участвуют в разложении органических соединений, поглощают аммиак и другие летучие вещества, образующиеся в результате жизнедеятельности бактерий. Грибы, таким образом, предотвращают потерю почвой азота. Они участвуют в разложении почвенных минералов, высвобождая из них элементы питания для растений. Корни растений живут в тесном содружестве с почвенными грибами, которые образуют вокруг корней растений своеобразную оболочку из своих тел – корневую микоризу. Микориза питается выделениями корней, в которых содержатся органические кислоты, сахара, аминокислоты и т. д. В свою очередь, корни растений получают от микоризы растительные гормоны, элементы минерального питания.

Итак, в почвообразовательном процессе участвуют материнская порода, климат, растительность и разнообразные почвенные микроорганизмы.

Микроорганизмы имеют свои особенности и различия: морфологические, генетические, метаболические и т. д. Важной их особенностью является образование сообществ или ассоциаций между микробами и животными (биоценозы), между микробами и почвой (биогеоценозы).

Микробы могут находиться в состоянии *анабиоза*, когда они выживают, но не размножаются, *абиоза* – микроорганизмы погибают, *метабиоза* – микроорганизмы растут, развиваются и размножаются в среде обитания. В этом состоянии взаимоотношения между микробами могут быть симбиотическими или антибиотическими. При симбиозе может быть несколько видов взаимоотношений. Если один из ассоциантов живет за счет другого, не причиняя ему вреда, то такой способ сосуществования называется *комменсализм*. Примером может служить гриб пеницилл и кишечная палочка, вырабатывающая фермент пенициллиназу, которая гидролизует пенициллин до пеницилловой кислоты. Антибиотик при этом становится неактивным. Примером комменсализма является и взаимоотношение между анаэробными и аэробными микроорганизмами. При активном разложении растительных остатков в почве снижается концентрация кислорода, а углекислого газа – повышается, тогда в работу вступают анаэробные микроорганизмы. Рост и развитие анаэробов зависят от активности аэробов.

Если оба ассоцианта помогают друг другу, такие взаимоотношения называют *мутуализмом*. Примером могут служить лишайники и цианобактерии, микробы рубца жвачных животных, микрофлора кишечника человека и др.

Нейтрализм – ассоцианты не влияют друг на друга. Например, молочнокислые бактерии и молочнокислые стрептококки, которые в закваске для йогурта не изменяют рост друг друга по сравнению с их ростом в чистой культуре.

Паразитизм – один из ассоциантов живет за счет другого. Примером могут служить заболевания растений, животных, человека, вызываемые вирусами.

Примером антибиотических взаимоотношений могут быть молочнокислые кокки и бактерии, продуцирующие молочную кислоту, которые погибнут от избытка лактата. Сахаромицеты, производя в процессе брожения спирт, погибают от него, как только его концентрация достигает 15 %.

Микронаселение почвы может существенно меняться за счет технологических факторов. Вместе с навозом в почву вносится огромное количество полезных микроорганизмов. В одном грамме свежего коровяка их может быть от 960 млн до 2,6 млрд. Поэтому почвенное плодородие имеет прямо пропорциональную зависи-

мость от численности и активности микроорганизмов. На 1 м² в почве может быть от 300 г до 1 кг микроорганизмов, в зависимости от ее плодородия. Бактериальная масса пахотного слоя в зависимости от вида почвы колеблется в пределах от 1 до 9 т/га. Не меньшую массу составляет грибная флора. Масса простейших и насекомых достигает 2–3 т на 1 га, водорослей – 1–15 т/га. Вся эта огромная биомасса находится в непрерывном развитии: растет, размножается, стареет, отмирает и оказывает решающее влияние на формирование почв и их плодородие.

Основная масса микроорганизмов – аэробы и факультативные анаэробы. Они находятся, в основном, в верхних слоях почвы. облигатные анаэробы встречаются в нижних слоях. Глубоко в почве обнаруживаются грибы рода *Penicillium*, а представители рода *Mucor*, *Fuzarium*, *Trichoderma* населяют лишь верхний слой почвы. Однако применение минеральных удобрений, гербицидов, обработка почвы с оборотом пласта существенно меняют состав почвенной микрофлоры, и в этом плане почвенные микроорганизмы все еще изучены недостаточно, а их важная роль в почвообразовании и плодородии почвы только становится предметом пристального изучения ученых.

Изучением микробиологического режима почв занимались многие исследователи [74-77, 93-107, 115, 136-138, 141-144, 152, 153, 170-172, 175-177, 185, 200, 219, 242, 259, 266, 267, 280, 285, 286]. Поэтому очень важно изучить влияние отдельных агротехнических приемов на количественный и качественный состав микрофлоры, плодородие почвы в целом, чтобы установить причины отрицательного воздействия обработки почвы на производительность и устойчивость агроэкосистем и оптимизировать негативное антропогенное воздействие.

Беларусь подверглась радиоактивному загрязнению, в связи с чем, обработка почв и применение удобрений имеют значительную специфику, как и применение биологически активных препаратов, поэтому, эти процессы продолжают активно изучаться с учетом пререхода радионуклидов в хозяйственно-ценную растительность. Разрабатываются экоориентированные подходы к использованию радиоактивно-загрязненных территорий [54,55,59,71,72,80,-86,110,121,129,195,197, 215-288].

1.6 Заключение по обзору литературы

Технологии производства сельскохозяйственных культур должны соответствовать биосферным процессам, а не противоречить им. Исходя из рассмотренных литературных данных, нами предлагается следующее:

1. Стремление к закрытому производственному циклу (почва–растение–почва), чтобы предотвратить вымывание элементов питательных веществ из почвы в реки, озера, грунтовые воды. Не нарушать сложившийся круговорот веществ в биогеоценозе, а поддерживать его высокую биопродуктивность, разрабатывая новые технологии и приемы возделывания сельскохозяйственных культур в соответствии с биосферными процессами. Необходимо изучать природу, учиться у нее и действовать в соответствии с ее законами.

2. Агротехнические приемы возделывания сельскохозяйственных культур (обработка почвы, удобрение, севообороты, создание новых агроценозов и т. д.) должны быть направлены на сохранение, по возможности, естественных биоценозов и увеличение содержания лабильных и стабильных гумусовых веществ. Необходимо, чтобы почва находилась как можно больше под растительностью и работала на урожай, с наибольшей полнотой использовать вегетационный период.

3. Разработка и внедрение новых микробиологических технологий, которые активизировали бы работу полезных микроорганизмов, что будет способствовать ускоренному гумусообразованию, оздоровлению растений и природы в целом.

Разработка новых форм комплексных органоминеральных удобрений с биологическими добавками позволит повысить окупаемость прибавкой урожая, сократить потери азота и снизить содержание нитратов в продукции и грунтовых водах.

4. Изучение комплексной оценки воздействия средств защиты растений на агроценозы и почву по совокупности микробиологических и биохимических показателей. Полученные данные дадут возможность выбирать такие пестициды, которые быстро разлагаются микробными популяциями почвы; выявить скорость разложения в зависимости от применяемой дозы, структуры и конфигурации молекулы пестицида, типа почвы, температуры, состава микробных популяций и биологической

активности почвы.

5. Глубокое изучение ферментативной активности почвы в качестве объективного интегрального показателя суммарной биологической активности почвы, отражающего все сопряженно протекающие в ней биохимические процессы. Связь ферментативной активности почвы с системой агротехнических мероприятий, реакции на различные химические загрязнители и химические средства защиты растений.

6. Широкое применение и разработка новых гуминовых препаратов в сельском хозяйстве (из озерных сапропелей, вермикомпостов, торфа) и других регуляторов роста как эффективное средство регулирования роста и развития сельскохозяйственных культур и перспективное направление биологического воздействия на повышение продуктивности агроценозов.

7. Разработка новых технологий производства биопрепаратов по мобилизации фосфора, калия, азота; валовые запасы питательных веществ в почве, воздухе велики, но они недоступны для растений.

В подавляющем большинстве публикаций доказывалось, что сохранение эволюционно сложившегося круговорота веществ и энергии в биосфере является непременным условием благополучного развития любой цивилизации. Современная биосфера Земли испытывает не только деградацию отдельных компонентов, но и нарушение исторически сложившегося в природе круговорота веществ, все последствия которого трудно предсказать. Поэтому углубленное изучение трансформационной функции почв имеет большое значение для жизни и продуктивности биогеоценозов и агроценозов. Разработка данного вопроса во многом требует теоретического обобщения традиционных материалов, полученных при исследовании различных типов почв при сельскохозяйственном использовании.

Глава 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Программа исследований включает использование комплекса методов: микрополевого и полевого опытов, лабораторных и аналитических исследований [133].

2.1 Объекты и методика проведения исследований в Гродненской области

Исследования проводились на стационаре в зерно-травянопропашном севообороте.

Объекты исследований – системы удобрений (общепринятая и с экологической направленностью), биологические, агрохимические и агрофизические свойства почвы в севообороте, технологические процессы обработки почвы (вспашка на глубину пахотного слоя с последующей обработкой культиватором со стрельчатыми лапами, и обработка пахотного слоя дисками (бесплужная) в сочетании с предпосевной обработкой почвы агрегатом РВК-3,6).

Исследования проводились в двух закладках севооборотов со следующим чередованием культур:

1-ая закладка (1998-2003 г.г., 2005-2010 г.г.)

1. Пелюшко-овес + райграс однолетний
2. Картофель
3. Ячмень + клевер
4. Клевер 1 г.п.
5. Клевер 2 г.п.
6. Озимое тритикале + люпин пожнивно

2-ая закладка (1999-2004 гг., 2005-2010, 2009-2014 г.г.)

1. Пелюшко-овес + райграс однолетний
2. Картофель
3. Ячмень + клевер
4. Клевер 1г.п.

5. Клевер 2 г.п.

6. Озимое тритикале + люпин пожнивно

Внесение удобрений:

1-ая закладка

1. Контроль (без удобрений)

2. NPK

3. PK

4. NPK

5. Навоз

6. Навоз+ NPK

7. Навоз+ PK

8. Навоз+ NPK

2-ая закладка

1. Контроль (без удобрений) +Байкал-ЭМ1

2. NPK+ Байкал-ЭМ1

3. PK+ Байкал-ЭМ1

4. NPK+ Байкал-ЭМ1

5. Навоз + Байкал-ЭМ1

6. Навоз +NPK+ Байкал-ЭМ1

7. Навоз+PK+ Байкал-ЭМ1

8. Навоз+NPK+ Байкал-ЭМ1

Использованы следующие удобрения:

- Органические удобрения: подстилочный навоз.
- Минеральные удобрения: мочевины, двойной суперфосфат, хлористый калий.
- Микробиологические удобрения: препарат Байкал-ЭМ1 (2 раза за вегетацию: на озимом тритикале – с ранневесенней подкормкой азотными удобрениями и в фазу флагового листа, на клевере – в начале вегетации культуры и после первого укоса).

Опыт закладывали в соответствии с общепринятой методикой (Б.А. Доспехов, 1987). Размер делянок: $4 \times 10 = 40 \text{ м}^2$ (1-ой закладки), $4 \times 8 = 32 \text{ м}^2$ (2-ой закладки), повторность вариантов – четырехкратная.

После уборки пелюшко-овсяной смеси (сорт пелюшки Устьянская, овса – Эрбграф) в июле был проведен поукосный посев райграсса однолетнего, сорт – Иваницевский.

2.2 Объекты и методика проведения исследований в Могилевской области

Научно-исследовательская работа проводилась на полевом стационарном опыте, расположенном на территории землепользования СПК «Зарянский» Славгородского района Могилевской области.

Объектами исследований являлись дерново-подзолистые почвы разной степени увлажнения, сельскохозяйственные культуры.

Исследования действия биологически активных препаратов на урожайность и переход радионуклидов в сельскохозяйственные культуры проводились в звене севооборота в 2002-2012 г.г.:

1. пшеница яровая (сорт Иволга)
2. горох кормовой (пелюшка сорт Устьянская)
3. картофель (массовая репродукция)
4. овес (сорт Эрбграф)
5. эспарцет посевной (сорт Ковпацкий) 1 г.п.
6. эспарцет посевной (сорт Ковпацкий) 2 г.п.

Использованы следующие удобрения:

- Органические удобрения: подстилочный навоз.
- Минеральные удобрения: мочевины, двойной суперфосфат, хлористый калий.

Система обработки почвы перед посевом включала в себя следующие технологические операции – вспашка, ранневесенняя культивация для закрытия влаги и предпосевная обработка почвы АКШ-7,2. Далее возделывание культур проводилось в соответствии с действующими отраслевыми регламентами, внесение удобрений так же проводилось согласно действующим нормативам.

Микрополевой опыт, необходимый для исключения фактора «почвенной пестроты» из оценки эффективности действия изучаемых препаратов на снижение перехода радионуклидов из почвы в растение, заложен в сосудах без дна, размер деланки $0,15\text{ м}^2$. Схема микрополевого опыта включала 5 вариантов и приведена в таблице 5. Опыт был проведен на горохе кормовом и люпине, так как эти растения являются гипераккумуляторами радионуклидов.

Таблица 5 – Схема микрополевого опыта

№ варианта	Вариант опыта
1	Семена сухие (без обработки)
2	Семена, обработанные водой (контроль)
3	Семена обработанные Феномелан
4	Семена обработанные Байкал ЭМ-1
5	Семена, обработанные смесью Феномелан и Байкал ЭМ-1

Агрохимическая характеристика почвы для микрополевого опыта: pH в KCl – 6.9; гидролитическая кислотность – 0,46 м-экв / 100 г почвы; сумма обменных оснований – 26,2 м-экв. / 100 г почвы; емкость поглощения – 26,66 м-экв / 100 г почвы; степень насыщенности основаниями – 98%; содержание подвижного фосфора (P_2O_5) – 448 мг/кг; содержание подвижного калия (K_2O) – 212 мг/кг почвы.

Схема полевого опыта приведена в таблице 6. Повторность опытов 4-х кратная, размещение делянок рендомизированное. Общая площадь делянки полевого опыта составляла 20 м², учетная – 12 м².

Таблица 6 – Схема полевого опыта

№ варианта	Вариант опыта
1	Контроль (без обработок)
2	Предпосевная обработка семян препаратом Байкал ЭМ-1
3	Предпосевная обработка семян препаратами Байкал ЭМ-1+ Феномелан
4	Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1
5	Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1
6	Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1
7	Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1

Опыты по изучению влияния биологически активных препаратов на снижение перехода радионуклидов в лесную растительность проводились в 2008-2014 г.г. на территории Вепринского опытного лесничества в Чериковском районе Могилевской области (рис. 3).



Рисунок 3 – Экспериментальная площадка в момент отбора сопряженных проб лесной растительности и почвы

Схема проведения экспериментов включает: контрольный фон – без обработки биопрепаратами, и двукратное за вегетационный период опрыскивание растений на экспериментальных площадках биопрепаратами – «Байкал ЭМ-1», «Гидрогумат» и «Экосил» при двух уровнях радиоактивного загрязнения. Площадь делянки 25 м^2 ($5 \text{ м} \times 5 \text{ м}$), площадь варианта 75 м^2 , повторность трехкратная. Перед и после второй обработки биопрепаратами на указанных участках проведен отбор сопряженных проб растительности (травянистой и кустарничковой и почвы в виде монолитов) с каждого участка.

Проведены две обработки в год биопрепаратами «Гидрогумат», «Байкал - ЭМ1» и «Экосил» выбранных экспериментальных участков лесных экосистем методом равномерного мелкодисперсного опрыскивания растительности ручным пом-

повым опрыскивателем. Расход рабочей жидкости $20 \text{ см}^3/\text{м}^2$ (200 л/га). Дозы внесения препаратов определены в соответствии с рекомендациями разработчиков и результатами научных исследований по применению используемых препаратов для культурных ягодников: «Байкал - ЭМ1» – 0,5 мл/л, «Гидрогумат» - 0,6 мл/л, «Эко-сил» - 0,15 мл/л воды.

2.3 Методика проведения лабораторных и аналитических исследований.

Содержание ^{137}Cs в организме сельских жителей измеряли с помощью спектрометра излучения человека (СИЧ) типа СКГ-АТ1316, установленного в автомобиле ГАЗ-3221, который предназначен для измерения активности инкорпорированных гамма-излучающих радионуклидов во всем теле человека. Измерения проводились на основе «Методики выполнения измерений активности гамма-излучающих радионуклидов в теле человека с помощью спектрометра излучения человека СКГ-АТ1316», с использованием руководства по эксплуатации «Спектрометр излучения человека СКГ-АТ1316». Спектрометр обеспечивает точность измерения содержания ^{137}Cs в организме до 5 Бк/кг.

Удельная активность ^{137}Cs в почвенных и растительных образцах определена на гамма-бета спектрометре МКС-АТ1315 по методике МВИ. МН 1181-2007 [18].

Радиохимическое выделение ^{90}Sr проведено по МВИ. МН 1932-2003 [19] с погрешностью не более 20 %. Определение удельной активности ^{90}Sr (Бк/кг) почвы и растений выполнено на гамма-спектрометрическом комплексе «Canberra-Packard» с погрешностью не более 30 %.

Для оценки радиационной безопасности леса рассчитывался агрегированный показатель – D_l , учитывающий такие частные показатели как близость леса к населенному пункту, его размеры (участки небольших размеров, небольшой или крупный массив леса) и плотность загрязнения ^{137}Cs его отдельных кварталов. Агрегирование частных показателей проводилось с использованием мультипликативной свертки:

$$D_l = \sqrt[n]{\mu_1^{\alpha_1} * \dots * \mu_n^{\alpha_n}} \quad (1)$$

где, μ_i - оценка (значение функции принадлежности) частных показателей, из которых складывалась общая оценка радиационной безопасности леса;

a_i – весовые коэффициенты частных факторов.

Функции принадлежности (μ_i) возрастают от 0 до 1 по мере уменьшения влияния частных показателей на величину дозы внутреннего облучения населения. Так, например, значение частного показателя «плотность загрязнения» (μ_2) изменяется от 0 (при плотности загрязнения выше 1480 кБк/м²) до 1 (при плотности до 37,0 кБк/м²).

Величина D_l также принимает значения от 0 до 1, причем 1 – это наименьшее влияние на величину дозы (лес на расстоянии более 4 км от населенного пункта, в виде небольших участков, плотность загрязнения ¹³⁷Cs не превышает 37,0 кБк/м²), 0 – наибольшее влияние (лес в непосредственной близости от населенного пункта, крупный лесной массив, плотность загрязнения ¹³⁷Cs отдельных кварталов превышает 1480,0 кБк/м²). Для проведения расчетов использовались данные, приведенные в приложениях Б-И.

Для количественной оценки поступления ¹³⁷Cs из почвы в растения рассчитывались коэффициент пропорциональности (перехода) (K_n) и коэффициент накопления (K_H) по следующим формулам (2 и 3):

$$K_n = \frac{U_{Am.n.}}{II}, \quad (2)$$

где $U_{Am.n.}$ – удельная активность товарной продукции при стандартной влажности, Бк/кг, II – плотность радиоактивного загрязнения почвы, кБк/м²;

$$K_H = \frac{U_{Am.n.}}{U_{Апочвы}}, \quad (3)$$

где $U_{Am.n.}$ – удельная активность товарной продукции при стандартной влажности, Бк/кг, $U_{Апочвы}$ – удельная активность абсолютно сухой почвы, Бк/кг.

Подготовка проб почвы и растительных образцов к анализу производилась по общепринятым методикам. Для почвенных проб определены основные агрохимические и агрофизические характеристики по общепринятым методикам: соединения азота в почве по ГОСТ 27753.7-88 и 27753.8-88, pH_{KCl} – по ГОСТ 26483-85, подвиж-

ный фосфор и калий – по ГОСТ 26207-91; обменный кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре AAS-30 (ГОСТ 26487-85), сумма поглощенных оснований – по ГОСТ 27821-88, агрегатный состав по методу Н.И.Савинова, плотность, общую и некапиллярную пористость почвы (методом насыщения в патронах), влажность почвы (весовым методом) [1-3, 20-24, 199]. Засоренность посевов определялась количественным методом.

Определение в растениях общего азота, жира, клетчатки, протеина, углеводов, фосфора, калия, кальция и магния соответствует методикам определения этих элементов в кормах и комбикормах, комбикормовом сырье: азот и сырой протеин определялись по ГОСТ 13496.4-93, нитраты определялись по ГОСТ 13496.19-86, содержание фосфора по ГОСТ 26657-97, сырая клетчатка по ГОСТ 13496.2-91, сырой жир по ГОСТ 13496.15-97, влага определялась по ГОСТ 27548-97, растворимые и легкогидролизуемые углеводы определялись по ГОСТ 26176-91; содержание магния определялось атомно-адсорбционным методом по ГОСТ 30502-97, концентрация калия определялась пламенно-фотометрический методом по ГОСТ 30504-97, количество кальция определялось по ГОСТ 26570-95, содержание железа и кобальта по ГОСТ 27998-88 и СТБ 1079-97, концентрация меди по ГОСТ 27995-88, концентрация цинка по ГОСТ 27996-88, концентрацию марганца определяли по ГОСТ 27997-88 [4-17, 25].

Массу корневых и пожнивных остатков изучали методом отбора монолитов [133]. Монолиты отбирались в двукратной повторности с каждого варианта опыта из двух несмежных повторений. После отмывки от почвы растительные остатки разделялись на следующие три группы: стерню, жнивье, разложившиеся и полуразложившиеся корни.

Проводились микробиологические исследования: количественный учет почвенных грибов, бактерий и актиномицетов; целлюлозоразлагающую способность почвы определяли по потере массы фильтровальной бумаги, зашитой в мешочки из стеклотканей и помещенной в почву на глубину пахотного слоя.

Для определения численности микроорганизмов в почве применяли метод учета их на твердых питательных средах. Почву отбирали в 10 местах с каждой де-

лянки с помощью почвенного бура. После тщательного перемешивания, удаления корешков и других посторонних включений отбирали средний образец в 10 г и переносили в колбу с 90 мл стерильной водопроводной воды. Взбалтывали 15 минут. Готовили разведения 1:1000 для посева грибов на среду Чапека (глубинным способом), актиномицетов на крахмалоаммиачный агар (КАА) и 1:10000 – бактерий аммонификаторов на мясопептонный агар (МПА). Высевали по 1 мл при посеве грибов и по 0,05 мл соответствующего разведения при посеве актиномицетов и бактерий на две параллельные чашки. Учет бактерий проводили через двое суток, актиномицетов и грибов через 7 суток. Учет количества микроорганизмов вели в пересчете на 1 г почвы.

Численность и биомассу бактерий, длину грибного мицелия и его биомассу (без массы грибных спор) определяли прямыми методами флуоресцентной микроскопии с использованием темнокрашенных поликарбонатных мембранных фильтров Nucleopor Black с диаметром пор 0,2 мкм для бактерий и 0,8 мкм для грибов. Фильтры для учета бактерий окрашивали акридином оранжевым, а фильтры для учета грибов – красителем FITC (флуоресцин-5-изотиоцианат).

Учеты проводились в 30 полях зрения стандартной для этого метода сетки, вставленной в окуляр. Пересчеты длины мицелия грибов и численности бактериальных клеток проводили по общепринятым методикам. Все анализы выполнены в свежих почвенных образцах, расчеты сделаны на абсолютно сухую почву. Грибную биомассу определяли, принимая вес одного миллиметра мицелия равным $1,1 \times 10^{-6}$ г. Для расчета биомассы бактерий вес одной бактериальной клетки считали равным 4×10^{-14} г. Анализ природного разнообразия почвенных микроорганизмов проводили на основе методов их обнаружения, выделения, культивирования и идентификации.

Активность каталазы в почве определялась газометрическим методом в модификации А. И. Ермакова: 5 грамм просеянной воздушно-сухой почвы помещались в коническую колбу на 250 мл, добавлялся 1 г CaCO_3 и 50 мл воды. На дно колбы ставился стаканчик с 10 мл 3% перекиси водорода. Реакционный сосуд закрывался каучуковой пробкой, которая, в свою очередь, соединялась с измерительной трубкой, сообщающейся со стеклянной грушей и заполненной подкрашенной 5% серной кис-

лотой. Перед началом анализа уровень жидкости в измерительной трубке устанавливался на нулевой отметке. С началом отсчёта стаканчик с перекисью водорода в реакционном сосуде опрокидывался. В течении 45 секунд содержимое сосуда перемешивалось вращательными движениями. Отсчёт выделившегося кислорода производился через 1, 2, 4, 6, 8 и 10 минут. В качестве контроля с целью определения остаточной активности использовалась простерилизованная в автоклаве почва. Результаты приводились в мл выделившегося кислорода на 1 грамм почвы.

Активность полифенолоксидазы определялась фотометрическим методом по окислению пирокатехина. 5 грамм почвы в присутствии буфера помещалось в мерную колбу на 50 мл, к ней добавлялся 1 мл 1% раствора пирокатехина и содержимое колбы доводилось до метки фосфатным буфером (рН 7,4). После встряхивания колбы помещались на 20 минут в термостат при температуре 30 °С, после чего реакционная смесь фильтровалась. Фильтрат фотоколориметрировался на аппарате «СПЕКОЛ» при длине волны 420 нм и синем светофильтре. Сравнением служил фильтрат почвы без добавления пирокатехина. В качестве контроля использовалась простерилизованная в автоклаве почва. Полученные данные переводились в единицы оптической плотности на 1 грамм почвы в минуту.

Определение нитрифицирующей способности почвы проводилось по методу Кравкова С.П. в модификации Почвенного института. 10 грамм почвы помещались в стеклянный стаканчик, увлажнялись до 60% от капиллярной влагоёмкости. Стаканчики в течение 7 суток находились в термостате при 28 °С. Почва периодически увлажнялась. После этого к почве добавлялось 40 мл 1% алюмокалиевых квасцов и проводилось определение содержания образовавшихся нитратов на иономере с использованием ионоселективного электрода. Полученные результаты переводились в содержание иона NO_3^- , мг/кг почвы.

Для учета фауны пробы лесной подстилки и гумусового горизонта разбирали вручную под бинокулярной лупой при 16-кратном увеличении. Для выделения скрытой мезо- и микрофауны их прогревали в течение суток по методу термоградиентной экстракции [117]. Определение живой массы беспозвоночных проводилось после обездвиживания их парами эфира путем взвешивания на аналитических весах.

Беспозвоночных идентифицировали по определителям Н.В. Бондаренко и А.Ф. Глущенко, А.И. Ильинского и «Определителю вредных и полезных насекомых и клещей однолетних и многолетних трав и зернобобовых культур в СССР».

Сравнение структуры сообществ в контрольной и обработанной биопрепаратами почве проводилось по экологическим индексам.

Фенологические наблюдения: начальная фаза развития растений определялась при наличии ее у 10% растений, а полная фаза – у 75%.

Уборка урожая, учет выхода основной и побочной продукции велась общепринятыми методами.

Математическая и статистическая обработка результатов исследования [133-134], построение графиков осуществляется на персональном компьютере с помощью пакетов прикладных программ. Результаты дисперсионного анализа приведены в приложении А.

В процессе исследований использовались нормативные материалы, результаты ранее проведенных научных изысканий.

ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Экологопедосферные и агрохимические показатели полевых экспериментов

3.1.1 Характеристика почв экспериментальных участков Гродненской области

Полевые опыты проводились на опытном поле ГГАУ, почва которого дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на супесях связных, подстилаемых с глубины 40-60 см моренным суглинком. Гранулометрический состав почв показан в таблице 7, агрохимические показатели представлены в таблице 8.

Участки характеризуются выровненным рельефом. Для более полной оценки почвы опытных полей нами были заложены почвенные разрезы, описание которых представлено ниже.

Почвенный разрез 1 (поле 1)

Ап 0-25 см	<i>Пахотный горизонт</i> светло-серый, крупно-пылеватая связная супесь, крупно-комковатая непрочная структура, свежий, рыхлый, переход четкий, граница ровная
А ₂ 25-56 см	<i>Подзолистый горизонт</i> светло-желтый с затеками гумуса, связанная песчанистая супесь с мелкими валунчиками, влажный, уплотненный, переход постепенный, граница неровная
А ₂ В ₁ 56-92 см	<i>Подзолисто иллювиальный горизонт</i> светло-бурый с белесыми затеками, средний суглинок, прочная ореховатая структура, уплотненный, переход ясный, граница неровная
В ₂ 92-150 см	<i>Иллювиальный горизонт</i> светло-бурый, моренный средний суглинок с большим количеством мелких валунчиков, структура ореховатая, плотный, влажный

Почвенный разрез 2 (поле 2)

Ап 0-25 см	<i>Пахотный горизонт</i> светло-серый, крупно-пылеватая связная супесь, крупно-комковатая непрочная структура, свежий, рыхлый, переход четкий, граница ровная
A ₂ 25-45 см	<i>Подзолистый горизонт</i> светло-желтый, песчанистая рыхлая супесь, влажный, уплотненный, переход неровный, постепенный
A ₂ B _g 45-52 см	<i>Переходный горизонт</i> белесо-желтый с бурыми пятнами, песчанистая рыхлая супесь с признаками оглеения сверху, граница неровная, переход постепенный
B _{ig} 52-70 см	<i>Иллювиальный горизонт</i> светло-бурый с белесыми прослойками песка, легкий суглинок с признаками оглеения, рыхлый, ореховатая структура-переход ясный, граница ровная
B ₂ 70-150 см	<i>Иллювиальный горизонт</i> светло-бурый, моренный средний суглинок с прослойками песка, структура ореховатая, плотный, влажный

По результатам анализа гранулометрического состава (табл.8) пахотный горизонт опытных полей 1 и 2 содержит 18,3-17,4 % физической глины, 81,7-82,6% физического песка и. в соответствии с принятой классификацией, относится к супе-си связной.

Таблица 7 – Гранулометрический состав почв, содержание в % к весу сухой почвы

Гори- зонт	Глубина, см	Размер фракций (частиц) в мм и их количество в % на сухую почву									
		хрящ	гравий	песок			пыль			физи- ческая глина	ил
				крупный	средний	мелкий	крупная	средняя	мелкая		
		>3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,01	<0,00 1
Разрез № 1											
Ап	5-20	-	-	4,3	15,7	47,4	14,3	7,5	6,5	18,3	4,3
A ₂	35-45	-	-	4,8	16,2	49,7	14,7	8,0	5,9	17,6	3,7
B ₁	65-75	-	-	2,1	18,9	54,6	15,0	15,2	12,8	37,4	9,4
B ₂	100-110	-	-	2,8	19,5	51,2	16,0	14,8	10,2	36,5	11,5

Продолжение таблицы 7

Разрез № 2											
Ап	5-20	-	-	4,6	18,5	40,4	19,1	8,0	5,9	17,4	3,5
A ₂	35-45	-	-	2,1	20,4	43,4	17,6	7,9	6,0	16,5	2,9
A ₂ B _{ig}	45-52	-	-	1,8	25	45	13,4	5,0	5,6	14,8	4,2
B _{1g}	65-75	-	-	4,2	21,8	38,2	12,2	15,3	6,2	23,6	2,1
B ₂	100-110	-	-	2,0	20	43	12,4	13,1	8,0	22,6	1,5

Подзолистый горизонт также представлен связной супесью, переходящей с глубиной в средний моренный суглинок.

Таблица 8 – Агрохимическая характеристика почвенных разрезов

Горизонт	Глубина отбора образца,	Агрохимические показатели						
		Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	pH _{KCL}	Hг, м-экв/100 г	S, м-экв/100 г	V, %
Разрез № 1								
Ап	5-20	1,94	396	129	6,27	0,7	16,2	96
A ₂	35-45	0,51	15	8	6,30	0,7	6,4	90
B ₁	65-75		7	8	5,74	0,7	5,7	89
B ₂	100-110		11	10	5,46	0,7	7,4	91
Разрез № 2								
Ап	5-20	1,8	470	87	6,1	1,1	5,0	82
A ₂	35-45	0,5	17	9	6,0	1,5	6,0	80
A ₂ Bg	45-52		8	8	5,8	0,9	2,6	79
B ₁ g	65-75		10	8	5,7	0,9	2,85	76
B ₂	100-110		10	10	5,7	0,9	2,7	75

Примечание: pH_{KCL} – обменная кислотность; Н – гидролитическая кислотность; Ca⁺⁺ – кальций; Mg⁺⁺ – магний; S – сумма поглощенных оснований; Т – емкость поглощения; V – степень насыщенности основаниями; Hг – гумус; P₂O₅ – подвижный фосфор; K₂O – обменный калий.

Почва опытных полей 1 и 2 характеризуется высоким содержанием подвижного фосфора, оптимальной реакцией среды, высокой степенью насыщенности основаниями, т.е. обладает достаточно высоким уровнем окультуренности (табл. 9).

Общеизвестно, что деятельность человека представляет мощный фактор, оказывающий многостороннее влияние на свойства любой почвы, а так же на характер почвообразовательного процесса. В то же время целинные почвы, не подвергающиеся антропогенному воздействию, являются природными саморегулирующими системами. В связи с этим, мы в самом общем случае должны рассматривать почву как биологический реактор, в котором почвенные организмы функционируют в слож-

ной и далеко не инертной абиотической среде (Панников Н.Е., Ельцев В.Т., 1989). Чтобы понять природу почвенных процессов, а тем более прогнозировать их динамику и регулировать в интересах земледельца, требуется изучение тех изменений, которые происходят в целинной почве при ее освоении и дальнейшем использовании в сельском хозяйстве. Поэтому вполне актуальным в этом плане является необходимость изучения биологической активности целинного аналога, а так же его агрохимических характеристик. В связи с этим был подобран целинный аналог, на котором был заложен почвенный разрез № 3.

Почвенный разрез 3

(целинный аналог, лес широколиственно-сосновый
орляково-зеленомошно-кисличный)

А ₀ 0-3 см	Лесная подстилка, хвойный, травянисто-моховый опад
А ₁ 4-11 см	<i>Перегнойно-аккумулятивный горизонт</i> темный, песчанистая связная супесь, рыхлый, мелкокомковатый, обильно пронизан корнями деревьев, свежий, переход заметный, неровный
А ₂ 12-47 см	<i>Подзолистый горизонт</i> светло-желтый, песчанистая рыхлая супесь, непрочная структура, свежий обильно пронизан корнями, переход постепенный размытый
В _{1g} 48-73 см	<i>Иллювиальный горизонт</i> бурый с белесыми прослойками, легкий моренный суглинок с отдельными валунчиками, с признаками оглеения, ореховатая структура, свежий, переход заметный, неровный
В ₂ 74-160 см	<i>Иллювиальный горизонт</i> светло-бурый, моренный суглинок с редкими прослойками песка, структура ореховатая, плотный, влажный

Основываясь на результатах таблиц 9-10, и в соответствии с принятой классификацией, почву целинного аналога можно определить как дерново-подзолистую супесчаную, развивающуюся на песчанистой связной супеси, оглеенной на контакте, подстилаемой суглинком.

Таблица 9 – Гранулометрический состав почвы целинного аналога,

содержание в % к весу сухой почвы

Горизонт	Глубина, см	Размер фракций (частиц) в мм и их количество в % на сухую почву									
		хрящ	гравий	Песок			пыль			физическая глина	ил
				крупный	средний	мелкий	крупная	средняя	мелкая		
		>3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,01	<0,001
A ₁ 2-10	3-8	-	-	3,1	25,9	23,8	31	7,9	4,5	16,2	3,8
A ₂ 11-33	20-30	-	-	1,5	25	24,5	34,5	9,8	2,5	14,5	3,0
Big 34-70	50-60	-	-	4,2	12,3	29,7	25,3	15,0	6,4	28,5	7,0
B ₂ 71-110	100-110	-	-	5,1	18,6	26,3	20,4	17,0	3,2	29,3	9,0

Таблица 10 – Агрохимическая характеристика почвы целинного аналога

Горизонт	Глубина от- бора образ- ца, см	Агрохимические показатели						
		Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	pH _{KCL}	Нг, м-экв /100 г почвы	S, м-экв /100г почвы	V, %
A ₁	3-8	1,66	25	45	4,64	6,6	7,1	48
A ₂	20-30	0,55	13	25	4,42	3,2	5,4	37
Big	50-60		20	40	4,18	5,8	7,4	44
B ₂	100-110		122	20	4,59	6,2	8,1	46

Подводя итог вышесказанному, мы можем констатировать, что подобранный целинный аналог по своим показателям достаточно близок к той почве, которая является объектом наших исследований.

3.1.2 Характеристика почв экспериментальных участков

Могилевской области

Почвы опытных участков сельскохозяйственного землепользования:

1) дерново-подзолистая супесчаная автоморфная почва на водноледниковых рыхлых супесях, подстилаемых песками с глубины 0,3 м и моренными связными супесями с глубины 0,7 м;

2) дерново-подзолистая полугидроморфная глееватая супесчаная почва на водноледниковых рыхлых супесях, подстилаемых песками с глубины 0,3 м.

На рисунке 4 представлены почвенные разрезы опытных участков, на которых проводилась научно-исследовательская работа. Описание исследуемых почв, приведенное ниже, позволяет судить об особенностях их морфологического строения.

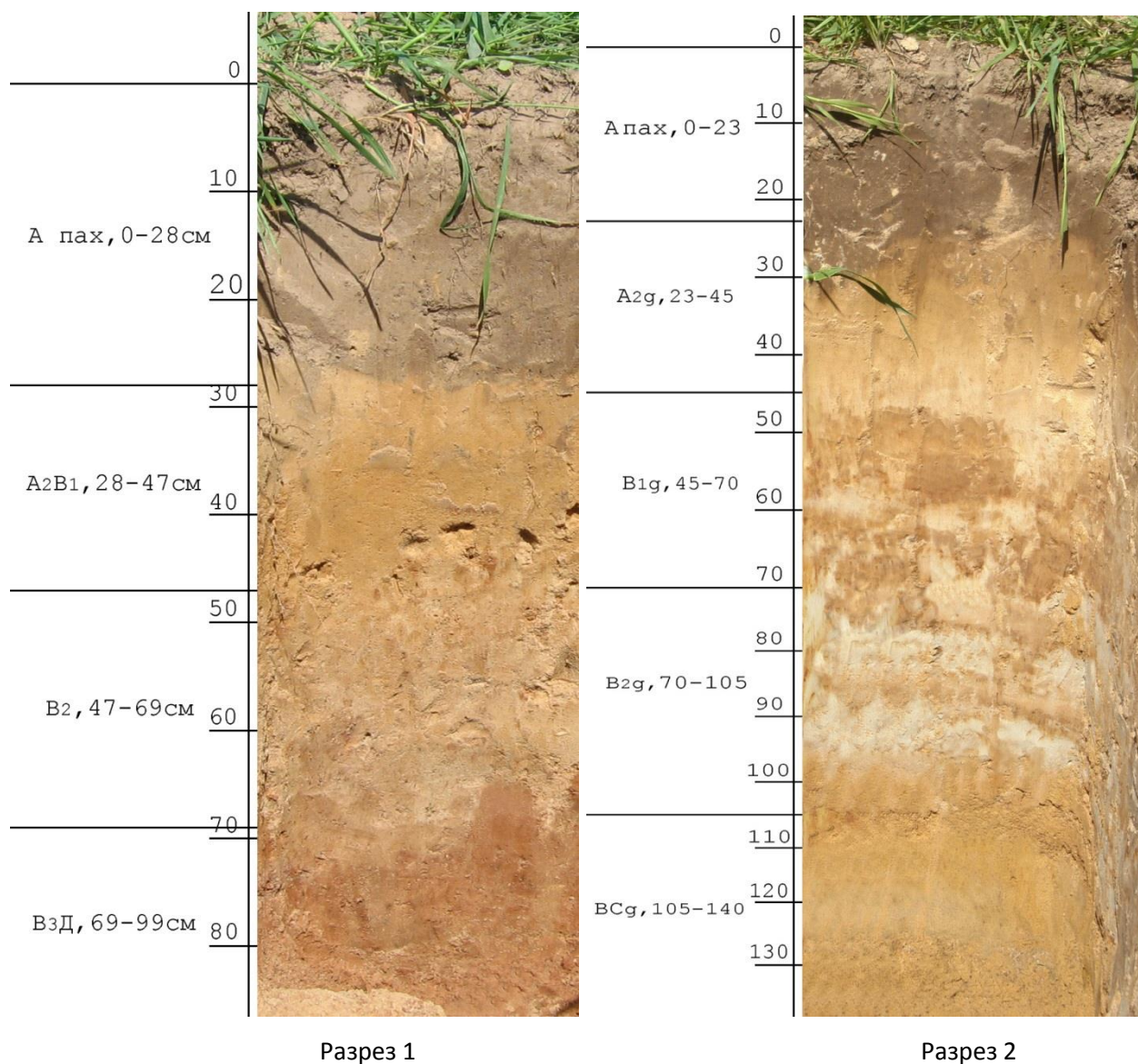


Рисунок 4 – Почвы опытных участков

Разрез 1. Почва – дерново-подзолистая супесчаная автоморфная на водноледниковых рыхлых супесях, подстилаемых песками с глубины 0,3 м и моренными связными супесям с глубины 0,7 м. Пашня

А пах, 0-28 см	<i>Пахотный горизонт</i> светло-серый, сухой, бесструктурный, слабо уплотнен, мелкие корни, переход в горизонт А ₂ В ₁ ясный, супесь рыхлая.
А ₂ В ₁ , 28-47 см	<i>Иллювиально-подзолистый горизонт</i> белесо-желтый, сухой, бесструктурный, рыхлый, мелкие камни, переход в горизонт В ₂ постепенный, песок связный.
В ₂ , 47-69 см	<i>Иллювиальный горизонт</i> желтый с буроватым оттенком, слабо уплотнен, сухой, бесструктурный, мелкие камни, переход в горизонт В ₃ Д резкий, неровный, песок связный.
В ₃ Д, 69-99 см	<i>Подстилающая порода</i> , красно-бурый, плотный, сухой, глыбистый, мелкие и средние камни, моренная связная супесь.

Разрез 2. Почва – дерново-подзолистая глееватая супесчаная на водноледниковых рыхлых супесях, подстилаемых песками с глубины 0,3 м. Пашня.

А пах, 0-23 см	<i>Пахотный горизонт</i> светло-серый, свежий, слабо уплотнен, непрочно-комковатой структуры, корни, переход в горизонт А _{2g} ясный, супесь рыхлая.
А _{2g} , 23-45 см	<i>Подзолистый горизонт</i> сизо-белесый, влажный, бесструктурный, пятна оглеения (40%), ржаво-охристые пятна железа, переход в горизонт В _{1g} постепенный, песок рыхлый.
В _{1g} , 45-70 см	<i>Иллювиальный горизонт</i> сизо-желтый, влажный, бесструктурный, пятна оглеения (60%), песок связный
В _{2g} , 70-105 см	<i>Иллювиальный горизонт</i> желто-сизый, влажный, бесструктурный, слабо уплотнен, переход в горизонт ВС _g ясный, песок связный.
ВС _g , 105-140 см	<i>Переходный горизонт</i> сизо-желтый, влажный, рыхлый, бесструктурный, песок рыхлый.

Данные по гранулометрическому составу представлены в таблице 11. Из приведенных данных видно, что содержание частиц физической глины (менее 0,01 мм) в пахотном горизонте составляет 10,6-11,9%.

Таблица 11 – Гранулометрический состав почв опытных участков

Горизонт	Глубина, см	Размер фракций (частиц) в мм и их количество в % на сухую почву									
		хрящ	гравий	песок			пыль			физическая глина	ил
				крупный	средний	мелкий	крупная	средняя	мелкая		
		>3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,01	<0,001
Автоморфная почва											
A _{пах}	0-28	-	1,2	2,0	9,9	52,7	23,6	4,3	2,5	10,6	3,8
A _{2B₁}	28-47	0,8	3,0	1,9	5,8	74,7	8,2	2,0	1,5	5,6	2,1
B ₂	47-69	1,0	3,2	3,8	19,2	58,5	8,4	1,7	1,6	5,9	2,6
B _{3Д}	69-99	0,6	1,8	3,9	17,6	53,3	7,0	0,9	1,0	15,8	13,9
Полугидроморфная глееватая почва											
A _{пах}	0-23	-	0,6	3,0	8,9	65,7	9,9	3,4	3,8	11,9	4,7
A _{2г}	23-45	-	1,0	2,0	10,9	76,0	5,8	0,5	0,9	4,3	2,9
B _{1г}	45-70	-	-	-	8,0	68,1	14,8	1,2	4,9	9,1	3,0
B _{2г}	70-105	-	-	-	-	62,3	29,1	0,5	0,2	8,6	7,9
BC _г	105-140	-	1,0	5,9	26,7	58,6	3,3	0,3	0,2	4,5	4,0

Таблица 12 – Агрохимические свойства почв опытных участков

Гори- зонт	Глубина, см	Виды анализов и содержание веществ*									
		pH _{KCl}	в м-эвк на 100 г почвы					%		в мг/кг почвы	
			Н	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	T	V	Hm	P ₂ O ₅	K ₂ O
Автоморфная почва											
A _{пах}	0-28	5,93	2,2	3,2	1,1	3,3	5,5	60	2,1	218	173
A ₂ B ₁	28-47	5,3	0,9	1,2	0,7	1,9	2,8	68	0,2	103	71
B ₂	47-69	5,25	0,6	1,1	0,6	1,7	2,3	74	0,2	8	12
B ₃ Д	69-99	4,1	1,9	3,4	0,6	4,0	5,9	68	0,2	6	12
Полугидроморфная глееватая почва											
A _{пах}	0-23	6,30	0,5	4,9	2,2	7,1	7,6	93	2,3	117	210
A _{2g}	23-45	6,8	0,3	1,7	0,7	2,4	2,7	89	0,2	16	10
B _{1g}	45-70	5,85	0,7	2,4	0,9	3,3	4,0	82	0,2	21	18
B _{2g}	70-105	4,0	2,5	1,4	0,7	2,1	4,6	46	0,2	42	33
BC _g	105-140	4,35	1,5	1,2	0,6	1,8	3,3	54	0,2	148	61

* - pH_{KCl} – обменная кислотность; Н – гидролитическая кислотность; Ca⁺⁺ – кальций; Mg⁺⁺ – магний; S – сумма поглощенных оснований; Т – емкость поглощения; V – степень насыщенности основаниями; Hm – гумус; P₂O₅ – подвижный фосфор; K₂O – подвижный калий.

Исходя из этого, почвы опытных участков по гранулометрическому составу относятся к рыхлосупесчаным. По содержанию физической глины почвы имеют неоднородный состав профиля. Максимальное содержание ее наблюдается в горизон-

тах В₃Д (разрез 1) и в В₂г (разрез 2). В пахотном горизонте содержание илистой фракции составляет 3,8 и 4,7% для разрезов 1 и 2 соответственно. Максимальное содержание ила отмечается в иллювиальном горизонте.

Данные агрохимических анализов (табл. 12) свидетельствуют, что почвы имеют кислую (разрез 1) и близкую к нейтральной реакцию среды (разрез 2). С глубиной степень кислотности увеличивается. Гидролитическая кислотность колеблется от 0,3 до 2,2 м-экв./100 г почвы. Сумма обменных оснований в пахотном горизонте почв составляет 3,3-7,1 м-экв./100 г почвы; степень насыщенности основаниями – 60-93%.

В глубину почвенного профиля по генетическим горизонтам разреза содержание подвижных форм фосфатов и обменного калия снижается. Значительное содержание подвижных форм фосфатов и обменного калия отмечается в горизонтах А₂В₁ и ВС_г. Почвы опытных участков незначительно отличаются по содержанию и характеру распределения гумуса по почвенному профилю. Содержание гумуса в пахотном горизонте колеблется от 2,1 до 2,3%. В горизонте А₂ содержание его снижается до 0,2%. Гранулометрический состав и агрохимические свойства почв соответствуют зональным условиям почвообразования, имеют четко выраженную дифференциацию почвенного профиля и относятся к типу дерново-подзолистых.

Плотность загрязнения ¹³⁷Cs на опытных делянках составляла в среднем по почвам опытных участков: на автоморфной – 14,5 Ки/км² (537 кБк/м²), на полугидроморфной глееватой – 13,3 Ки/км² (492 кБк/м²).

Эксперимент по оценке влияния биологически активных препаратов на переход радиоцезия в лесную растительность нижнего яруса проводился на территории Чериковского района, расположенного в непосредственной близости от Славгородского района, разделяемых рекой Сож. Чериковский район Могилевской области (рисунок 5) – один из наиболее радиоактивно загрязненных районов Беларуси, где остро стоит проблема радиоактивного загрязнения продукции леса. Был сделан подбор репрезентативных сообществ, расположенных на территориях с различной плотностью радиоактивного загрязнения по одному при уровне загрязнения 74-185 кБк/м² (3-й выдел 64-го лесного квартала Вепринского лесничества) и 185-555 кБк/м² (9-й

выдел 65-го лесного квартала Вепринского лесничества) в Чериковском районе Могилевской области (рис. 6), на территории которых заложены экспериментальные площадки.

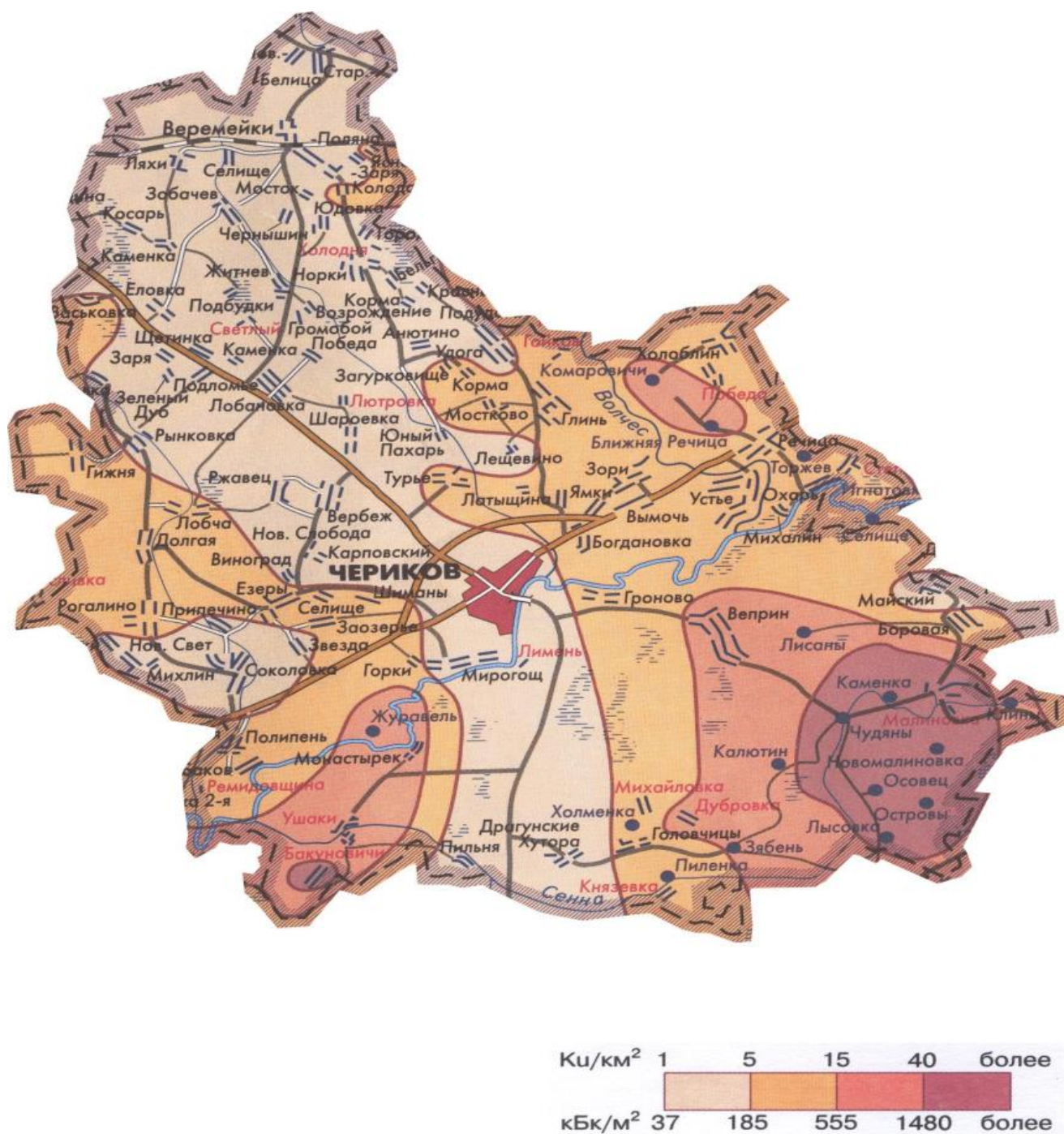


Рисунок 5 – Картосхема загрязнения территории Чериковского района ^{137}Cs

Они помечены на карте зеленым цветом, кварталы обведены малиновым. В среднем по кварталу №64 плотность загрязнения составляет $85,1 \text{ кБк/м}^2$, по кварталу №65 – $392,2 \text{ кБк/м}^2$.

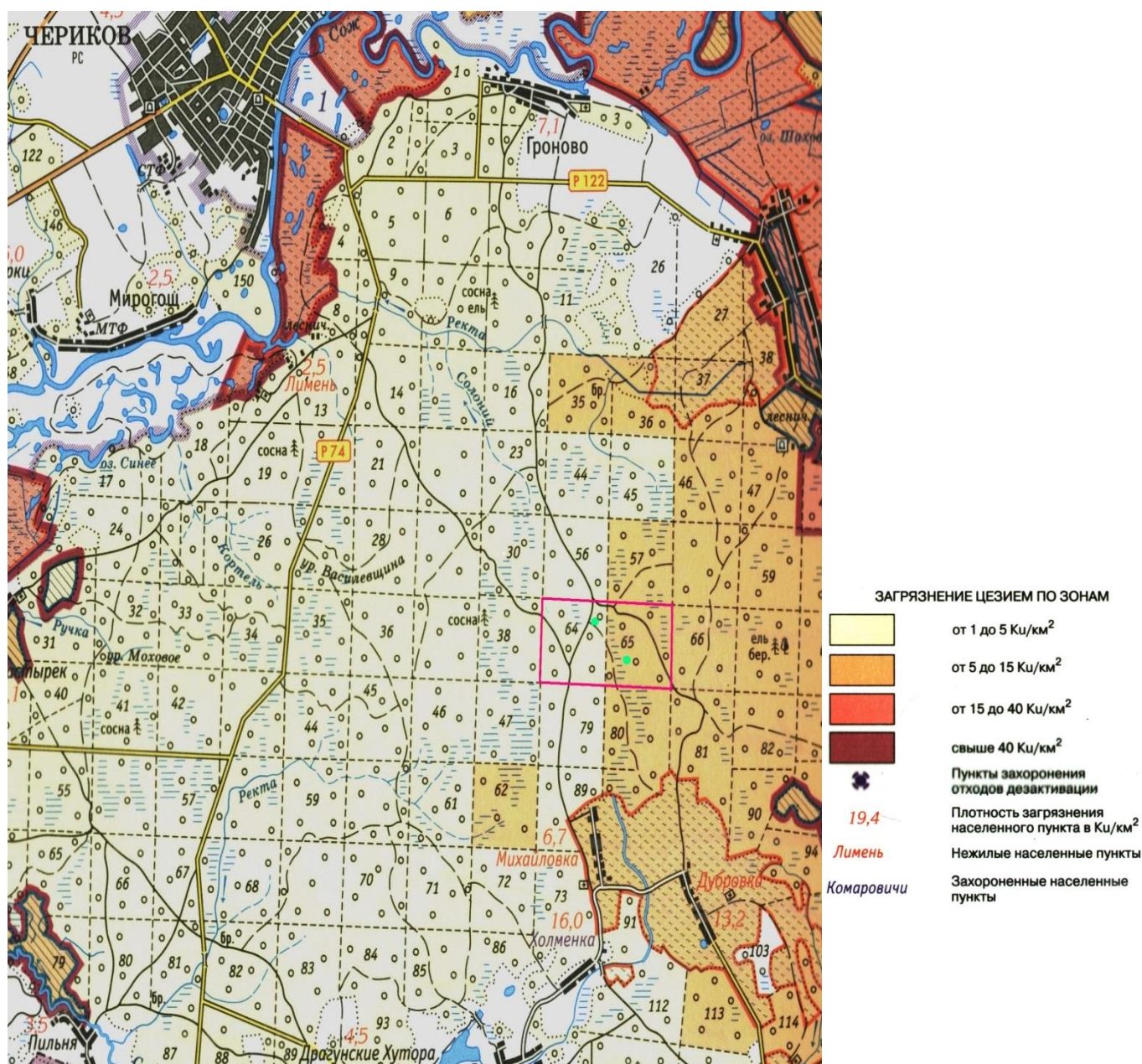


Рисунок 6 – Картосхема расположения экспериментальных площадок

Площадки размещались на территориях не имеющих признаков оглеения для исключения влияния фактора переувлажнения на результаты эксперимента. Нами также были проведены обследования почв лесных экспериментальных площадок.

Почвы обеих площадок не имеют значимых различий по морфологии и типу эдафотопы и относятся к автоморфному типу. Сделан почвенный разрез, полученные данные представлены ниже.

Почвенный разрез (лес смешанный, березняк чернично-вересково-разнотравный)

А ₀ 0-4 см	<i>Лесная подстилка</i> , листовенно-травяной опад
А ₁ 5-12 см	<i>Перегнойно-аккумулятивный горизонт</i> темный, песчанистая связная супесь, рыхлый, мелкокомковатый, обильно пронизан корнями и корневищами, свежий, переход заметный, неровный
А ₂ 13-46 см	<i>Подзолистый горизонт</i> белесо-желтый, песчанистая рыхлая супесь, непрочная структура, мелкие камни, свежий, обильно пронизан корнями, переход постепенный размытый
В ₂ 47-71 см	<i>Иллювиальный горизонт</i> желтый с буроватым оттенком с белесыми прослойками, супесь связная, слабо уплотнен, бесструктурный, мелкие камни, свежий, переход в горизонт В ₃ Д резкий, неровный
В ₃ Д 72-103 см	<i>Подстилающая порода</i> , красно-бурый, плотный, сухой, глыбистый, мелкие и средние камни, моренная связная супесь

Основываясь на результатах таблиц 13-14, и в соответствии с принятой классификацией, лесную почву можно определить, как дерново-подзолистую супесчаную, развивающуюся на песчанистой связной супеси.

Таблица 13 – Гранулометрический состав лесной почвы

Горизонт	Глубина, см	Размер фракций (частиц) в мм и их количество в % на сухую почву									
		хрящ >3	гравий 3-1	песок			пыль			физическая глина <0,01	ил <0,001
				крупный 1-0,5	средний 0,5-0,25	мелкий 0,25-0,05	крупная 0,05-0,01	средняя 0,01-0,005	мелкая 0,005-0,001		
А ₀ 0-4 см	1-3	-	-	3,3	24,7	25,8	33,1	5,7	3,5	17,2	4,1
А ₁ 5-12 см	6-10	0,7	2,7	1,9	5,3	75,1	9,5	2,1	1,9	5,3	2,1
А ₂ 13-46 см	14-45	1,1	3,3	4,1	19,1	57,7	7,9	1,3	1,8	6,1	2,3
В ₂ 47-71 см	50-70	0,7	1,9	4,1	18,7	54,1	8,1	1,1	0,9	16,1	14,3
В ₃ Д 72-103 см	75-100	0,6	2,1	4,2	17,7	52,9	7,3	0,9	1,0	15,7	13,9

Таблица 14 – Агрохимическая характеристика лесной почвы

Генетический горизонт	Глубина отбора образца, см	Агрохимические показатели						
		Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	pH _{KCl}	Нг, м-экв /100 г почвы	S, м-экв /100г почвы	V, %
A ₀	1-3	1,47	37	43	4,71	2,3	3,2	49
A ₁	6-10	0,61	19	35	4,37	1,4	2,1	38
A ₂	14-45		11	13	4,11	0,9	1,9	47
B ₂	50-70		8	12	4,13	0,9	1,9	48
B ₃ D	75-100		6	12	4,10	0,8	3,8	45

* - pH_{KCl} – обменная кислотность; Нг – гидролитическая кислотность; S – сумма поглощенных оснований; Т – емкость поглощения; V – степень насыщенности основаниями; P₂O₅ – подвижный фосфор; K₂O – подвижный калий.

3.2 Эколого-климатические условия проведения полевых экспериментов

Территория Республики Беларусь относится к климатической зоне умеренного климата. Географическое положение региона обуславливает величину прихода солнечной радиации и характер циркуляции атмосферы. Сумма радиационного баланса за год – 1500-1600 МДж/м². Годовая сумма суммарной солнечной радиации – 3600-38000 МДж/м². Число дней с осадками достигает в среднем 90-110 дней. Наибольшее количество осадков выпадает в виде дождя и приходится на летний период. В зимний период средняя скорость ветра составляет 4,0 м/с, атмосферное давление 1018,0-1018,5 гПа, в июле средняя скорость ветра 3,0 м/с, атмосферное давление 1012,5-1013,0 гПа. Важное практическое значение имеет оценка степени насыщения воздуха водяным паром. Для Беларуси характерна повышенная влажность воздуха в течение всего года. Максимальных значений относительная влажность воздуха достигает в холодное время года, минимальных – в весенний период. Снежный покров снижает температуру воздуха и повышает его влажность и влажность почвы. Средняя максимальная высота снежного покрова за зиму составляет 36 см, в отдельные годы до 50 см. Образование устойчивого снежного покрова в среднем происходит в первой неделе декабря, а разрушение – в конце марта. Число дней со снежным покровом достигает 135. Вероятность зим без устойчивого снежного покрова около 2%.

На данной территории встречаются неблагоприятные метеорологические явления: среднее количество суток с метелицей за год – 25, максимальное – 52, коли-

чество дней с туманом в среднем за год колеблется от 30 до 40 дней, с грозой – от 25 до 30, максимальное количество дней с градом – 5. За год в среднем бывает 15-20 суток с гололедно-инеевыми явлениями.

С учетом агроклиматических ресурсов в Беларуси выделяют три агроклиматические области:

1. Северную- умеренно-влажную;
2. Центральную- теплую умеренно-влажную;
3. Южную-теплую и неустойчиво влажную, объединяющую в себе пять физико-географических провинций (Белорусско-Валдайского поозерья, Западно-Белорусскую, Восточно-Белорусскую, Предполесскую и Полесскую) [116, 192].

Одним из главных агроклиматических показателей является влагообеспеченность, которая оценивается условным показателем увлажнения – гидротермическим коэффициентом Г.Т. Селянинова (ГТК).

Гидротермический коэффициент по региону исследований изменяется от 1,45 до 1,5, т.е. в среднем вегетационный период оценивается как умеренно влажный.

3.2.1 Эколого-климатические условия проведения экспериментов в Гродненской области

Гродненская область расположена на северо-западе республики. Климат ее характеризуется как умеренно-континентальный, влажный с мягкой зимой и прохладным летом. Западные ветры, приносящие влагу с Атлантического океана, оказывают большое влияние на формирования климата. Согласно многолетним наблюдениям, в районе возвышенностей осадков выпадает больше, чем на равнинах и понижениях. Годовой же ход количества осадков почти одинаков по всей территории Беларуси: максимум приходится на июль и август, минимум – на январь и февраль. Среднегодовая норма осадков – около 600 мм. В особенно влажные годы количество их может достигать 1000 мм, а в наиболее сухие – около 400 мм и менее. Засушливые годы на территории республики повторяются значительно реже влажных. Основная масса осадков (70-72%) выпадает в теплое время года. Однако, несмотря на достаточное увлажнение территории республики, начало лета, как правило, бывает

засушливым. Данные за 2004 г. не представлены, т.к. в этот год опыты не проводились и опытные участки находились под паром.

На рисунках 7 – 9 представлены данные по температурному режиму за годы проведения экспериментов (по данным Гродненского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды).

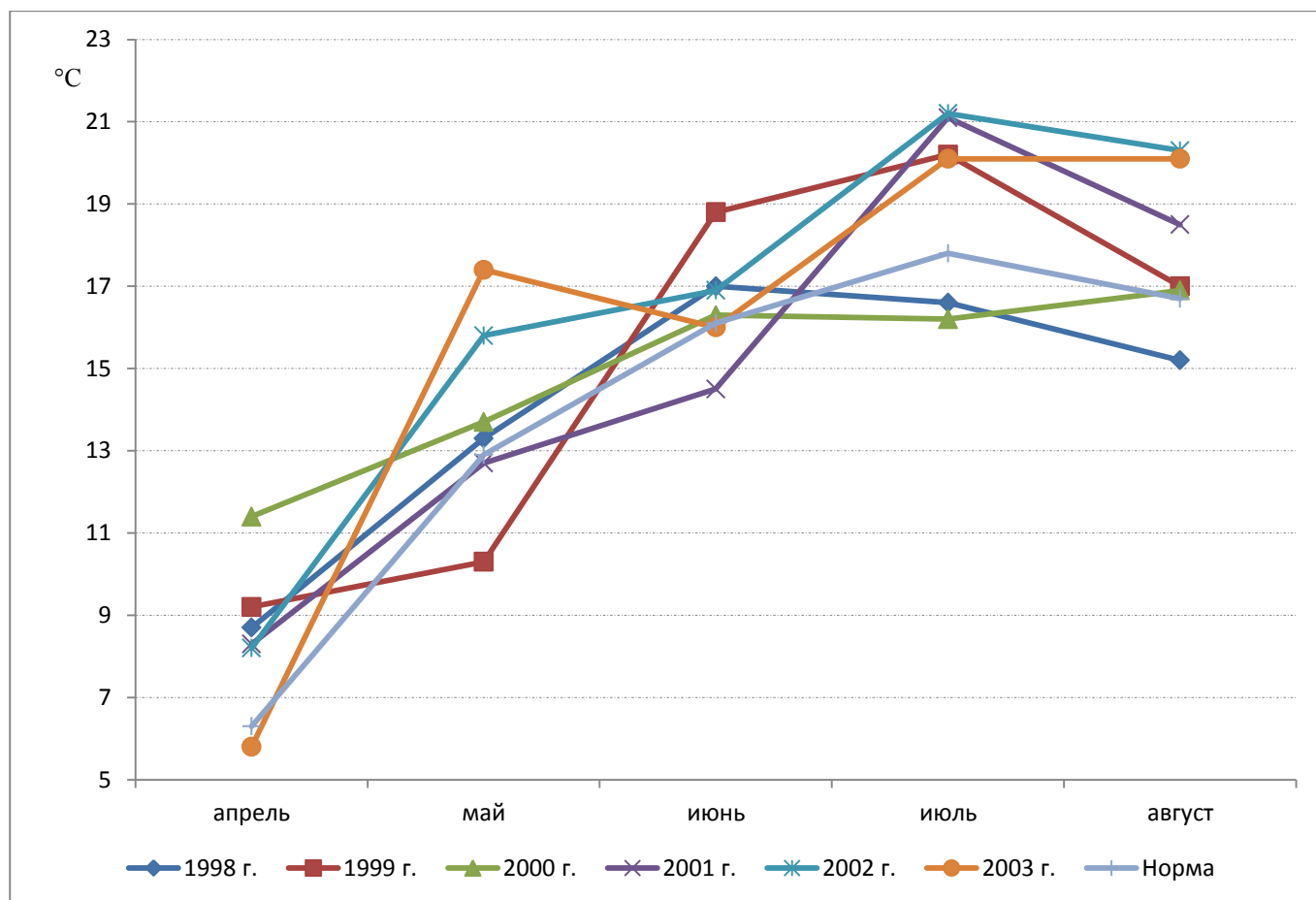


Рисунок 7 – Среднесуточная температура воздуха в течение периода вегетации 1998-2003гг.

Как показано на рисунках, температурный режим по годам варьировал относительно средних многолетних температур, при этом наблюдался значительный разброс показателей по месяцам и по декадам. По температурному режиму апрель, май, июнь 1998 г. превосходил среднюю многолетнюю норму, а в последующие месяцы (июль, август, сентябрь) температура была несколько ниже нормы. Относительно жарким выдалось лето 1999 года. Средняя температура в конце мая, июня, июля была на несколько градусов выше средней многолетней. Июнь, август 2000

года были несколько холоднее 1999г., но близки к средним многолетним показателям.

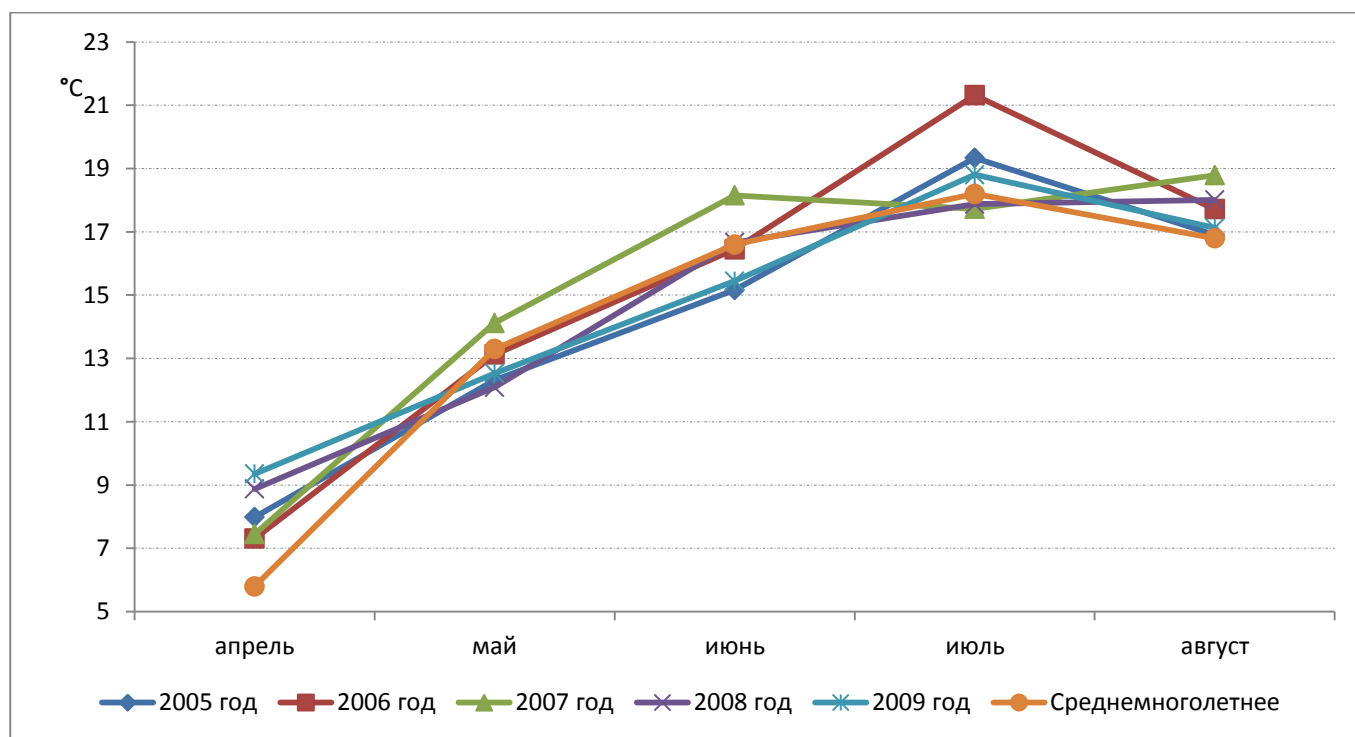


Рисунок 8 – Среднесуточная температура воздуха в течение периода вегетации 2005-2009 гг.

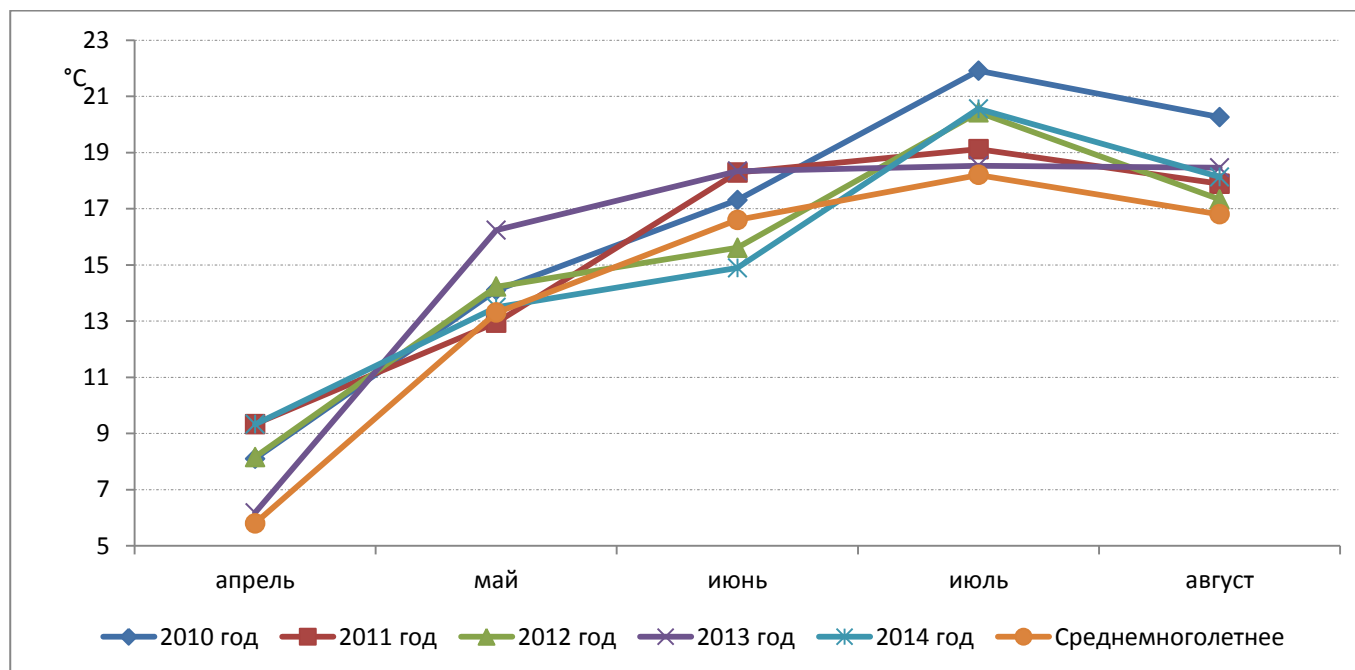


Рисунок 9 – Среднесуточная температура воздуха в течение периода вегетации 2010-2014 гг.

Температура воздуха в 2001 году в мае-июне была близка к среднемуголетней, а в июле-августе - выше на несколько градусов и в сентябре равнялась средней многолетней. Май – июнь 2002 года по температуре был жарким и превышал средние многолетние показатели на 3,1 и 2,4 градуса соответственно.

При этом наблюдалась устойчивая тенденция повышения температур в июле-августе в 1999, 2001-2003, 2005, 2006, 2009 – 2014 г.г. За исключением 1999, 2003 и 2013 г.г. температурный режим в апреле был выше среднемуголетних значений. Таким образом, оценивая показатели температурного режима, следует отметить, что в целом, он был благоприятным для возделывания сельскохозяйственных культур.

На рисунках 10 – 12 представлена информация по осадкам за годы проведения экспериментов (по данным Гродненского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды).

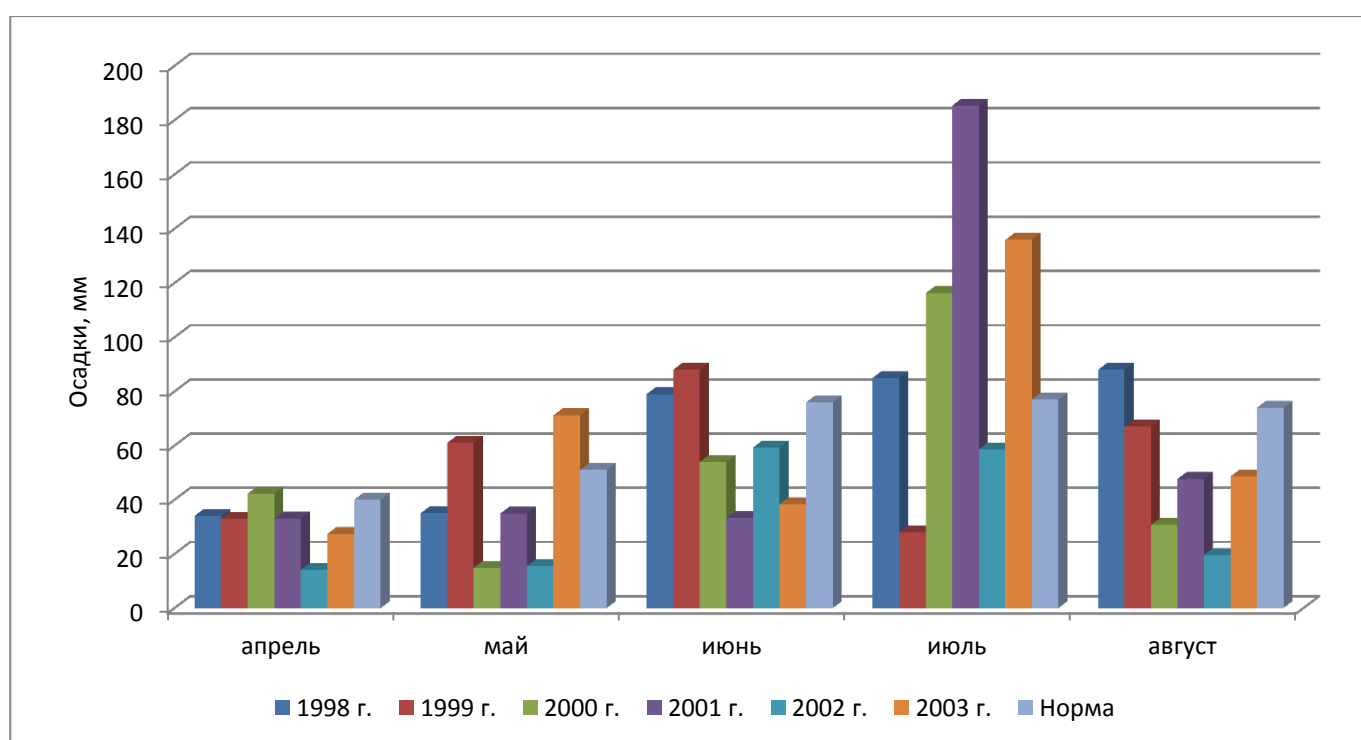


Рисунок 10 – Среднемесячная сумма осадков в течение периода вегетации 1998-2003 г.г.

Следует отметить, что погодные условия по годам исследований значительно отличались между собой и по условиям увлажнения.

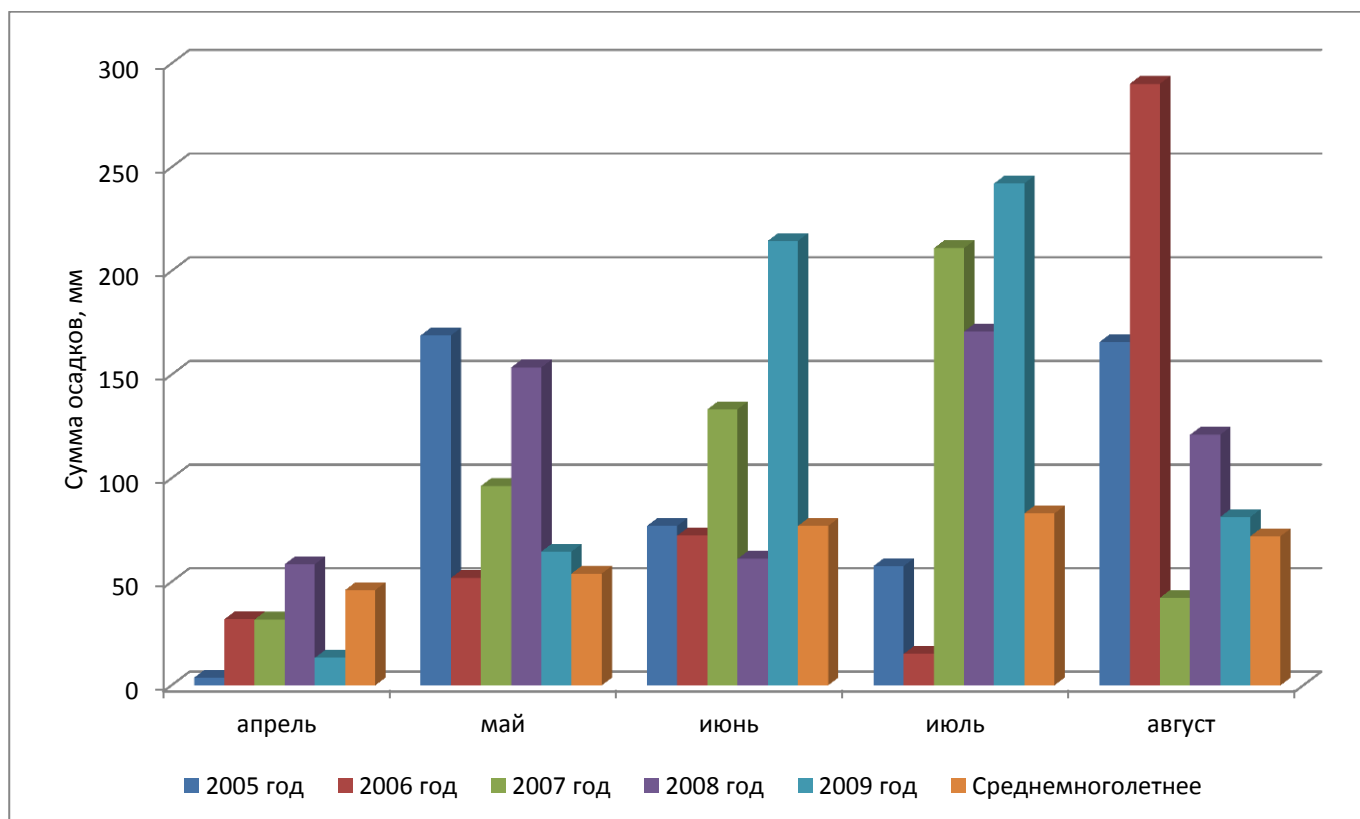


Рисунок 11 – Среднемесячная сумма осадков в течение периода вегетации
2005-2009 г.г.

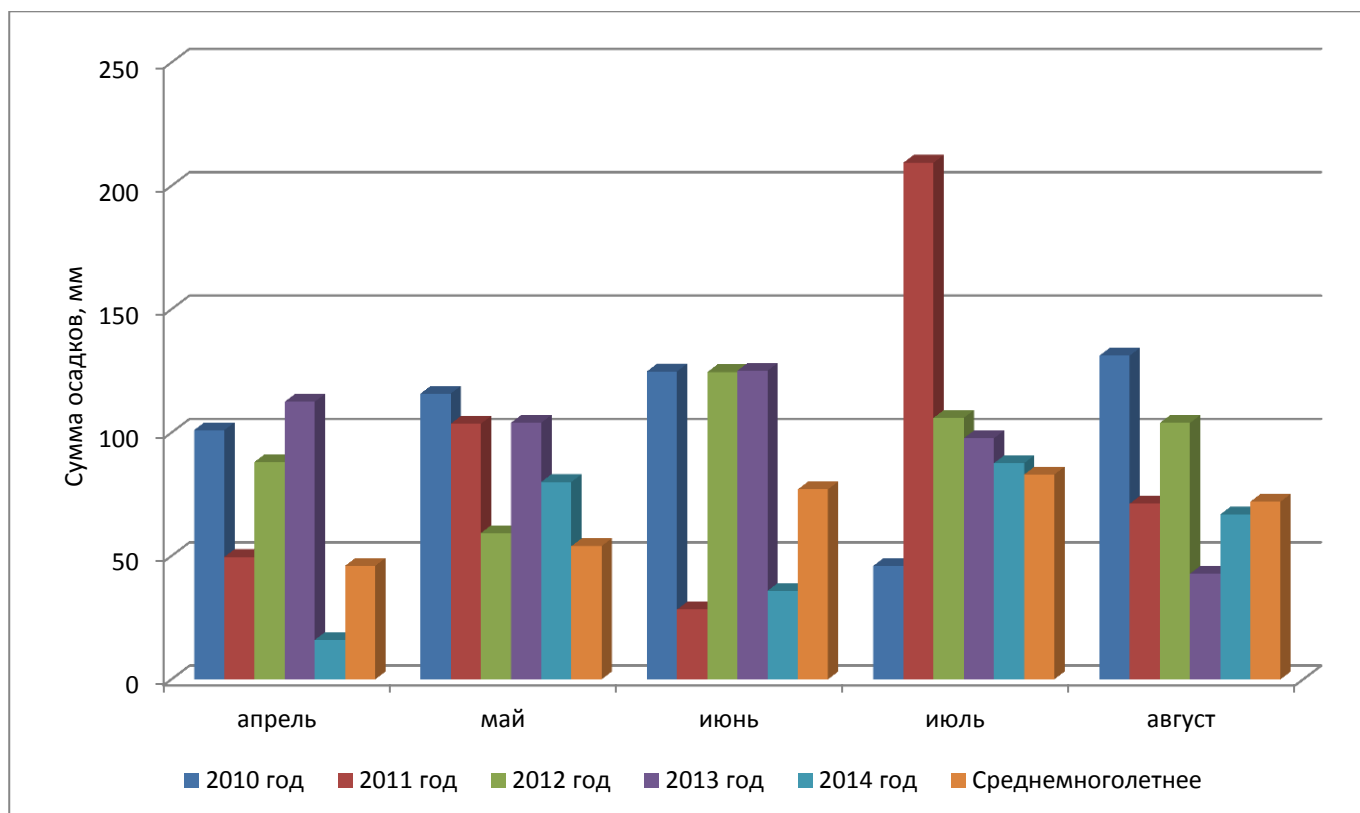


Рисунок 12 – Среднемесячная сумма осадков в течение периода вегетации
2010-2014 г.г.

За период вегетации наблюдалось значительное варьирование количества осадков. Апрель 1998-99, 2001-2007 г.г. отличался устойчивой засушливостью, по сравнению с данными многолетних наблюдений. Май, за исключением 2000 и 2002 годов, отличался избыточным количеством осадков, в основном из-за грозových ливней. Летние месяцы значительно варьировали по годам, и зачастую наблюдалось значительное превышение норм осадков. В основном эти превышения норм связаны с грозами, приходившими при смене погодных фронтов, что связано с балтийской розой ветров данного региона и периодическим приходом средиземноморских антициклонов, приносящих устойчивую сухую погоду.

Значения гидротермических коэффициентов Г.Т. Селянинова демонстрируют значительную пестроту климатических условий проведения экспериментов.

Таблица 15 – Гидротермические коэффициенты Г.Т. Селянинова

Год	Гидротермический коэффициент (ГТК)
1998	1,4
1999	1,0
2000	1,0
2001	1,4
2002	0,7
2003	1,4
2005	1,7
2006	2,0
2007	2,3
2008	2,5
2009	3,0
2010	1,9
2011	1,9
2012	1,9
2013	1,7
2014	1,3
По средним многолетним данным	1,5

Исходя из представленных в таблице 15 значений, наиболее засушливым являлся 2002 год, 2006-2012 г.г. можно охарактеризовать как переувлажненные, но в

основном повышенные суммы осадков связаны с ливневыми дождями, что с учетом эдафотопических условий экспериментальных участков не приводило к вымочкам и застою вод на опытных полях. Наиболее благоприятными годами экспериментов являлись 1998, 2001, 2003, 2005 г.г.

Климатические условия проведения экспериментов в Гродненской области в целом были благоприятными для возделывания сельскохозяйственных культур и являлись типичными для данного региона.

3.2.2 Эколого-климатические условия проведения экспериментов в Могилевской области

Климат Могилевской области – умеренно-континентальный с хорошо выраженными сезонами: весна со снегопадами в начале сезона и поздними заморозками в конце; лето сравнительно теплое и влажное; осень с ранними заморозками, часто пасмурная и дождливая; зима умеренно холодная с постоянным снежным покровом, значительным промерзанием почвы, с регулярными оттепелями. В течение вегетации сельскохозяйственных культур нередки засушливые периоды с повышенной температурой и низким количеством выпавших осадков.

Южная часть Могилевской области, где проводились исследования, относится к территории Чечерского физико-географического района. Климатические условия района проявляют более выраженный, чем в западной и северной частях области, континентальный характер. Среднегодовые температуры находятся в пределах +5,4...+5,7 °С. За год выпадает 600-620 мм осадков. Длительность вегетационного периода составляет 187-188 суток. Сумма активных температур воздуха выше 10 °С составляет 2300-2400 °С. Гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК) по региону исследований изменяется от 1,45 до 1,5, т.е. в среднем вегетационный период оценивается как умеренно влажный.

По данным Славгородского районного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, ближайшего к месту исследований пункта агрометеорологических наблюдений, метеорологические условия вегетационных периодов 2002-2014 гг. исследований различались как по температуре воздуха, так и по коли-

честву и равномерности выпавших осадков (рисунки 13-18). Наиболее близкая к среднемноголетнему значению среднесуточная температура воздуха за период активной вегетации культур (апрель-август) наблюдалась в 2003, 2008 и 2009 гг. Следует отметить, что за исключением 2003, 2004 и 2007 годов в апреле наблюдалось превышение средних многолетних температур, и в целом наблюдается тенденция к повышению средних температур за вегетационный период, одновременно повышается и количество выпадающих за период осадков. В связи с этим, условия возделывания культур становятся более сложными, но остаются вполне благоприятными для изучаемых на опытных полях культур.

Вегетационный период 2010 года характеризовался засушливостью с суммой осадков за апрель-август 300 мм, что на 32 мм (10%) меньше среднемноголетней суммы осадков.

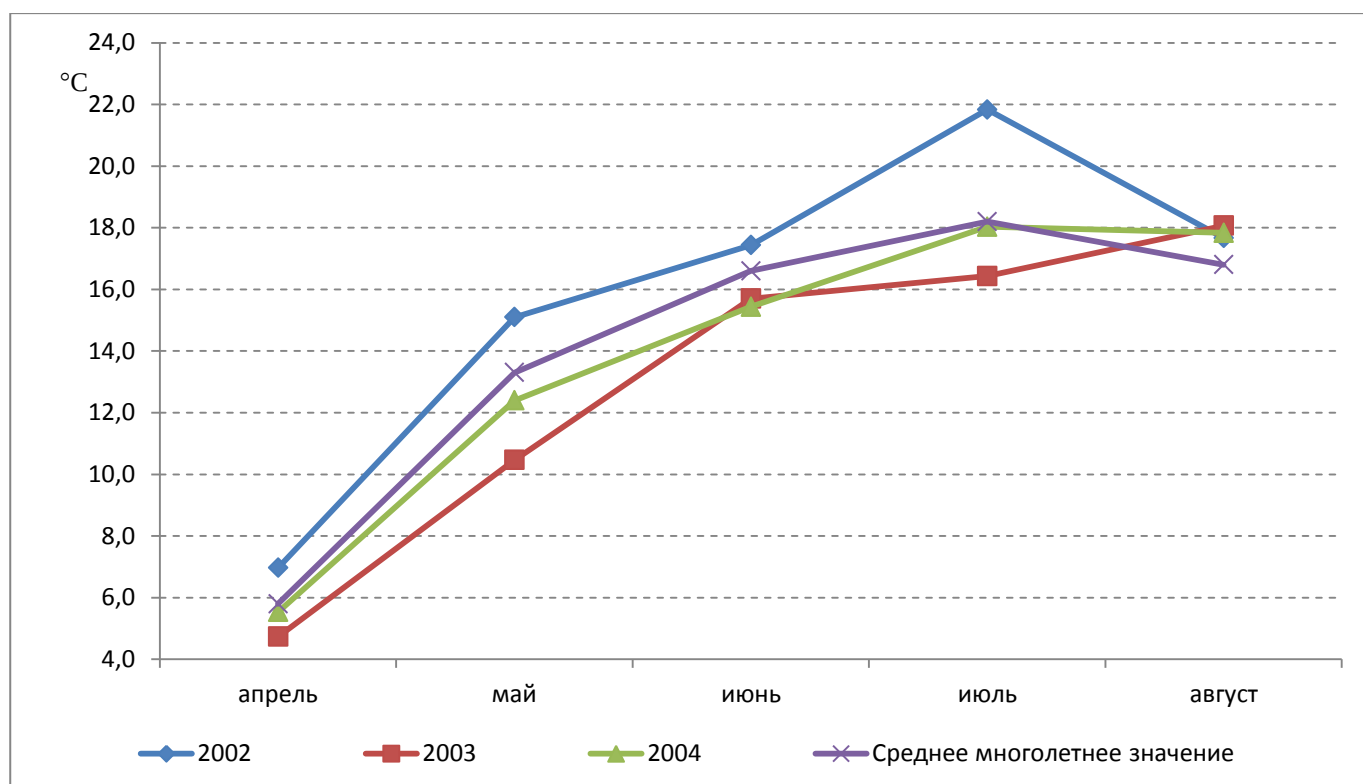


Рисунок 13 – Среднесуточная температура воздуха в течение периода вегетации 2002-2004 гг.

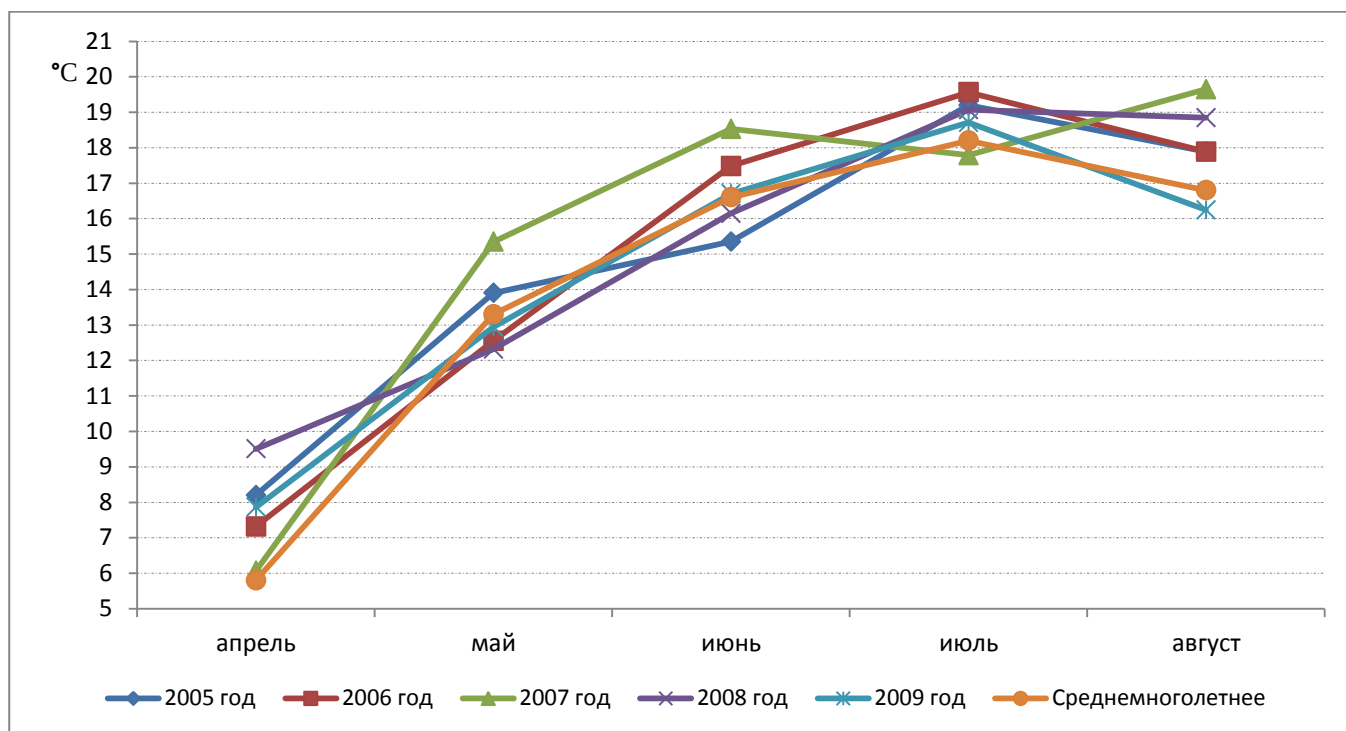


Рисунок 14– Среднесуточная температура воздуха в течение периода вегетации 2005-2009 гг.

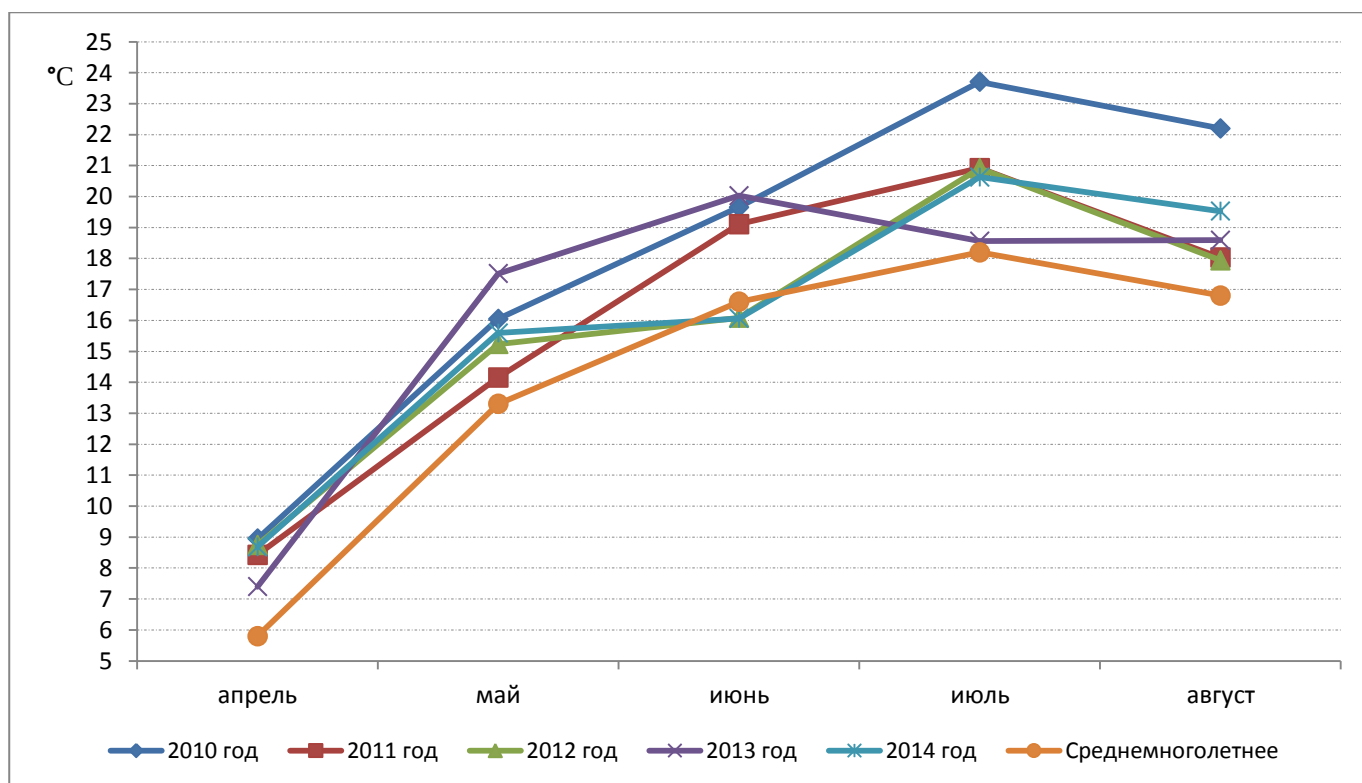


Рисунок 15 – Среднесуточная температура воздуха в течение периода вегетации 2010-2014 гг.

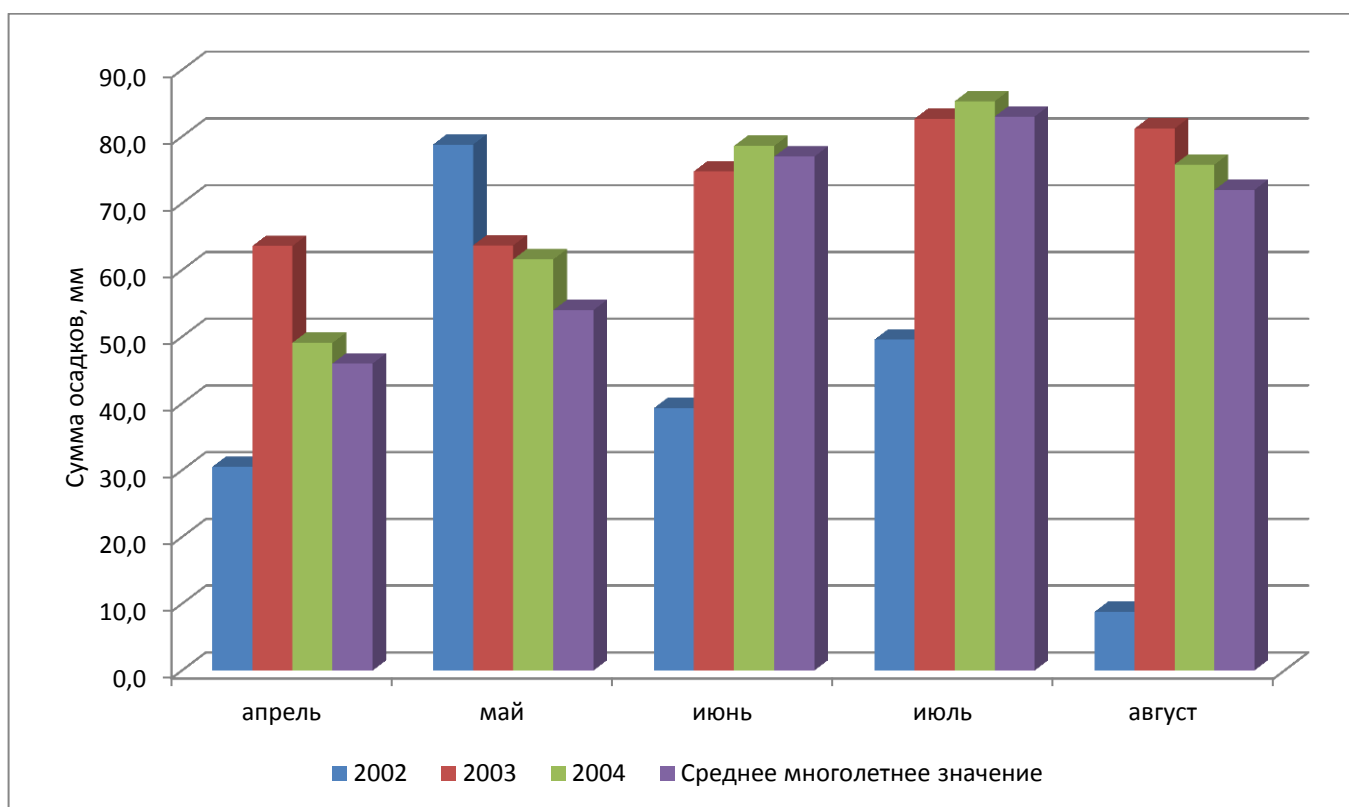


Рисунок 16 – Среднемесячная сумма осадков в течение периода вегетации
2002-2004 г.г.

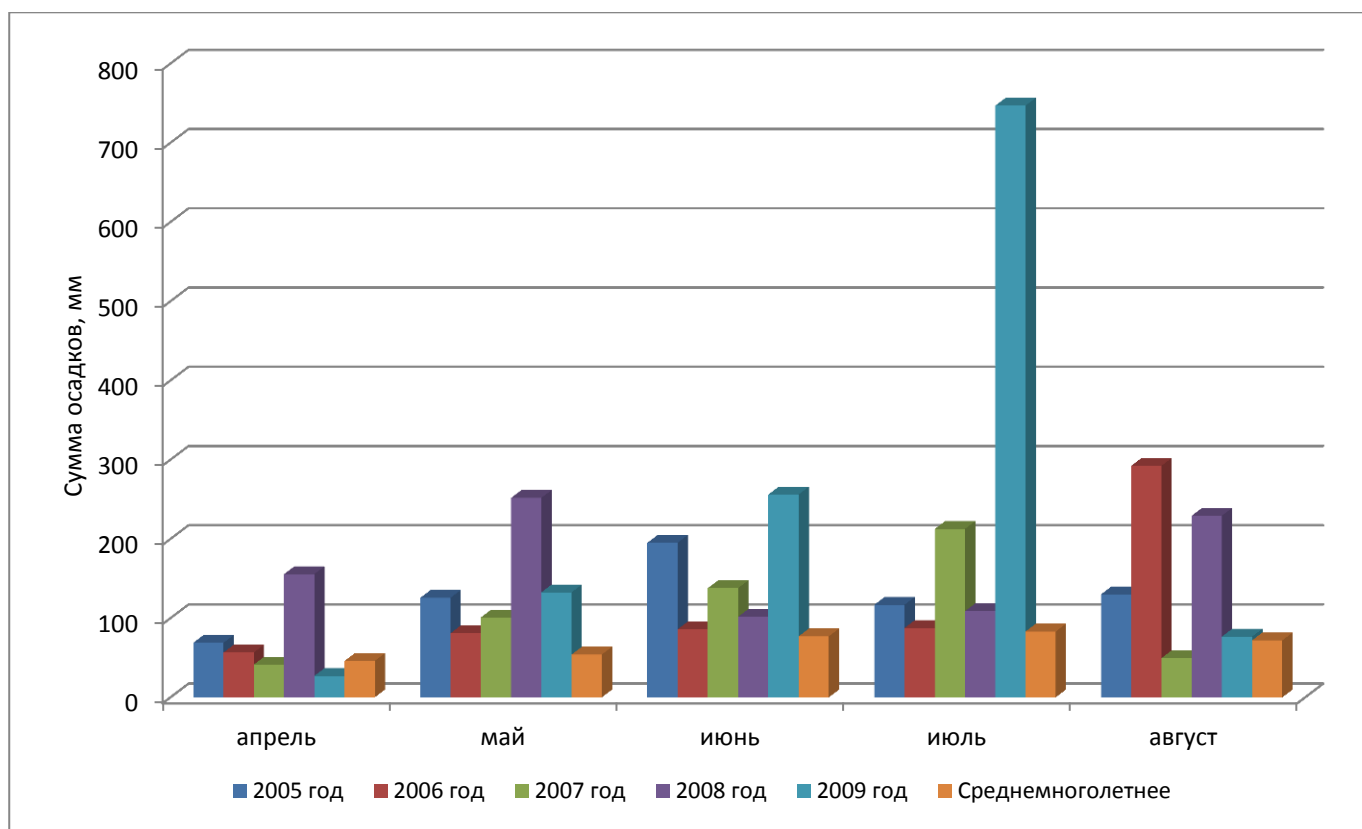


Рисунок 17 – Среднемесячная сумма осадков в течение периода вегетации
2005-2009 г.г.

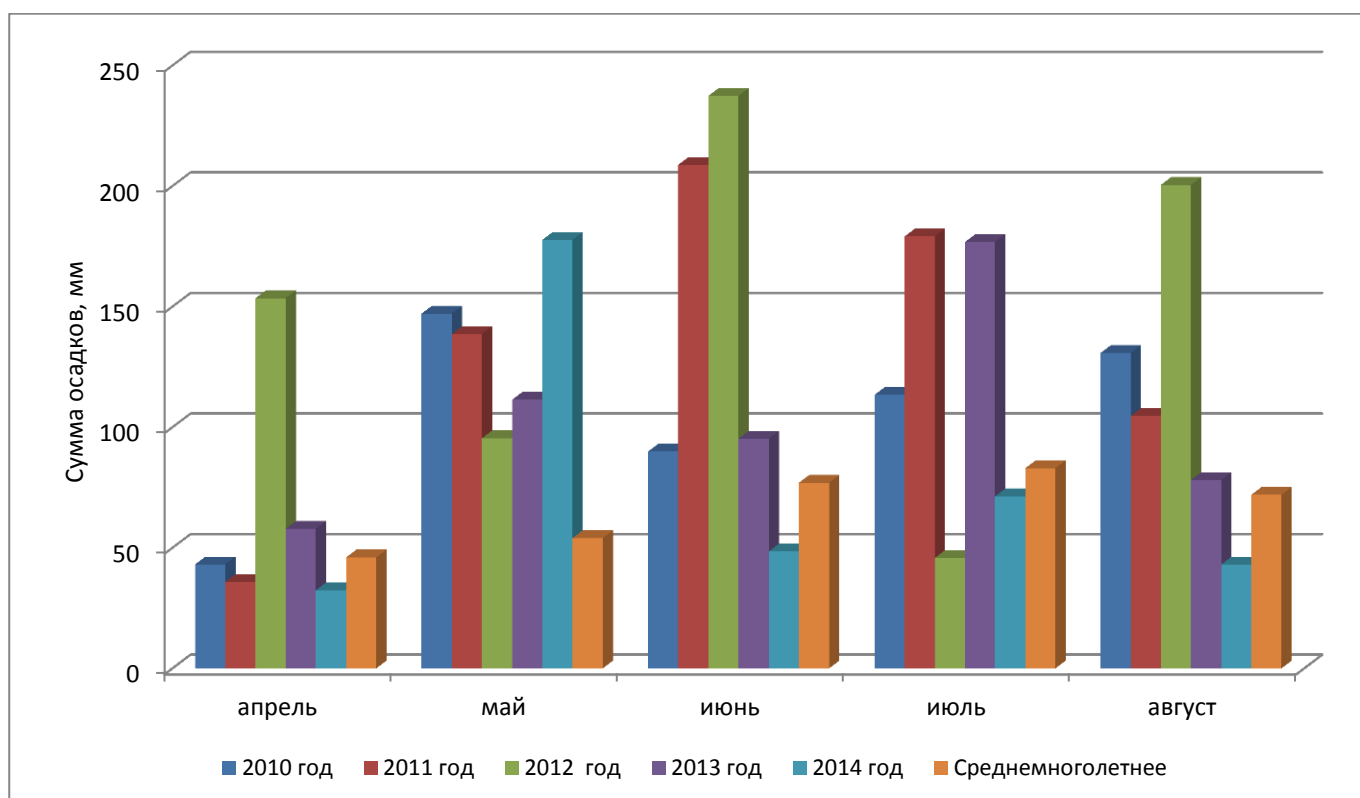


Рисунок 18 – Среднемесячная сумма осадков в течение периода вегетации
2010-2014 г.г.

Нами был рассчитан гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК) для годов проведения эксперимента (табл. 16).

Таблица 16 – Гидротермические коэффициенты Г.Т. Селянинова

Год	Гидротермический коэффициент (ГТК)
2002	0,9
2003	1,7
2005	1,5
2006	1,9
2007	1,4
2008	2,0
2009	2,2
2010	0,6
2011	1,7
2012	1,8
2013	2,0
2014	1,5
По средним многолетним данным	1,5

По его значениям 2003, 2005, 2007 и 2014 годы оцениваются как умеренно влажные ($\text{ГТК} = 1,4-1,7$); 2006, 2008, 2009, 2012 и 2013 годы ($\text{ГТК} = 1,8-2,2$) – как избыточно влажные; 2002 и 2010 годы ($\text{ГТК} = 0,6-0,9$) – как засушливые.

Резюмируя, следует отметить, что в целом условия проведения экспериментов были вполне благоприятны для возделываемых культур.

3.3 Влияние способов обработки почвы и внесения удобрений на экологию микробиоценоза почвы

3.3.1 Изменение численности микроорганизмов при различных способах обработки почвы и внесении разных видов удобрений

Основной деятельностью почвенных микроорганизмов является минерализация органического вещества. В процессе минерализации освобождаются питательные вещества, что и определяет в значительной мере ее естественное плодородие. Если бы образующиеся из года в год растительные остатки не подвергались минерализации, то земля оказалась бы забитой отходами жизнедеятельности, и жизнь на планете стала бы невозможной.

Нами изучалось изменение численности основных групп почвенных микроорганизмов при различных способах обработки почвы и системах удобрений в севообороте.

На фоне различных способов обработки почвы (вспашка, дискование) изучали эффективность различных видов органических и минеральных удобрений. Размер деланки – 80 м^2 . Повторность опыта – четырехкратная.

В ходе исследований использовались следующие удобрения: органические – подстилочный навоз; минеральные – мочевины, двойной суперфосфат, хлористый калий; ассоциативные – азотобактерин.

Для определения численности микроорганизмов в почве применяли метод учета их на твердых питательных средах.

Данные представлены в усредненном виде за период исследований.

Среди биологических индикаторов, характеризующих различные аспекты со-

стояния почвенной биоты, ведущее место занимают почвенные микроорганизмы вследствие своей высокой лабильности, исключительно четкой способности реагировать на изменения, происходящие в почве. В настоящее время механизмы функционирования микробных сообществ в почвах выяснены еще не достаточно и требуют детализации количественно-качественных характеристик биогенности почв. Известно, что именно они обеспечивают стабильную устойчивость и продуктивность биогеоценозов.

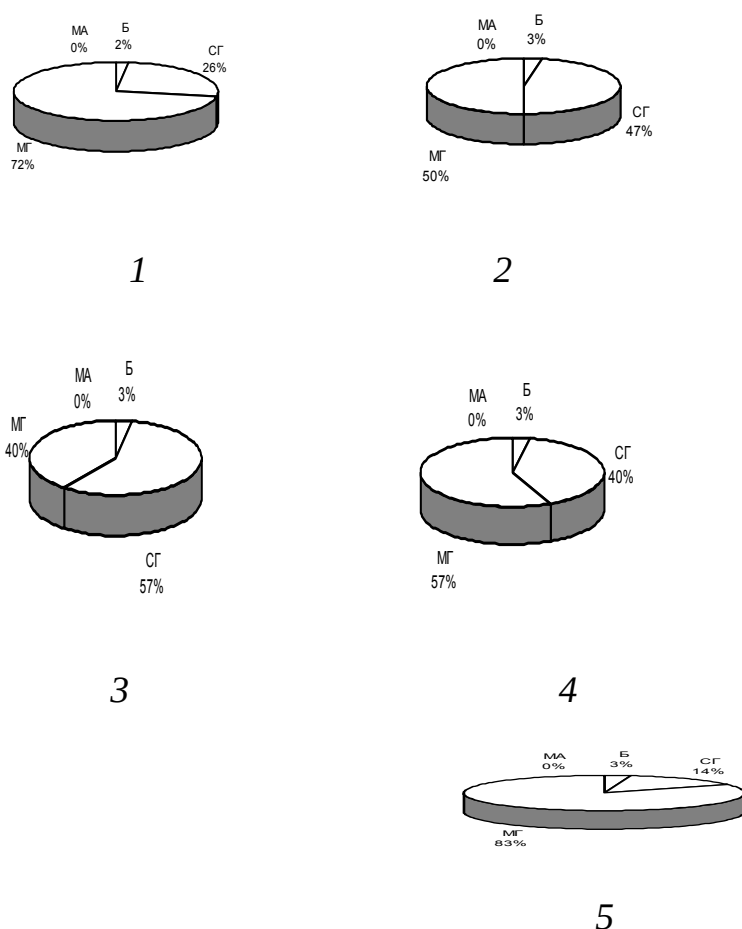


Рисунок 19 – Структура микробной биомассы в пахотном слое различных почв (вариант опыта):

1 – без удобрений и извести; 2 – доломитовая мука в дозе, рассчитанной по 1 гидролитической кислотности (г. к.); 3 – то же + 20 т/га навоза; 4 – то же + N100P50K120; 5 – огородная почва; микроорганизмы: МГ – мицелий грибов; СГ – споры грибов; Б – бактерии; МА – мицелий актиномицетов

В структуре микробной биомассы доминируют грибы, причем, в почвах лесной и огородной преобладает биомасса мицелия грибов, а в почве пахотной – биомасса спор.

Внесение навоза и минеральных удобрений повышает общее содержание микробной биомассы, а известкование снижает общее содержание микроорганизмов и грибного мицелия (рис. 19).

Авторские исследования подтверждают выводы многих специалистов, что в пахотных почвах происходит снижение содержания микроскопических грибов, что является одним из наиболее значимых нарушений почвенной биоты.

Выявлена взаимосвязь удобрений и способов обработки почвы с численностью бактерий и урожайностью ячменя и клевера 2-го года пользования (табл. 17).

Таблица 17 – Влияние удобрений и способов обработки почвы на численность бактерий, среднее по трем определениям ежегодно

Варианты	Бактерии, тыс./г абсолютно сухой почвы					
	Пелюшко-овес + райграс,	Картофель	Ячмень + клевер	Клевер 1-го года пользо- вания	Сумма за ротацию.	Среднее
<i>Вспашка</i>						
1. Контроль без удобрений	5950	3733	3416	2475	15574	3894
2. NPK	6250	4933	3116	3350	17649	4412
3. РК + ас. уд.	8900	5166	3983	3175	21224	5306
4. NPK + ас. уд.	6900	5650	4850	3725	21125	5281
5. Навоз	8200	7100	2966	2850	21116	5279
6. Навоз + NPK	4450	5116	3383	3475	16424	4106
7. Навоз + ас. уд.	6600	5833	3766	3475	19574	4894
8. Навоз + ас. уд. + NPK	6350	5966	4400	4200	20916	5229
<i>Дискование</i>						
1. Контроль без удобрений	5300	3583	3183	1850	13916	3479
2. NPK	7750	3550	3316	2650	17266	4317
3. РК + ас. уд.	7950	5100	4133	2775	19958	4990
4. NPK + ас. уд.	8650	5650	5383	3825	23508	5877
5. Навоз	7300	3600	4533	2950	18383	4596
6. Навоз + NPK	5650	4366	5816	4900	20732	5183
7. Навоз + ас. уд.	10750	4500	4733	4075	24058	6015
8. Навоз + ас. уд. + NPK	8750	7233	5666	4325	25974	6494

На фоне внесения минеральных удобрений численность бактерий по вспашке и дискованию отличалась незначительно, и продуктивность ячменя на этом фоне по

вспашке была выше на 3,1–9,3 %. На органоминеральном фоне численность бактерий при бесплужной обработке превышала их численность по вспашке на 25–71 %, и урожайность ячменя также была выше на 5,1–9,4 % при обработке почвы без оборота пласта.

Влияние вариантов обработки почвы и внесения удобрений на актиномицеты представлено в таблице 18. Следует отметить, что их численность значительно варьирует по вариантам опыта и максимальна при вспашке на фоне внесения навоза совместно с ассоциативными удобрениями. Дискование несколько снижает их численность по всем вариантам опыта.

Таблица 18 – Влияние удобрений и способов обработки почвы на численность актиномицетов, среднее по трем определениям ежегодно

Варианты	Актиномицеты, тыс./г абсолютно сухой почвы					
	Пелюшко- овес + райграс	Картофель	Ячмень + кле- вер	Клевер 1-го года пользо- вания	Сумма за рота- ции	Среднее
<i>Вспашка</i>						
1. Контроль без удобрений	536	476	300	216	1528	382
2. NPK	833	483	385	306	2007	502
3. PK + ас. уд.	900	555	293	393	2141	535
4. NPK + ас. уд.	713	603	311	346	1973	493
5. Навоз	550	575	365	290	1780	445
6. Навоз + NPK	906	623	355	340	2224	556
7. Навоз + ас. уд.	829	801	333	430	2393	598
8. Навоз + ас. уд. + NPK	963	540	481	500	2484	621
<i>Дискование</i>						
1. Контроль без удобрений	511	460	181	660	1812	453
2. NPK	596	546	160	350	1652	413
3. PK + ас. уд.	580	667	281	360	1888	472
4. NPK + ас. уд.	543	673	238	343	1797	449
5. Навоз	460	568	221	266	1515	379
6. Навоз + NPK	635	633	193	356	1817	454
7. Навоз + ас. уд.	478	593	268	430	1769	442
8. Навоз + ас. уд. + NPK	901	540	333	403	2177	544

Грибы являются основным разрушителем органического вещества (85 % орга-

нического вещества почвы разлагается совместным влиянием грибов и бактерий), и уменьшение их количества и биомассы в пахотных почвах – одна из главных причин уменьшения содержания гумуса в пахотных почвах, утраты почвой структуры, так как основным цементирующим звеном ее являются гуминовые кислоты, которые образуются также при значительном участии грибов.

В таблице 19 представлены показатели численности плесневых грибов по вариантам опыта. Вариант обработки почвы оказывает некоторое влияние на численность отмеченных организмов в почве.

Таблица 19 – Влияние удобрений и способов обработки почвы на численность плесневых грибов, среднее по трем определениям ежегодно

Варианты	Плесневые грибы, тыс./г абсолютно сухой почвы					
	Пелюшко - овес + райграс	Картофель	Ячмень + клевер	Клевер 1-го года пользо- вания	Сумма за рота- ции	Среднее
Вспашка						
1. Контроль без удобрений	6,2	12,0	6,5	4,6	29,3	7,3
2. NPK	14,8	15,7	7,8	6,6	44,9	11,2
3. РК + ас. уд.	15,9	12,0	9,3	5,6	42,8	10,7
4. NPK + ас. уд.	13,7	13,0	8,5	5,0	40,2	10,0
5. Навоз	5,8	10,0	7,6	4,6	28,0	7,0
6. Навоз + NPK	8,4	12,3	9,6	6,6	36,9	9,2
7. Навоз + ас. уд.	7,4	14,0	8,0	8,0	37,4	9,4
8. Навоз + ас. уд. + NPK	10,0	13,0	10,1	6,0	39,1	9,8
Дискование						
1. Контроль без удобрений	11,7	16,0	9,1	5,0	41,8	10,5
2. NPK	12,2	16,0	9,5	8,3	46,0	11,5
3. РК + ас. уд.	16,9	15,0	8,1	6,0	46,0	11,5
4. NPK + ас. уд.	17,3	18,0	9,5	7,3	52,1	13,0
5. Навоз	10,2	14,3	9,8	6,6	40,9	10,2
6. Навоз + NPK	10,7	17,3	11,3	8,6	47,9	12,0
7. Навоз + ас. уд.	9,4	13,0	8,1	9,0	39,5	9,9
8. Навоз + ас. уд. + NPK	8,9	14,0	10,5	10,6	44,0	11,0

Анализируя в целом результаты исследований по состоянию почвенной биоты, следует отметить, что антропогенное воздействие посредством удобрений, спо-

способов обработки оказывает значительное воздействие на биологические процессы.

Внесение навоза, а также комплексное внесение минеральных и органических удобрений создает оптимальные условия для жизнедеятельности целлюлозоразлагающих микроорганизмов, значительно увеличивает численность всех групп микроорганизмов.

Выявлено положительное влияние ассоциативных удобрений на комплекс биологических показателей почвы, устойчивость микробных сообществ к стрессу, вызванному неблагоприятными погодными условиями (дефицит влаги).

В заключение, следует отметить, что примерно такая же закономерность сохраняется при рассмотрении взаимосвязей удобрений и способов обработки почвы с численностью бактерий и урожайностью клевера 2-го года пользования. Урожайность клевера на органоминеральном фоне была выше при дисковании на 3,4–7,0 %, а численность бактерий – на 2,9–41,0 % по сравнению со вспашкой.

Видовой и количественный состав микроорганизмов не является постоянной величиной и может колебаться в значительных пределах. На этот показатель влияет целый ряд факторов, в том числе и агротехнических (удобрения, обработка почвы).

Таким образом, из этого следует вывод, что вспашка эффективна только при применении минеральных удобрений. Если в почве достаточно свежего органического вещества, то в этом случае рыхление почвы более эффективно, чем вспашка. Этими данными, по-видимому, можно объяснить неоднозначность выводов многих исследователей относительно эффективности обработки почвы с оборотом пласта и без оборота.

3.3.2 Динамика почвенной микробиоты в течение вегетационного периода

Многочисленные исследования указывают на тесную взаимосвязь между интенсивностью биологических процессов, составом и численностью микроорганизмов, а также содержанием органического вещества и биогенных элементов в почве.

Нами изучалось изменение численности основных групп почвенных микроорганизмов при различных способах обработки почвы и системах удобрений в севообороте.

Анализ результатов микробиологических исследований, показал, что в июле, особенно в период засухи, численность всех групп микроорганизмов невысокая. Увеличение численности бактерий на фоне вспашки отмечается в вариантах РК + ас. уд. и навоз. Во всех остальных вариантах численность бактерий ниже по сравнению с контролем. На фоне дискования незначительное увеличение численности отмечено в вариантах NPK + ас. уд., навоз + ас. уд., навоз + NPK + ас. уд., а также чистый NPK и навоз. В вариантах РК + ас. уд. и навоз + NPK данный показатель ниже контрольного (рис. 20, 21).

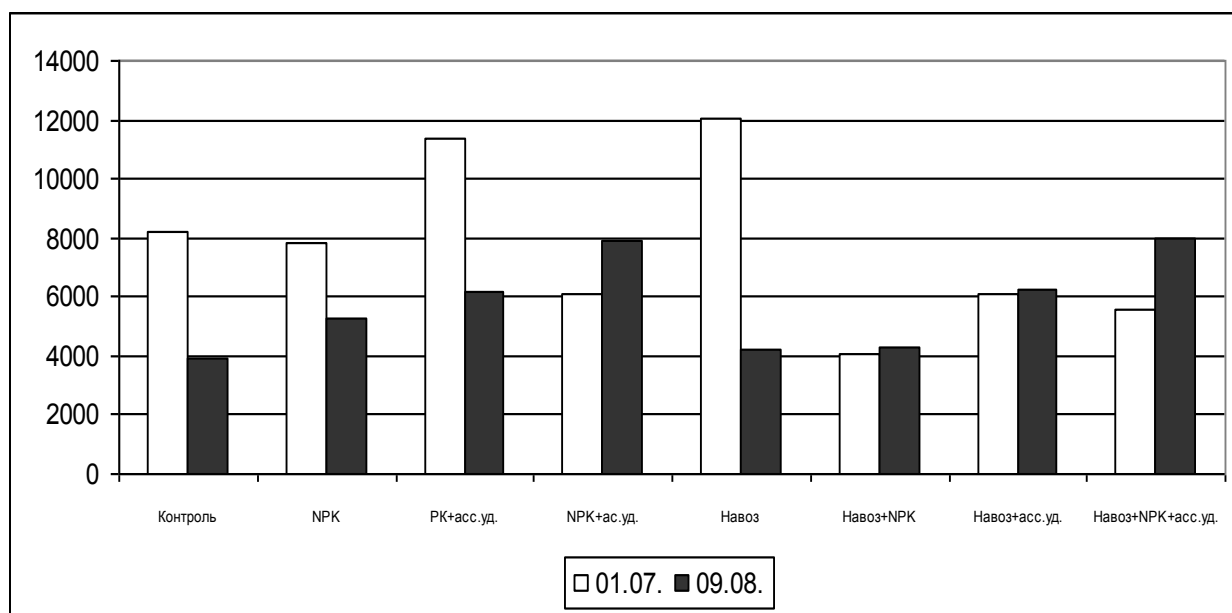


Рисунок 20. – Численность бактерий в почве, пелюшко-овес + райграс (вспашка)

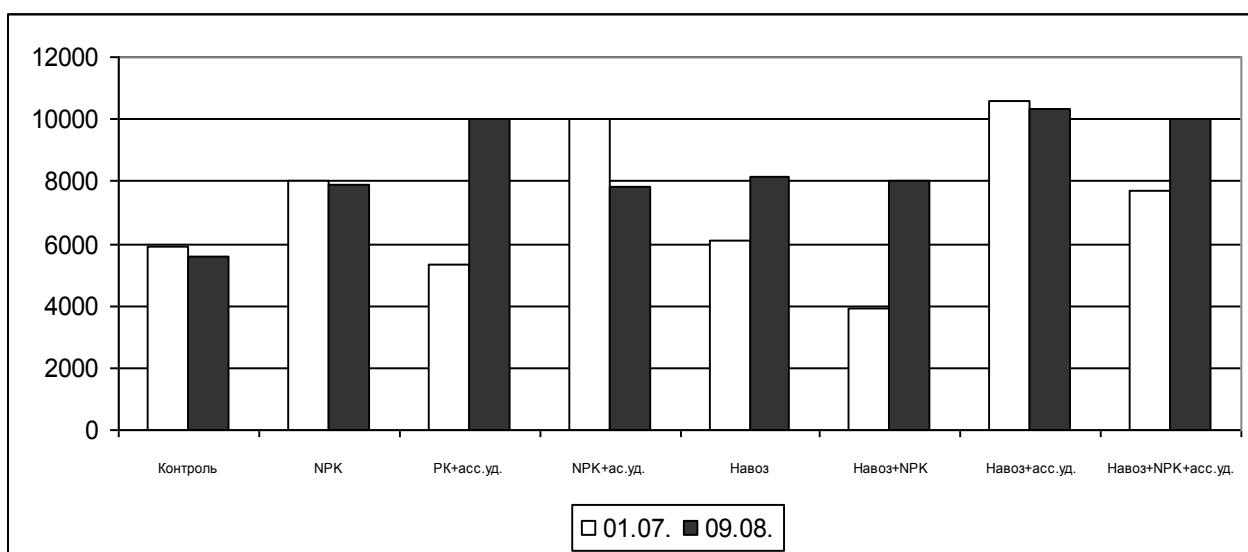


Рисунок 21. – Численность бактерий в почве, пелюшко-овес + райграс (дискование)

Однако в целом значительных изменений в численности бактерий по вариантам опыта не наблюдалось. В августе численность бактерий уменьшается практически на всех вариантах за исключением вариантов с ассоциативными удобрениями (навоз + NPK + ас. уд., навоз + ас. уд., NPK + ас. уд., РК + ас. уд.).

Рассматривая группу актиномицетов (рис. 22, 23), можно сказать о резком снижении их численности.

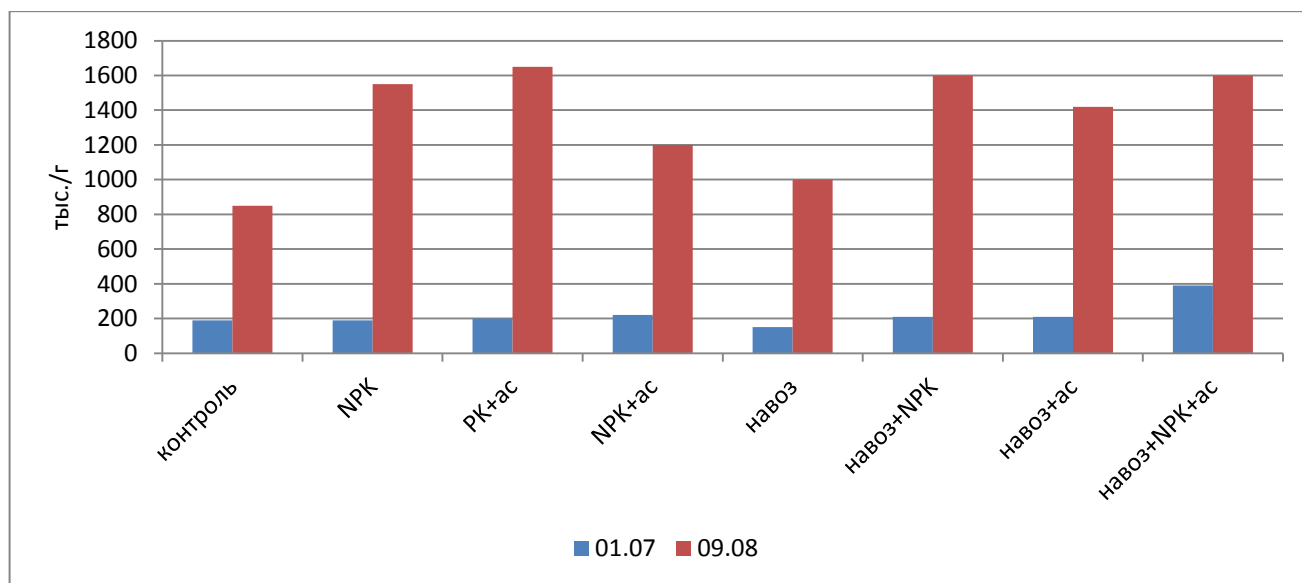


Рисунок 22. – Численность актиномицетов в почве, пелюшко-овес + райграс (вспашка)

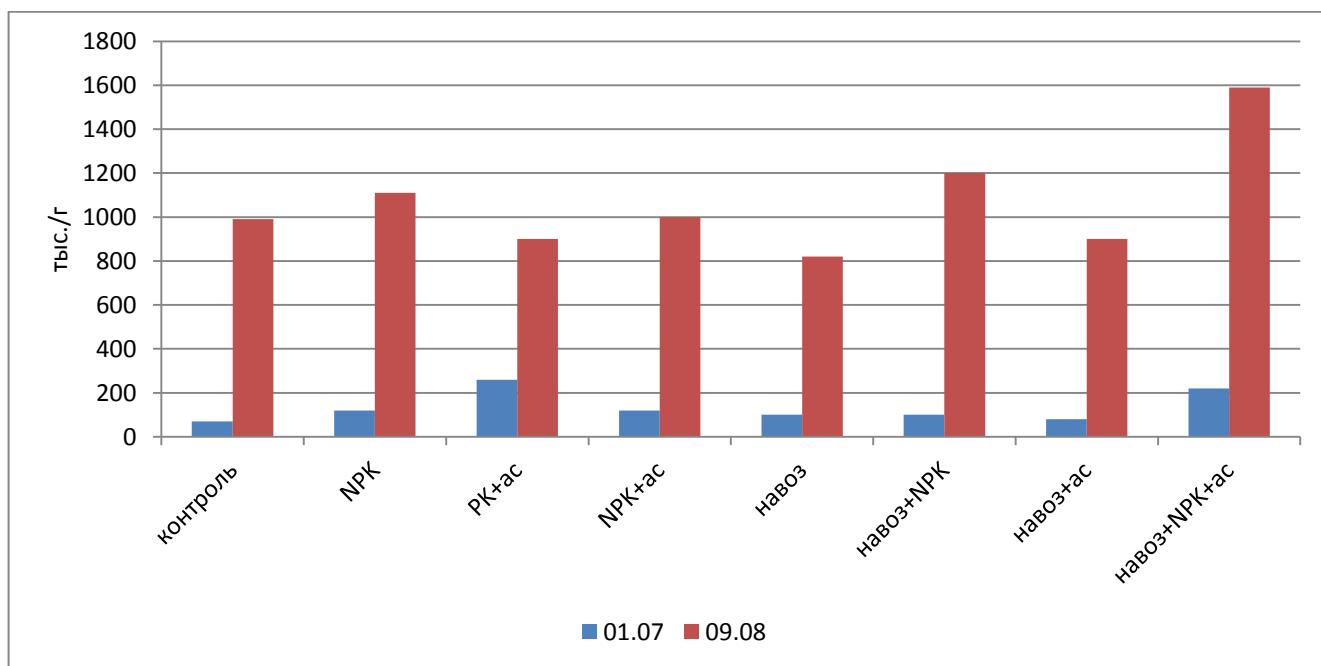


Рисунок 23. – Численность актиномицетов в почве, пелюшко-овес + райграс (дискование)

В июле количество актиномицетов на фоне вспашки составило 133–346 тыс./г, на фоне дискования – 53–280 тыс./г. В августе, через месяц после уборки пелюшко-овса и райграса, отмечается резкое увеличение численности актиномицетов по всем вариантам. Особенно выделяются варианты NPK, навоз + NPK, навоз + NPK + ас. уд., а на фоне вспашки еще РК + ас. уд., NPK + ас. уд., навоз + ас. уд.

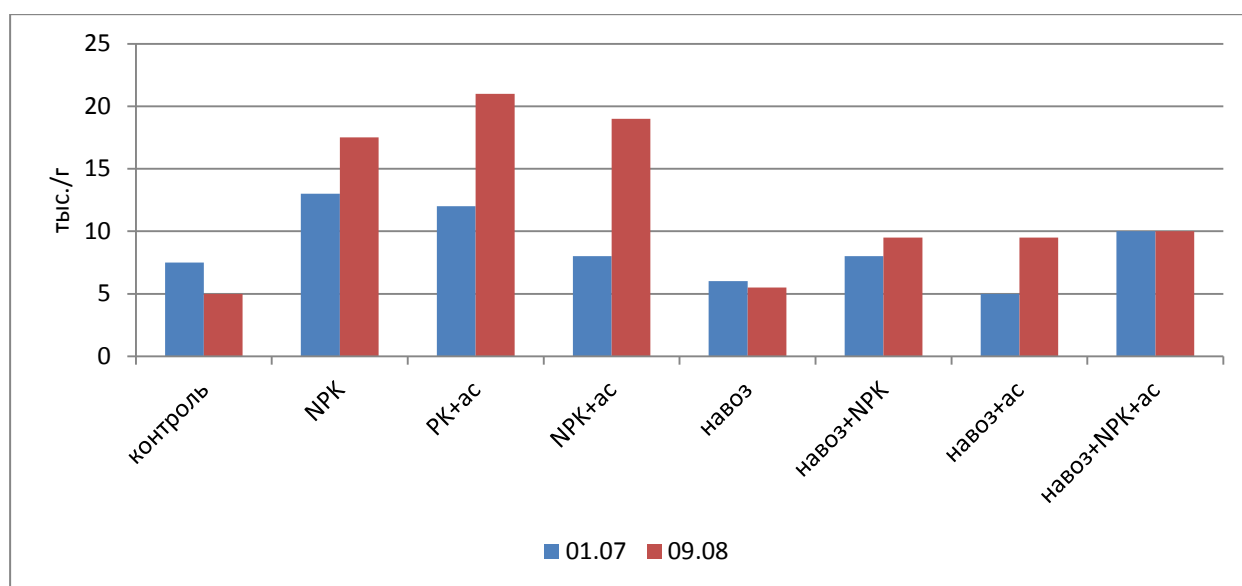


Рисунок 24. – Численность грибов в почве, пелюшко-овес + райграс (вспашка)

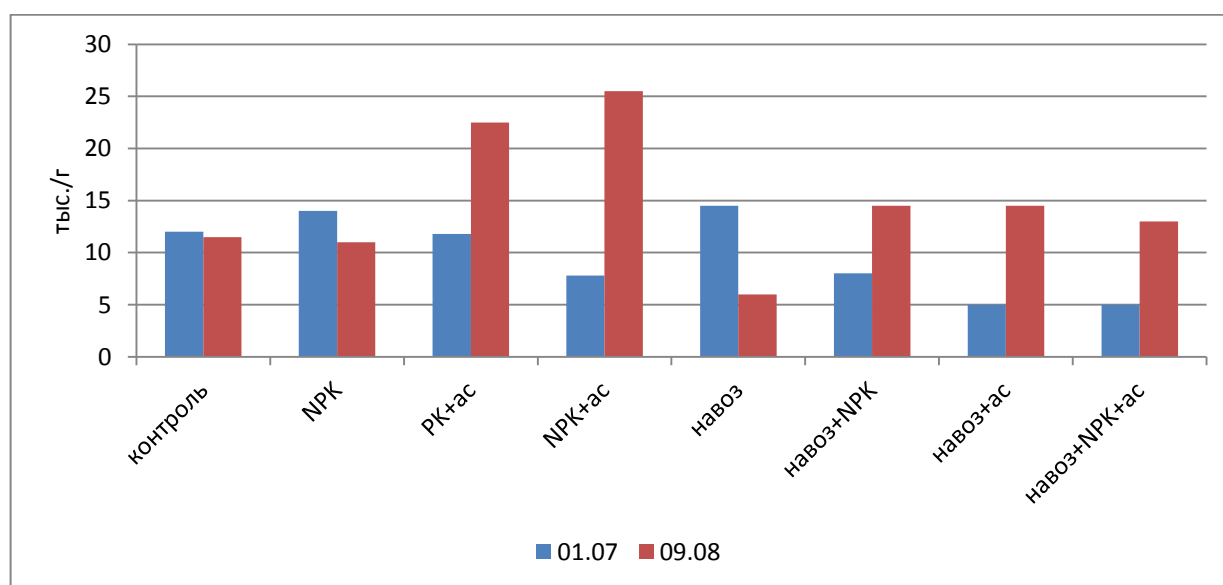


Рисунок 25. – Численность грибов в почве, пелюшко-овес + райграс (дискование)

Численность грибов, аналогично другим группам микроорганизмов, определялась влиянием температуры и влажности в данный период. Если на фоне дискования можно проследить антагонистическое влияние ассоциативных удобрений (происходит снижение численности грибов в вариантах РК + ас. уд., NPK + ас. уд., навоз + ас. уд., навоз + NPK + ас. уд.), то на фоне вспашки наблюдается обратный эффект (рис. 24, 25).

Численность грибов в августе значительно увеличивается на вариантах с ассоциативными удобрениями. Внесение навоза с минеральными и ассоциативными удобрениями также способствовало увеличению их численности. Однако на контрольном варианте и варианте с навозом отмечается снижение численности грибов по сравнению с июлем.

Резюмируя вышесказанное, можно предположить, что в результате резкого отклонения температуры и влажности от оптимальных параметров данный микробный комплекс в июле находился в зоне стресса, то есть наблюдались количественные изменения численности и временное угнетение жизнедеятельности микроорганизмов, что сказалось на урожайности пелюшко-овса и райграса однолетнего.

Нарушение цикла в развитии отдельных групп микроорганизмов в течение 30 дней при любых стрессовых ситуациях расценивается как нормальное, естественное явление. Если микробиологическая деятельность (численность и видовой состав) восстанавливается в течение 60 суток, то реакция микробиоценоза считается обратимой, и необратимой, если ингибирование отдельных форм микроорганизмов более чем на 50 % сохраняется до конца вегетационного периода.

Восстановление за 30 дней произошло на вариантах с внесением ассоциативных удобрений. Бактерии обладали наибольшей чувствительностью к неблагоприятным условиям, а грибы – наибольшей устойчивостью. Самому сильному стрессу подверглись микроорганизмы в вариантах: контрольный (без удобрений) и с чистым навозом. Здесь в августе еще отмечалось снижение численности бактерий и грибов.

Анализируя в целом результаты исследований по состоянию почвенной биоты, следует отметить, что антропогенное воздействие посредством удобрений, способов обработки оказывает значительное воздействие на биологические процессы.

Внесение навоза, а также комплексное внесение минеральных и органических удобрений создает оптимальные условия для жизнедеятельности целлюлозоразлагающих микроорганизмов, значительно увеличивает численность всех групп микроорганизмов.

Выявлено положительное влияние ассоциативных удобрений на комплекс биологических показателей почвы, устойчивость микробных сообществ к стрессу, вызванному неблагоприятными погодными условиями (дефицит влаги).

Видовой и количественный состав микроорганизмов, представленный в табл. 20 не является постоянной величиной и может колебаться в значительных пределах. На этот показатель влияет целый ряд факторов, в том числе и агротехнических (удобрения, обработка почвы).

Таблица 20 – Взаимосвязь удобрений и способов обработки почвы с численностью бактерий и урожайностью ячменя

Варианты	Численность бактерий, тыс. шт.		Урожайность, ц/га	
	Вспашка	Дискование	Вспашка	Дискование
	Среднее значение за 2 года	Среднее значение за 2 года	Среднее значение за 2 года	Среднее значение за 2 года
Без удобрений (контроль)	3416	3183	20,9	19,8
N ₈₀ P ₁₀ K ₁₀₀	3116	3316	32,6	29,8
P ₁₀ K ₁₀₀ + эпин	3983	4133	26,6	25,5
N ₈₀ P ₁₀ K ₁₀₀ + эпин	4850	5383	32,8	31,8
Навоз 20 т/га	2966	4533	27,5	27,8
Навоз + N ₄₅ P ₁₀ K ₄₀	3383	5816	31,2	32,8
Навоз + P ₁₀ K ₁₀₀ + эпин	3766	4733	30,5	32,6
Навоз + N ₄₅ P ₁₀ K ₄₀ + эпин	4400	5666	31,6	34,6
НСР _{0,5}	—	—	1,59	1,57

Количество микроорганизмов в почве было различно и в течение вегетации. Так, максимальное содержание бактерий было во второй половине лета (июль), а наименьшее количество отмечалось весной (апрель). Примерно такая же динамика сезонного колебания численности была по актиномицетам и плесневым грибам.

Применение безотвальной обработки почвы имело преимущество перед

вспашкой в повышении количества бактерий (6,6 %) и плесневых грибов (20,1 %) при всех системах удобрений. Содержание актиномицетов по безотвальной обработке, наоборот, было ниже (в среднем, на 14,5 %). Самое высокое количество микроорганизмов наблюдалось в почве целинного аналога (рис. 26).

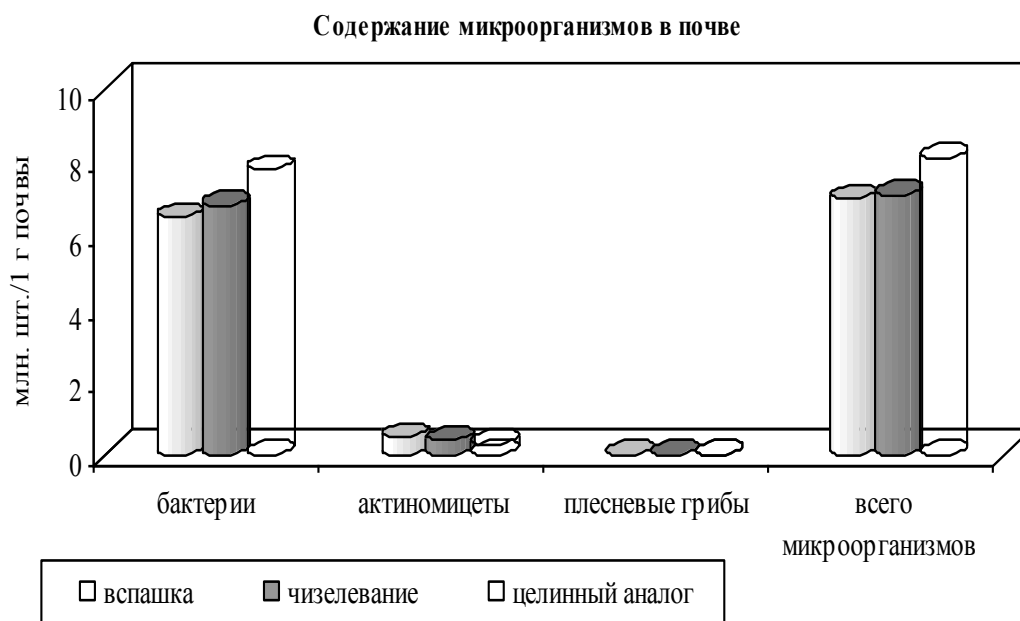


Рисунок 26. – Влияние способов основной обработки почвы на количество микроорганизмов, млн шт./1 г воздушно-сухой почвы (в среднем за вегетацию)

Исследования авторов подтверждают выводы многих специалистов, что в пахотных почвах происходит снижение содержания микроскопических грибов, что является одним из наиболее значимых нарушений почвенной биоты. Грибы являются основным разрушителем органического вещества (85 % органического вещества почвы разлагается совместным влиянием грибов и бактерий), и уменьшение их количества и биомассы в пахотных почвах – одна из главных причин уменьшения содержания гумуса в пахотных почвах, утраты почвой структуры, так как основным цементирующим звеном ее являются гуминовые кислоты, которые образуются также при значительном участии грибов.

Выявлена взаимосвязь удобрений и способов обработки почвы с численностью бактерий и урожайностью ячменя и клевера 2-го года пользования.

На фоне внесения минеральных удобрений численность бактерий по вспашке и дискованию отличалась незначительно, и продуктивность ячменя на этом фоне по вспашке была выше на 3,1–9,3 %. На органо-минеральном фоне численность бактерий при бесплужной обработке превышала их численность по вспашке на 25–71 %, и урожайность ячменя также была выше на 5,1–9,4 % при обработке почвы без оборота пласта.

Примерно такая же закономерность сохраняется при рассмотрении взаимосвязей удобрений и способов обработки почвы с численностью бактерий и урожайностью клевера 2-го года пользования. Урожайность клевера на органо-минеральном фоне была выше при дисковании на 3,4–7,0 %, а численность бактерий – на 2,9–41,0 % по сравнению со вспашкой (табл. 21).

Таблица 21 – Взаимосвязь удобрений и способов обработки почвы с численностью бактерий и урожайностью клевера

Варианты	Численность бактерий тыс. шт.		Урожайность, ц/га			
	Вспашка	Дискование	Вспашка	Дискование	Вспашка	Дискование
	Среднее значение	Среднее значение	Среднее значение по клеверу 1-го года пользования		Среднее значение по клеверу 2-го года пользования	
Без удобрений (контроль)	2470	1850	90,0	83,0	73,2	70,5
N ₈₀ P ₁₀ K ₁₀₀	3350	2875	95,5	88,0	82,8	83,6
P ₁₀ K ₁₀₀ + эпин	3175	2775	93,1	89,0	78,9	81,8
N ₈₀ P ₁₀ K ₁₀₀ + эпин	3725	3825	96,2	90,2	81,7	82,1
Навоз 20 т/га	2850	2950	102,7	92,3	74,6	77,2
Навоз + N ₄₅ P ₁₀ K ₄₀	3475	4900	103,9	97,2	79,1	82,1
Навоз + P ₁₀ K ₄₀ + эпин	3375	4050	105,8	98,3	77,1	82,5
Навоз + N ₄₅ P ₁₀ K ₄₀ + эпин	4200	4325	103,2	96,1	85,6	84,9

Таким образом, результате проведенных исследований и обобщения данных других авторов установлено снижение численности плесневых грибов на всех вариантах опыта в севообороте при обработке почвы с оборотом пласта (на 2,6–42,0 %) по сравнению с обработкой почвы без оборота пласта.

Уменьшение содержания микроскопических грибов является одним из наибо-

лее серьезных нарушений в составе почвенной биоты.

Грибы – основные разрушители органического вещества и главные агенты процесса гумусообразования, так как основное цементирующее звено – гуминовые кислоты – образуются при значительном участии грибов. Это приводит к быстрой минерализации гумуса, изменению физической структуры почвы, снижению ее плодородия в целом и нарушению круговорота веществ. Особенно если учесть, что биомасса грибов составляет 85–90 % от суммарной биомассы микроорганизмов, а длина грибного мицелия достигает 600–900 м/г почвы. При вспашке грибы из мицелиальной формы переходят в споровую, тем самым нарушается связь литосферы с фитоценозами, которая осуществлялась через мицелий грибов.

Выявлено, что вспашка эффективна только при применении минеральных удобрений. Если в почве достаточно свежего органического вещества, то в этом случае рыхление почвы более эффективно, чем вспашка.

Этими данными, по-видимому, можно объяснить неоднозначность выводов многих исследователей относительно эффективности обработки почвы с оборотом пласта и без оборота.

3.4 Ферментативная активность почвы на различных уровнях агроэкологических вмешательств

Ферменты – биологические катализаторы белковой природы, которые образуются живыми организмами, характеризуются мощностью, лабильностью и специфичностью действия. Им принадлежит важнейшая роль в обмене веществ. Ферментативная активность почвы определяет направленность и интенсивность биохимических процессов в почве и является одним из важнейших биологических показателей, определяющих почвенное плодородие.

Однако сведений о взаимосвязи ферментативной активности, агрофизических свойств почвы, агротехнических мероприятий (обработка почвы с оборотом и без оборота пласта, удобрениями, наземной растительностью) очень мало, если не считать общих положений. Поэтому исследования в этом направлении представляются перспективными в том отношении, что позволят получить более полное представле-

ние о влиянии отдельных агротехнических приемов на продуктивность и устойчивость экосистем и оптимизировать антропогенное воздействие на почву.

Уровень ферментативной активности можно рассматривать как потенциальный резерв биологической активности почвы, который может полностью реализоваться в дальнейшем, а может в зависимости от каких-либо факторов не реализоваться совсем. Задача состоит в том, чтобы фиксировать изменения, которые происходят в ферментативном комплексе при сельскохозяйственном использовании почв для выяснения роли ферментов с разной устойчивостью и локализацией в почвенном метаболизме и, в целом, в экологической стабильности биогеоценозов.

Ферментативная активность в наших опытах определялась по методикам, апробированным в лаборатории почвенной энзимологии института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича и БелНИИПА.

Отбор почвенных образцов для анализа проводился в следующие сроки:

- 1 – апрель;
- 2 – в период цветения культуры (июль);
- 3 – после уборки культуры (сентябрь).

Азоторганические соединения, поступающие в почву, претерпевают ряд сложных биохимических превращений, интенсивность которых характеризует активность протеолитических ферментов. Катализируя начальный этап мобилизации органического азота, протеазы играют ведущую роль в жизни почвы, так как обуславливают динамику накопления усваиваемых форм азота.

Проведенные анализы показали, что на опыте с оборотом пласта активность протеазы в апреле была достаточно высокой и находилась в пределах 1,49–2,02 мг. На участке без оборота она была несколько ниже: 1,54–1,80 мг.

Внесение удобрений повышало этот показатель. Так в опыте с оборотом пласта в июле он возрастал до 3,07 мг, без оборота – до 3,86 мг. Причем применение ассоциативных микроорганизмов положительно сказывалось на активности протеазы. Ее активность на навозном фоне (40 т/га) в вариантах РК + ас. уд. и NPK + ас. уд. в опыте с оборотом пласта была максимальной и составила соответственно 3,07 и 2,10

мг. В еще большей степени активность фермента возрастала на участке без оборота пласта.

К третьему отбору (сентябрь) в целом активность протеазы уменьшалась. Однако следует отметить, что внесение NPK способствует активизации данного фермента и достигает максимального значения. Опыт с оборотом пласта в период уборки на I навозном фоне (40 т/га) – 2,23 мг тирозина на 5 г почвы за 18 часов. На II навозном фоне (80 т/га) в сочетании с ассоциативными удобрениями активность фермента была несколько ниже (2,13 мг). На опыте без оборота пласта подобная закономерность также имела место. Наивысшие показатели протеазной активности имели место в вариантах навоз (80 т) + ас. уд. (2,59 мг) и навоз (80 т) + NPK + ас. уд. (3,09 мг).

В целом показатели протеолитической активности были выше в опыте без оборота пласта на 16,2 % и на 14,2 %.

Определение активности азотпревращающих ферментов дает возможность оценить роль биохимических процессов в мобилизации почвенного азота. Вероятно, особенности азотного режима сопряжены с изменением активности протеазы, что проявляется в положительной корреляции между активностью протеаз и нитрификационной активностью почвы ($r = 0,59$).

Показателем интенсивности минерализации фосфорсодержащих органических соединений в почве может служить уровень фосфатазной активности.

Наиболее существенное влияние на активность данного фермента оказывает органическое удобрение (рис. 27). Так, например, при внесении двойной нормы навоза (80 т) фосфатазная активность увеличилась с 0,49–0,50 до 0,60–0,62 у. е. и была максимальной именно на этих вариантах с оборотом и без оборота пласта.

Применение ассоциативных удобрений на I навозном фоне (40 т/га) как в опыте с оборотом пласта, так и без оборота (варианты 3 и 4), а также на II навозном фоне (80 т/га) в опыте с оборотом пласта не сказывалось на усилении активности фосфатазы. Некоторое усиление фосфатазной активности имело место при внесении 80 т/га навоза в опыте без оборота пласта (с 0,50 у. е. на контроле до 0,58–0,59 в 7 и 8 вариантах). В апреле фосфатазная активность была несколько ниже, чем в июле и

сентябре.

Фосфатаза является довольно лабильным ферментом. В почвенных условиях ее реакция подвержена влиянию многих факторов, тем более таких, как агротехнические мероприятия (применение удобрений и различных способов обработки почвы), агрофизические свойства почвы и особенности погодных условий вегетационного периода.

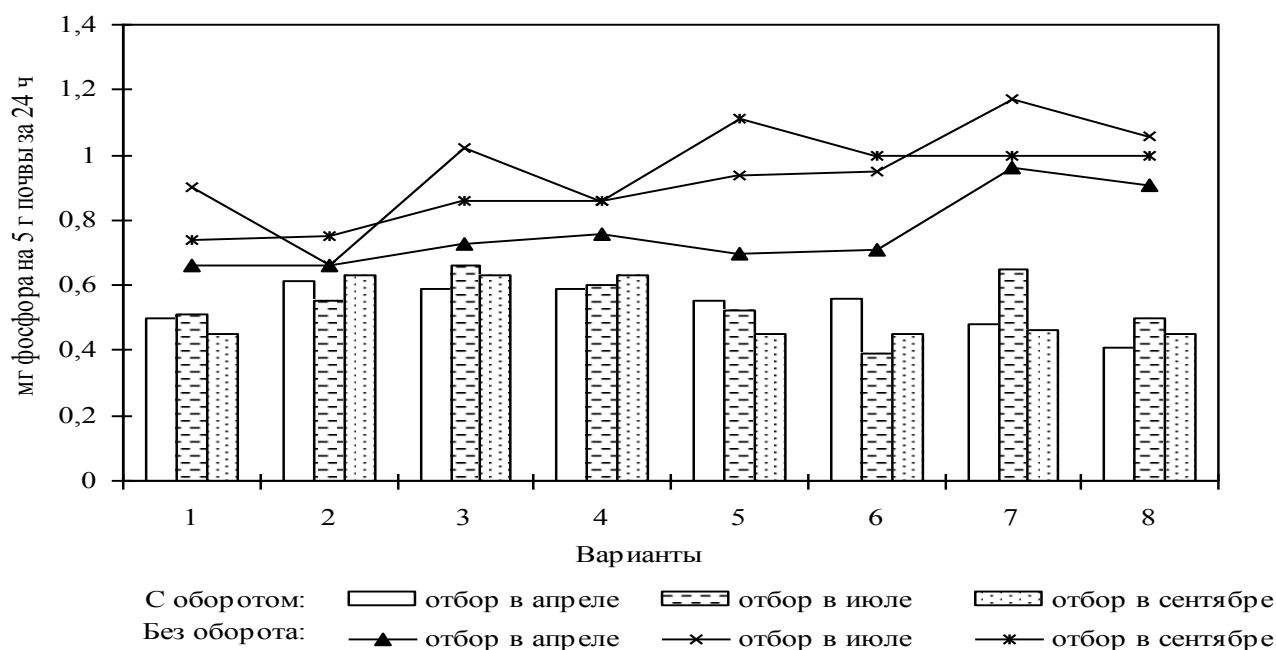


Рисунок 27 – Влияние удобрений и способов обработки почвы на фосфатазную активность

1 – 40 т навоза; 2 – 40 т навоза + NPK; 3 – 40 т навоза + PK + ас. уд.; 4 – 40 т навоза + NPK + ас. уд.;
5 – 80 т навоза; 6 – 80 т навоза + NPK; 7 – 80 т навоза + ас. уд.; 8 – 80 т навоза + NPK + ас. уд.

Подытоживая вышесказанное, можно заключить, что основное положительное влияние на изменение фосфатной активности почвы оказали органические удобрения и, в несколько меньшей степени, ассоциативные удобрения.

В отношении способа обработки почвы можно констатировать следующее (рис. 28): абсолютные показатели фосфатазной активности почвы в среднем по всем

вариантам без оборота пласта были выше на 63 % по сравнению со вспашкой.

Инвертаза участвует в расщеплении дисахаридов, она играет важную роль в формировании предгумусовой фракции из разлагающейся растительной и микробной массы.

В наших исследованиях отмечено, что активность инвертазы (в апреле) по вариантам опыта различалась несущественно и была в пределах 0,81–1,09 единиц по вспашке, 0,93–1,39 по дискованию (рис. 28). Только в опыте без оборота пласта в варианте навоз (80 т) + NPK + ас. уд. она была несколько выше (1,39 ед.).

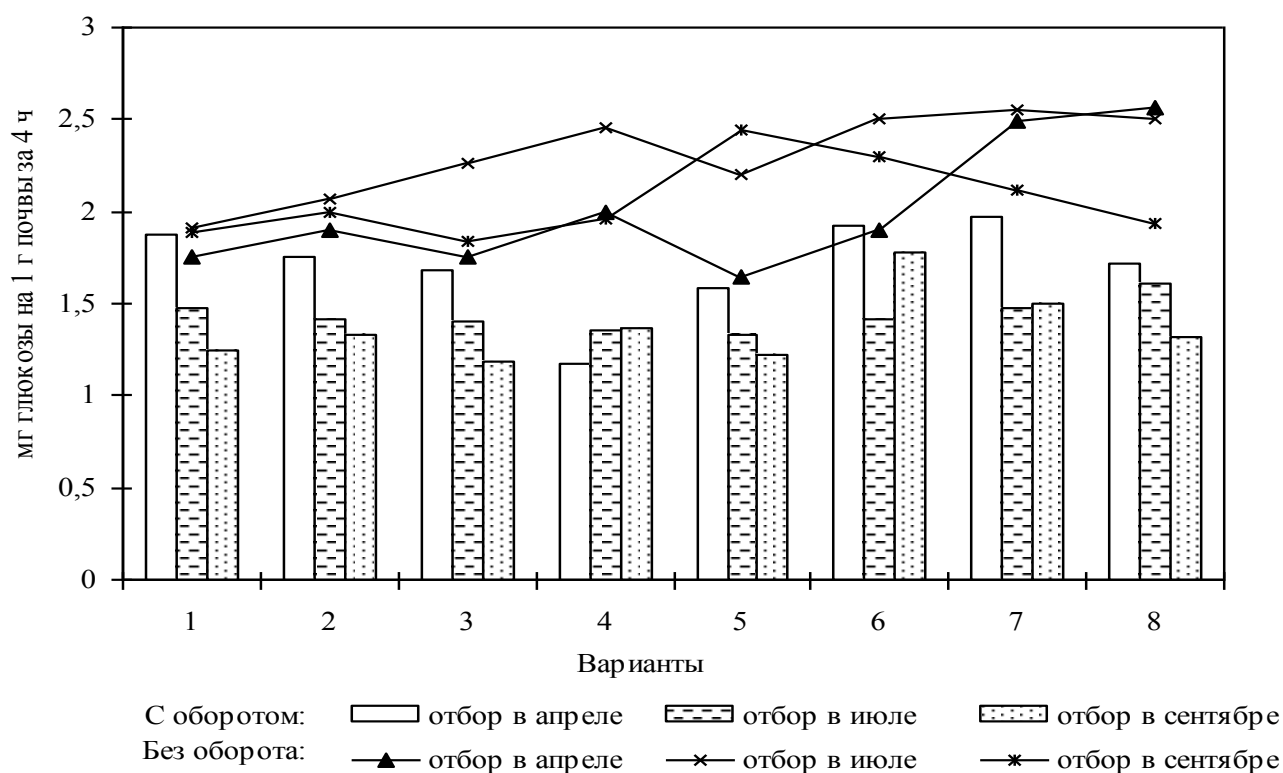


Рисунок 28 – Влияние удобрений и способов обработки почвы на инвертазную активность

1 – 40 т навоза; 2 – 40 т навоза + NPK; 3 – 40 т навоза + PK + ас. уд.; 4 – 40 т навоза + NPK + ас. уд.;
5 – 80 т навоза; 6 – 80 т навоза + NPK, 7 – 80 т навоза + ас. уд.; 8 – 80 т навоза + NPK + ас. уд.

Более четкие закономерности получены в фазу цветения картофеля (июль); самая низкая инвертазная активность была на вариантах с внесением 80 т/га навоза – 0,98 единиц по вспашке и 1,12 единиц по дискованию. Дополнительное внесение

НРК повышало данный показатель соответственно в 1,3 и 1,5 раза.

Внесение ассоциативных удобрений способствовало определенному росту инвертазной активности на всех вариантах, причем самые высокие показатели отмечены на вариантах 80 т + НРК + ас. уд. (1,46 у. е.) и 40 т + РК + ас. уд. (1,65 у. е.) – по дискованию и 1,34–1,41 у. ед., соответственно, по вспашке.

Возможно, что данные органоминеральные комплексы в совокупности с ассоциативными экологическими субстратами обладают более подвижным энергетическим материалом и расщепляются инвертазой активнее. Инвертазная активность была гораздо выше при дисковании по всем вариантам опыта и срокам отбора.

В процессе обмена веществ и энергии в почве важное место принадлежит окислительно-восстановительным ферментам. В основе синтеза гумусовых компонентов почвы лежат окислительно-восстановительные процессы, в которых участвуют такие ферменты, как каталаза, полифенолоксидаза, пероксидаза. Различные фенольные соединения растительных остатков после их окисления при участии оксидаз переходят в биохимически активную хиноидную форму и впоследствии, в результате реакции поликонденсации, полимеризации и связывания с азоторганическими соединениями, образуют молекулы гуминовых кислот.

Роль каталазы в почве заключается также в том, что она разрушает ядовитую для организма перекись водорода, которая образуется в процессе дыхания живых организмов и в результате различных биохимических реакций окисления органического вещества.

Нами отмечено, что каталазная активность имеет менее четкую реакцию по вариантам опыта. Весной (апрель) каталазная активность почвы при обоих способах обработки почвы была примерно одинаковой и составила в среднем: по вспашке – 4,31 и дискованию – 4,96 у. е. (рис. 29).

Результаты образцов, отобранных в третий срок (после уборки культуры), показали, что каталазная активность снова возросла. В среднем по опыту на участке с оборотом пласта она составила 4,17, без оборота – 5,84 у. е., или увеличилась на 14,0 %.

Следует отметить, что применение ассоциативных удобрений в определенной

степени усиливало каталазную активность почвы, особенно в вариантах, где вносился навоз.

Причем, рост данного показателя был большим в вариантах с двойной дозой навоза. Так, каталазная активность в опыте с оборотом пласта в варианте 7 составила 3,50 у. е. в июле и 4,25 у. е. в сентябре, а в варианте 8 – соответственно 4,00 и 4,50 у. е. В опыте без оборота пласта ассоциативные удобрения увеличивали данный показатель в еще большей степени. В варианте 7 он достигал 5,00 у. е. в июле и возрастал до 6,25 у. е. в сентябре, в варианте 8 – 4,50 и 7,25 у. е. соответственно.

Резюмируя вышеизложенное, можно заключить, что увеличение каталазной активности было большим в условиях обработки дискованием. Вероятно, это происходит вследствие того, что этот способ обработки создает более эффективный газообмен почвенной среды, оптимизирует «дыхание почвы» и способствует также более активному катализу минеральной части.

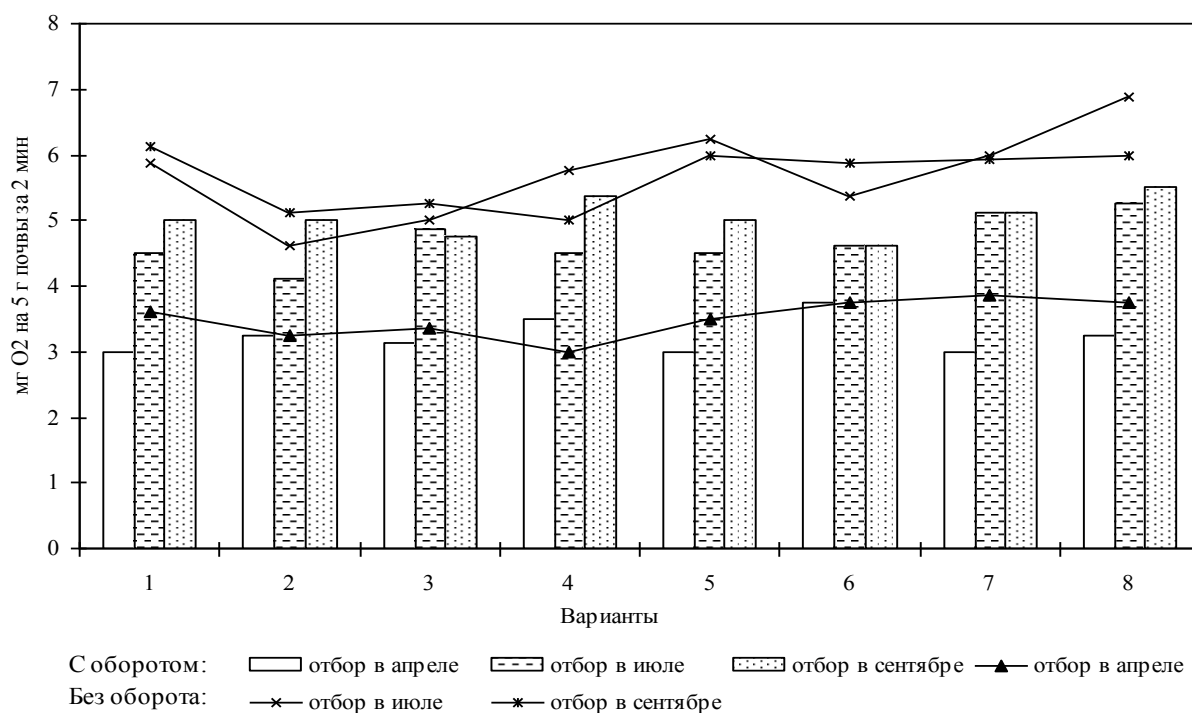


Рисунок 29 – Влияние удобрений и способов обработки почвы на каталазную активность

1 – 40 т навоза; 2 – 40 т навоза + NPK; 3 – 40 т навоза + PK + ас. уд.; 4 – 40 т навоза + NPK + ас. уд.;
5 – 80 т навоза; 6 – 80 т навоза + NPK; 7 – 80 т навоза + ас. уд.; 8 – 80 т навоза + NPK + ас. уд.

Дерново-подзолистая почва характеризуется довольно низкой пероксидазной и полифенолоксидазной активностью.

Пероксидаза почв предположительно, по мнению Ф. Х. Хазиева, Л. А. Корягиной и др., участвует в процессах, имеющих важное значение для почвенного плодородия, таких, как разложение гумусовых веществ почвы, фенольных веществ растительных остатков, в утилизации перекиси водорода, образующейся в процессах жизнедеятельности почвенной биоты. Обогащение почвы пероксидазой в значительной мере связано с жизнедеятельностью корней. Наиболее высокая пероксидазная активность наблюдается под травами, имевшими на протяжении вегетации больше живых корней на навеску почвы. После уборки пероксидазная активность быстро снижается, несмотря на попадание в почву большого количества отмерших остатков, что свидетельствует об участии живых корней в обогащении почв ферментом. Пероксидаза более низкая под чистым паром, а под растениями, в зависимости от их биологических особенностей, она возрастает.

В опыте с учетом сезонной динамики наиболее высокие показатели пероксидазной активности (табл. 22) имели место весной (апрель).

Таблица 22 – Влияние удобрений и способов обработки почвы на активность полифенолоксидазы и пероксидазы (среднее по определениям)

Варианты опыта	Пероксидаза, мг бензохинона на 10 г почвы за 30 мин при 30 °С		Полифенолоксидаза, мг бензохинона на 10 г почвы за 30 мин при 30 °С		Условный коэффициент гумусонакопления, %	
	Вспашка	Дискование	Вспашка	Дискование	Вспашка	Дискование
Контроль 40 т навоза	0,39	0,36	0,88	1,0	225	285
40 т + NPK	0,38	0,36	0,92	0,93	242	258
40 т + PK + ас. уд.	0,46	0,35	0,86	0,96	187	274
40 т + NPK + ас. уд.	0,44	0,40	0,96	0,96	218	240
80 т навоза	0,43	0,36	0,96	1,42	223	394
80 т + NPK	0,37	0,50	0,88	1,07	238	214
80 т + PK + ас. уд.	0,37	0,45	0,93	1,07	251	237
80 т + NPK + ас. уд.	0,42	0,46	0,92	0,23	219	202

В более поздние сроки отбора активность данного фермента снижалась. Следует отметить, что абсолютные величины пероксидазной активности в июле в опыте с оборотом пласта были несколько ниже, чем без оборота. В среднем по опыту этот показатель в первом случае составил 0,38 у. е. и 0,44 у. е. во втором, или на 15,7 % выше. Более высоким данный показатель был в вариантах с совместным внесением навоза и полного минерального удобрения. Ассоциативные удобрения не оказали существенного влияния на данный показатель.

Самые низкие показатели активности пероксидазы были в варианте с совместным внесением одинарной дозы навоза (40 т/га + NPK) как в опыте с оборотом пласта (0,23 у. е.), так и без оборота (0,31 у. е.).

Исходя из положения, что полифенолоксидаза участвует в превращении органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса, а ее активность в почве находится в прямой зависимости от содержания гумуса, можно полагать, что ее снижение свидетельствует об ухудшении условий для гумусообразования.

Закономерности, имевшие место в отношении пероксидазной активности, отмечаются и для полифенолоксидазной активности.

Так, максимум полифенолоксидазной активности приходился на апрель, в июле месяце активность снижалась и наименьшей была в сентябре. При бесплужной обработке активность полифенолоксидазы была на 14 % выше по сравнению со вспашкой.

Формирование почвенного плодородия тесно связано с ферментативными процессами. Обнаружена прямая связь содержания полифенолоксидазы с содержанием гумуса, а для пероксидазы – обратная. Исследования авторов показали, что коэффициент гумусонакопления четко коррелирует с обработкой почвы, и эта зависимость сохраняется по всем вариантам опыта. При обработке почвы без оборота пласта (дискование) условный коэффициент гумусонакопления в среднем был выше по сравнению со вспашкой (табл. 23).

Самое высокое гумусонакопление при возделывании картофеля было в вариантах с применением чистого навоза (80, 40 т/га). При совместном применении навоза и минеральных удобрений коэффициент снижался, особенно в вариантах с

применением азота (N 110, 60 кг/га).

Наиболее высокая активность ферментов была в целинном аналоге (табл. 23). В целом по профилю наиболее высокой активностью ферментов и продуктивностью метаболизма характеризуется гумусово-аккумулятивный горизонт (A1) почвенного профиля. В подзолистом горизонте активность ферментов резко снижается (A2).

Таблица 23 – Ферментативная активность почвы

Активность ферментов	Целинный аналог		Опытное поле	
	A1	A2	A1	A2
Инвертаза	3,52	0,44	1,25	0,22
Фосфатаза	1,54	0,14	0,51	0,00
Протеаза	5,86	0,80	1,50	0,15
Каталаза	18,50	1,30	1,30	0,70
Полифенолоксидаза	1,03	0,18	0,53	0,20
Пероксидаза	0,65	0,33	0,44	0,30

Уровень активности ферментов в почве целинного аналога превосходил уровень в почвах опытного поля по каталазе в 14,3 раза, протеазе – 3,9 раза, фосфатазе – 3, инвертазе – в 2,9 раза.

Различия по пероксидазе и полифенолоксидазе были менее значимы (47 % и 94 % соответственно). Следовательно, сравнение уровней ферментативной активности и характера профильного распределения ферментов в целинном аналоге и почве, задействованной в сельскохозяйственном обороте, отражает те изменения, которые происходят в почве при сельскохозяйственном использовании.

Многие авторы считают, что пероксидаза и полифенолоксидаза непосредственно участвуют в процессах превращения углерода и гумусовых веществ в почве.

Пероксидаза катализирует процессы разложения гумусовых веществ и их компонентов, а полифенолоксидаза – реакции синтеза. Поскольку в почве оба процесса идут одновременно, то количество гумуса в почве определяется соотношением этих двух противоположно направленных процессов.

Таким образом, становится понятно, почему при обработке почвы без оборота пласта количество гумуса в почве увеличивается более интенсивно по сравнению со вспашкой.

Обработка почвы является радикальным средством регулирования сложных

микробиологических процессов, протекающих в почве, в том числе и ферментативной активности, поскольку ферменты продуцируются всей совокупностью живых микроорганизмов почвы, и формирование почвенного плодородия тесно связано с ферментативными процессами.

Подытоживая вышеизложенное, в целом необходимо отметить, что на ферментативную активность почвы оказывали влияние время отбора образцов, система удобрений, способы обработки почвы и возделываемые сельскохозяйственные культуры.

3.5 Динамические процессы содержания свободных почвенных аминокислот на различных уровнях агроэкологического воздействия

В качестве критерия биологической активности и оценки азотного режима почв многие исследователи используют такой показатель, как содержание свободных аминокислот. Чаще всего в почвах наблюдается нехватка азота. Он же и определяет величину урожаев сельскохозяйственных культур. Поэтому важно правильно определить фракции органического вещества почв в зависимости от внесения различных доз и видов удобрений и использовать это в диагностике степени окультуренности почв и в расчете доз удобрений.

Анализ содержания свободных аминокислот проводился экстракцией 20%-ным этанолом из почвенной суспензии с вакуумным выделением аминной фракции, осаждением после выпаривания изопропиловым спиртом и идентификацией бумажной разделительной хроматографией (качественного состава – реакция с изатином, количественное иллюирование 80%-ным этанолом по реакции с нингидрином с фотокolorиметрическим окончанием при длине волны 540 нм).

Динамика содержания свободных аминокислот и аминного азота в почве при возделывании пелюшко-овсяно-райграсовой смеси определялась в следующие сроки: 1 – апрель, 2 – июль), 3 – в период отрастания поукосной культуры – райграса однолетнего (через месяц после уборки пелюшко-овсяной смеси).

Отметим, что содержание свободных аминокислот определяется многочисленными факторами, в частности, сроками отбора почвенных образцов, выращивае-

мой культурой, погодными условиями, вносимыми удобрениями, способами обработки почвы.

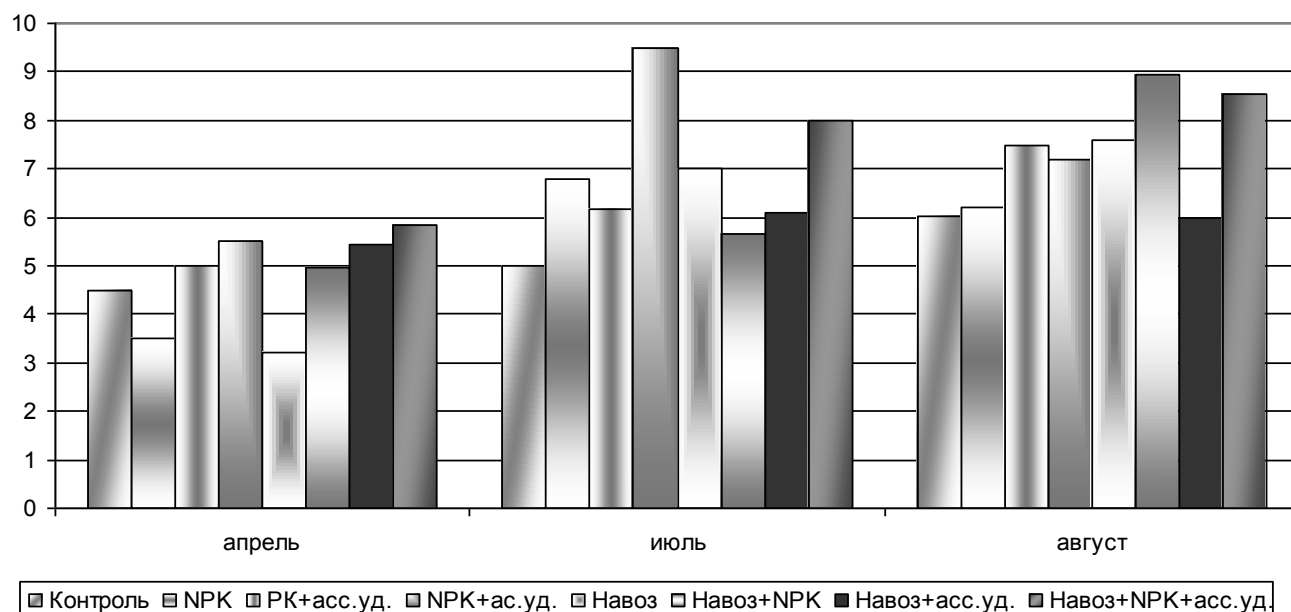


Рисунок 30 – Содержание свободных аминокислот в почве, мг/кг почвы (вспашка)

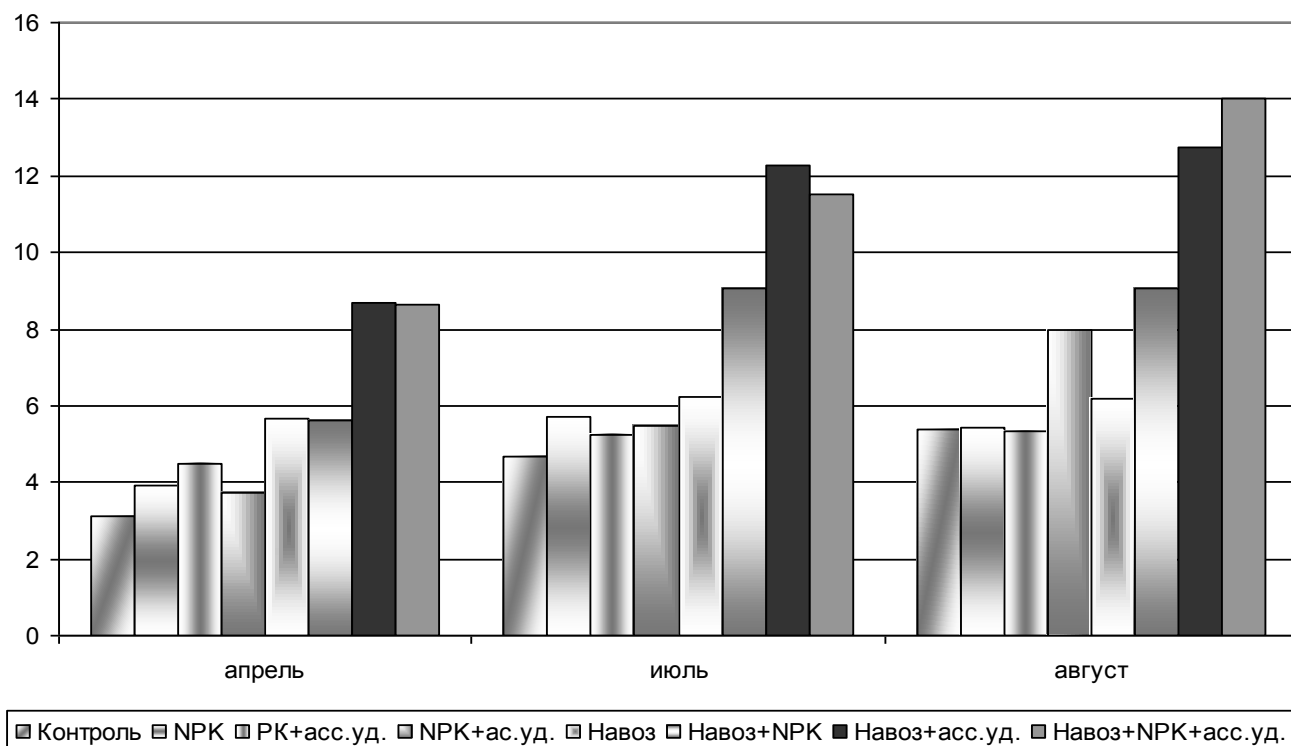


Рисунок 31 – Содержание свободных аминокислот в почве, мг/кг почвы
(дискование)

В наших исследованиях отчетливо проявляется влияние удобрений, в особенности навоза и ассоциативных удобрений, а также способов обработки почв на со-

держание свободных аминокислот (рис. 30. 31).

По содержанию свободных аминокислот под пелюшко-овсяно-райграсовой смесью выделяются варианты с навозом и ассоциативными удобрениями, а также с внесением NPK (табл. 24). Самое низкое содержание аминокислот было на вариантах без удобрений. Показатели содержания аминокислот на этих вариантах колебались от 4,5 до 6,02 мг/кг почвы при вспашке и от 3,1 до 5,4 мг/кг – при дисковании.

Таблица 24 – Содержание свободных аминокислот и аминного азота в почве при разных способах обработки почвы и видах удобрений (мг/кг почвы)

Варианты	Сроки отбора проб			Среднее
	Апрель	Июль	Август	
Вспашка				
1. Без удобрений	4,50/0,51	5,00/0,58	6,02/0,70	5,17/0,59
2. NPK	3,50/0,35	6,80/0,75	6,21/0,74	5,50/0,61
3. PK + ас. уд.	5,00/0,55	6,17/0,83	7,50/0,97	6,20/0,78
4. NPK +ас. уд.	5,50/0,72	9,49/1,05	7,18/0,95	7,39/0,91
5. Навоз	3,20/0,38	7,00/0,75	7,58/0,84	5,93/0,65
6. Навоз + NPK	4,98/0,64	5,66/0,67	8,95/1,02	6,53/0,78
7. Навоз + ас. уд.	5,45/0,70	6,10/0,65	6,00/0,57	5,85/0,64
8. Навоз + NPK+ ас. уд.	5,83/0,75	8,00/0,79	8,55/0,91	7,46/0,82
Дискование				
1. Без удобрений	3,10/0,36	4,69/0,53	5,40/0,60	4,40/0,49
2. NPK	3,90/0,40	5,71/0,69	5,45/0,69	5,02/0,59
3. PK + ас. уд.	4,50/0,51	5,24/0,57	5,35/0,61	5,03/0,56
4. NPK +ас. уд.	3,75/0,48	5,46/0,70	8,00/0,87	5,74/0,68
5. Навоз	5,65/0,60	6,25/0,92	6,20/0,80	6,03/0,77
6. Навоз + NPK	5,60/0,53	9,08/1,02	9,05/1,04	8,06/0,86
7. Навоз + ас. уд.	8,69/0,93	12,25/1,35	12,75/1,52	11,23/1,27
8. Навоз + NPK+ ас. уд.	8,66/1,08	11,50/1,13	14,00/1,62	11,39/1,28

Примечание. В числителе – аминокислоты; в знаменателе – аминный азот

Содержание аминокислот увеличивалось от апреля к августу по всем вариантам и видам обработки почвы под пелюшко-овсяно-райграсовой смесью.

При внесении минеральных удобрений среднее содержание аминокислот и амин-

ного азота увеличивалось от 5,17 до 7,39 мг/кг почвы по вспашке и от 4,40 до 5,74 при дисковании. В варианте с навозом в чистом виде содержание аминокислот и аминного азота было невысокое и колебалось от 5,93 при вспашке до 6,03 при дисковании.

Внесение минеральных удобрений с микробиологическими препаратами и особенно органоминеральных по бесплужной обработке заметно увеличивало пул аминокислот, таких, как серин, глицин, треонин, тирозин, глютаминовая кислота. Общее содержание аминокислот на этих вариантах при дисковании увеличивалось в 1,5–2,2 раза по сравнению со вспашкой. И в целом при дисковании по всем вариантам содержание аминокислот и аминного азота было выше, соответственно, на 13,8% и на 12,4% (см. табл. 25). Эти данные отражают динамику трансформации азотсодержащих органических веществ в зависимости от внесения удобрений и видов обработки почвы (см. рис. 30, 31).

Определение свободных аминокислот и аминного азота в почве при возделывании картофеля велось в два срока:

- I – до внесения удобрений (апрель),
- II – после уборки картофеля (сентябрь).

Данные хроматографического анализа показали довольно значительный набор свободных аминокислот. Было идентифицировано 12 аминокислот: аспарагиновая, серин + глицин, глютаминовая, треонин, аланин, тирозин, валин + метионин, фенилаланин, лейцин, гамма-аминомасляная (ГАМК).

Суммарное их содержание варьирует в опыте с оборотом пласта от 2,45 до 5,99 мг/кг почвы, в опыте без оборота пласта – от 1,98 до 5,05 мг/кг почвы (табл. 25, 26). Так, общее их содержание весной по вспашке было меньше, чем на участке, где проводилось дискование (2,45–3,85 против 3,86–4,80). После уборки культуры, наоборот, содержание аминокислот в почве на участке с оборотом пласта было значительно выше, чем по дискованию (5,09–5,99 против 1,98–5,05).

Проведенные исследования показали, что количественный состав отдельных аминокислот в почвах по вариантам опыта был достаточно изменчив.

Таблица 25 – Содержание свободных аминокислот в дерново-подзолистой супесчаной почве под картофелем, мг/кг почвы (опыт с оборотом пласта)

Аминокислоты	40 т навоза	40 т + NPK	40 т + PK + ас.уд.	40 т + NPK + ас.уд.	80 т навоза	80 т + NPK	80 т + ас.уд.	80 т + NPK + ас.уд.
<i>До внесения удобрений</i>								
Аспарагиновая	0,26	0,28	0,22	0,33	0,44	0,36	0,41	0,30
	10,4	10,2	8,9	11,8	11,6	10,0	10,6	8,6
Серин + глицин	0,30	0,24	0,35	0,27	0,38	0,45	0,55	0,37
	12,0	13,2	14,00	9,6	10,0	12,5	14,3	10,6
Глутаминовая	0,48	0,47	0,55	0,50	0,42	0,50	0,36	0,61
	19,2	17,2	22,4	17,8	11,0	13,8	9,3	17,5
Треонин	0,29	0,47	0,21	0,28	0,46	0,37	0,23	0,24
	11,6	17,2	8,6	10,0	12,1	10,2	5,9	6,9
Аланин	0,24	0,19	0,27	0,21	0,39	0,35	0,38	0,38
	9,6	6,9	11,0	7,5	10,2	9,7	9,8	10,9
ГАМК	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Тирозин	0,41	0,49	0,33	0,55	0,84	0,63	0,57	0,51
	16,4	17,9	13,5	19,6	22,1	17,5	14,8	14,6
Валин + метионин	0,23	0,14	0,17	0,29	0,17	0,27	0,29	0,32
	9,2	5,1	6,9	10,3	4,4	7,5	7,5	9,2
Фенилаланин	0,00	0,00	0,0	0,0	0,19	0,23	0,29	0,36
					5,0	6,3	7,5	10,4
Лейцин	0,29	0,45	0,35	0,37	0,51	0,44	0,48	0,38
	11,6	16,5	14,3	13,2	13,4	12,2	12,5	10,9
Общее количество аминокислот	2,50	2,73	2,45	2,80	3,8	3,6	3,85	3,47
Азот (N) аминокислот	0,28	0,30	0,28	0,30	0,42	0,40	0,40	0,38
<i>После уборки картофеля (сентябрь)</i>								
Аспарагиновая	0,92	1,05	0,9	0,75	0,82	0,94	0,94	0,64
	18,0	19,4	16,1	13,2	14,0	16,5	16,7	10,6
Серин + глицин	1,25	1,31	1,35	1,19	1,11	0,89	1,27	1,26
	24,5	24,2	24,2	20,9	10,0	15,6	22,6	21,0
Глутаминовая	1,15	1,12	1,31	1,18	0,89	1,19	1,19	0,97
	22,5	20,7	23,5	20,7	15,1	20,9	21,2	16,2
Треонин	0,31	0,37	0,22	0,63	0,53	0,55	0,26	0,37
	6,1	6,9	3,9	11,0	9,1	9,6	4,6	6,2
Аланин	0,63	0,92	1,04	0,64	0,7	0,78	0,94	0,82
	12,3	17,0	18,6	11,3	12,0	13,7	16,7	13,7
ГАМК	0,01	0,0	0,04	0,0	0,05	0,04	0,13	0,0
Тирозин	0,18	0,18	0,20	0,67	0,69	0,35	0,26	0,75
	3,5	6,4	3,5	11,8	11,8	6,2	4,9	12,5
Валин + метионин	0,0	0,05	0,01	0,0	0,05	0,0	0,05	0,14
	0,0	0,9	0,2		0,8		0,8	2,3
Фенилаланин	0,02	0,0	0,02	0,02	0,17	0,08	0,05	0,02
	0,4		0,3	0,4	2,9	1,4	0,8	0,3
Лейцин	0,62	0,40	0,49	0,60	0,81	0,87	0,51	1,02
	12,2	7,4	8,7	10,5	13,9	15,3	9,0	17,0
Общее количество аминокислот	5,09	5,4	5,58	5,68	5,82	5,69	5,62	5,90
Азот (N) аминокислот	0,63	0,68	0,70	0,67	0,69	0,67	0,69	0,75

Таблица 26 – Содержание свободных аминокислот в дерново-подзолистой супесчаной почве под картофелем, мг/кг почвы (опыт без оборота пласта)

Аминокислоты	40 т навоза	40 т + NPK	40 т + PK + ас.уд.	40 т + NPK + ас. уд.	80 т навоза	80 т + NPK	80 т + ас. уд.	80 т + NPK + ас.уд.
<i>До внесения удобрений</i>								
Аспарагиновая	0,34	0,32	0,41	0,50	0,90	0,73	0,64	0,77
	8,7	8,3	9,9	12,3	19,5	19,9	14,3	16,0
Серин + глицин	0,46	0,48	0,62	0,56	0,72	0,86	0,80	0,94
	2,5	12,4	15,0	13,8	15,6	19,0	17,9	19,6
Глютаминовая	0,56	0,68	0,66	0,49	0,56	0,33	0,48	0,26
	14,4	17,6	15,9	12,0	12,2	7,3	10,7	5,4
Треонин	0,17	0,24	0,28	0,37	0,10	0,14	0,16	0,30
	4,3	6,3	6,7	9,1	2,2	3,1	3,6	6,3
Аланин	0,41	0,39	0,39	0,34	0,48	0,55	0,58	0,59
	10,5	10,1	9,4	8,4	10,4	12,1	13,0	12,3
ГАМК	0,12	0,05	0,07	0,01	0,01	0,13	0,03	0,07
Тирозин	0,39	0,20	0,29	0,39	0,59	0,45	0,37	0,39
	10,0	5,2	7,0	9,6	12,8	9,9	8,3	8,1
Валин + метионин	0,46	0,56	0,44	0,61	0,27	0,18	0,15	0,17
	11,8	14,5	10,7	15,1	5,8	3,9	3,3	3,5
Фенилаланин	0,17	0,25	0,19	0,13	0,17	0,27	0,21	0,21
	4,4	6,4	4,6	3,2	3,7	5,97	4,7	4,4
Лейцин	0,81	0,69	0,78	0,66	0,80	0,88	1,04	1,10
	20,8	17,8	11,6	13,3	17,4	19,4	23,3	22,9
Общее количество аминокислот	3,89	3,86	4,13	4,05	4,60	4,52	4,46	4,80
Азот (N) аминокислот	0,45	0,45	0,48	0,47	0,53	0,54	0,53	0,58
<i>После уборки картофеля</i>								
Аспарагиновая	0,14	0,22	0,31	0,28	0,39	0,27	0,34	1,10
	7,0	10,8	10,3	8,2	11,1	10,6	9,0	21,7
Серин + глицин	0,29	0,37	0,79	0,58	0,72	0,35	0,71	0,92
	14,6	18,2	2,6	19,2	20,5	13,7	18,8	18,2
Глюта- миновая	0,25	0,26	0,38	0,47	0,45	0,33	0,56	1,07
	12,6	12,8	12,6	15,6	12,8	12,9	14,8	21,2
Треонин	0,20	0,10	0,13	0,24	0,19	0,12	0,16	0,16
	10,1	4,9	4,3	7,9	5,4	4,7	4,2	3,1
Аланин	0,25	0,18	0,35	0,52	0,42	0,22	0,47	0,89
	12,6	8,9	11,6	17,3	12,0	8,6	12,4	17,6
ГАМК	0,01	0,00	0,00	0,0	0,0	0,04	0,0	0,01
Тирозин	0,43	0,57	0,28	0,43	0,53	0,71	0,59	0,31
	21,7	28,0	9,3	14,3	15,1	27,9	15,6	6,1
Валин + ме- тионин	0,01	0,01	0,01	0,03	0,0	0,0	0,05	0,0
	0,5	0,5	0,3	0,9			1,3	
Фенил- аланин	0,17	0,10	0,27	0,25	0,17	0,13	0,0	
	8,6		3,3	8,9	7,1	6,69		
Лейцин	0,23	0,26	0,66	0,59	0,55	0,33	0,76	0,59
	11,6	12,8	21,9	19,6	15,7	12,9	20,1	11,7
Общее количество аминокислот	1,98	2,03	3,01	3,41	3,5	2,54	3,77	5,05
Азот (N) аминокислот	0,21	0,23	0,37	0,40	0,41	0,27	0,44	0,61

В почвах весеннего отбора в опыте без оборота пласта среди моноаминокарбоновых кислот максимальное содержание было у серина + глицин (2,5–19,6 %) от общего содержания аминокислот, аланина (8,4–13,0 %), лейцина (11,6–23,3). На участке с оборотом пласта абсолютные показатели по вышеназванным аминокислотам были значительно ниже.

Их содержание по вариантам представлено на рис. 32.

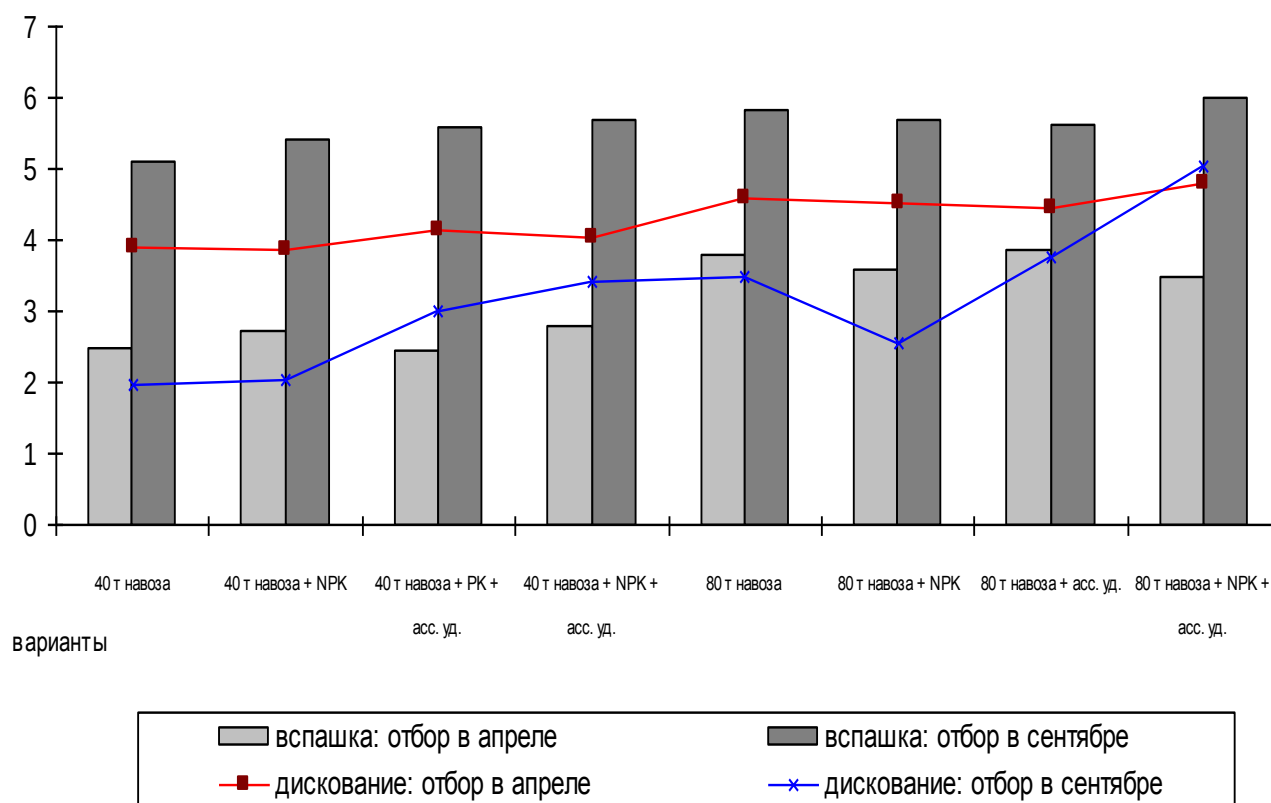


Рисунок 32 – Суммарное содержание свободных аминокислот в дерново-подзолистой супесчаной почве под картофелем, мг/кг почвы

Среди моноаминодикарбоновых кислот преобладает аспарагиновая кислота (8,3–19,9 %) в опыте без оборота пласта и глютаминовая (9,3–22,4 %) – в опыте со вспашкой. Из ароматических аминокислот можно выделить тирозин, содержание которого в опыте с оборотом пласта было в пределах 13,5–22,1 %.

Следует также отметить, что в опыте с оборотом пласта не была обнаружена ГАМК, не всегда идентифицировались фенилаланин, низкое содержание валин +

метионин (4,4–10,3 %), в опыте без оборота пласта отмечается очень низкое содержание ГАМК (0,2–3,0 %), треонина (2,2–9,1 %) и фенилаланина (3,2–6,4 %).

Анализ почвенных образцов II отбора (после уборки культуры) позволил сделать заключение о значительном влиянии удобрений на содержание свободных аминокислот. По их суммарному содержанию особенно выделяется опыт с оборотом пласта, в котором имело место увеличение содержания аминокислот на 2–155 %. Так, в варианте 40 т навоза + РК + ас. уд. количество аминокислот возросло на 52 %, в варианте 40 т навоза + NPK + ас. уд. – на 72 %, 80 т навоза – на 77 %, 80 т навоза + ас. уд. – на 90 % и 80 т навоза + NPK + ас. уд. – на 155 % по сравнению с контрольным вариантом (40 т навоза).

В случае обработки без оборота пласта также возрастало общее содержание аминокислот по вариантам опыта, но в значительно меньших пределах (6–18 %).

Следует также отметить, что ассоциативные удобрения расширяют пул свободных аминокислот не только в комплексе с 80 т навоза, но и с 40 т навоза, внесенного в чистом виде или совместно с РК или NPK удобрением.

Суммарное содержание свободных аминокислот в дерново-подзолистой супесчаной почве под картофелем при дисковании в апреле было значительно выше по всем вариантам опыта по сравнению со вспашкой (см. рис. 31). Это говорит о том, что обработка без оборота пласта создает благоприятный азотный режим в почве весной, в начале вегетации, когда азот необходим для растений. При вспашке самое высокое содержание свободных аминокислот наблюдалось в сентябре, когда растения закончили свою вегетацию, и азот аминокислот безвозвратно теряется без пользы для растений и загрязняет грунтовые воды. По содержанию свободных аминокислот под пелюшко-овсяно-райграсовой смесью выделяются варианты с навозом и ассоциативными удобрениями, а также с внесением NPK (табл. 27).

Самое низкое содержание аминокислот было на вариантах без удобрений. Показатели содержания аминокислот на этих вариантах колебались от 4,5 до 6,02 мг/кг почвы при вспашке и от 3,1 до 5,4 мг/кг – при дисковании.

Содержание аминокислот увеличивалось от апреля к августу по всем вариантам и видам обработки почвы под пелюшко-овсяно-райграсовой смесью.

При внесении минеральных удобрений среднее содержание аминокислот и аминного азота увеличивалось от 5,17 до 7,39 мг/кг почвы по вспашке и от 4,40 до 5,74 при дисковании. В варианте с навозом в чистом виде содержание аминокислот и аминного азота было невысокое и колебалось от 5,93 при вспашке до 6,03 при дисковании.

Таблица 27 – Содержание свободных аминокислот и аминного азота в почве при разных способах обработки почвы и видах удобрений (мг/кг почвы)

Варианты	Пелюшко-овсяно-райграсовая смесь, 1999 г.			
	Сроки отбора проб			Среднее
	Апрель	Июль	Август	
Вспашка				
1. Без удобрений	4,50/0,51	5,00/0,58	6,02/0,70	5,17/0,59
2. NPK	3,50/0,35	6,80/0,75	6,21/0,74	5,50/0,61
3. PK + ас. уд.	5,00/0,55	6,17/0,83	7,50/0,97	6,20/0,78
4. NPK +ас. уд.	5,50/0,72	9,49/1,05	7,18/0,95	7,39/0,91
5. Навоз	3,20/0,38	7,00/0,75	7,58/0,84	5,93/0,65
6. Навоз + NPK	4,98/0,64	5,66/0,67	8,95/1,02	6,53/0,78
7. Навоз + ас. уд.	5,45/0,70	6,10/0,65	6,00/0,57	5,85/0,64
8. Навоз + NPK+ ас. уд.	5,83/0,75	8,00/0,79	8,55/0,91	7,46/0,82
Дискование				
1. Без удобрений	3,10/0,36	4,69/0,53	5,40/0,60	4,40/0,49
2. NPK	3,90/0,40	5,71/0,69	5,45/0,69	5,02/0,59
3. PK + ас. уд.	4,50/0,51	5,24/0,57	5,35/0,61	5,03/0,56
4. NPK +ас. уд.	3,75/0,48	5,46/0,70	8,00/0,87	5,74/0,68
5. Навоз	5,65/0,60	6,25/0,92	6,20/0,80	6,03/0,77
6. Навоз + NPK	5,60/0,53	9,08/1,02	9,05/1,04	8,06/0,86
7. Навоз + ас. уд.	8,69/0,93	12,25/1,35	12,75/1,52	11,23/1,27
8. Навоз + NPK+ ас. уд.	8,66/1,08	11,50/1,13	14,00/1,62	11,39/1,28

Примечание. В числителе – аминокислоты; в знаменателе – аминный азот.

Внесение минеральных удобрений с микробиологическими препаратами и особенно органоминеральных по бесплужной обработке заметно увеличивало пул

аминокислот, таких как серин, глицин, треонин, тирозин, глютаминовая кислота. Общее содержание аминокислот на этих вариантах при дисковании увеличивалось в 1,5–2,2 раза по сравнению со вспашкой. И в целом при дисковании по всем вариантам содержание аминокислот и аминного азота было выше соответственно на 13,8 % и на 12,4 % (см. табл. 28).

Эти данные отражают динамику трансформации азотсодержащих органических веществ при внесении удобрений и видах обработки почвы (см. рис. 29, 30).

Содержание свободных аминокислот устойчиво диагностирует потенциальные возможности катализа процессов азотного метаболизма в целинных и окультуренных дерново-подзолистых почвах. Судя по данным табл. 28, суммарное содержание свободных аминокислот в почве целинного аналога в 1,3 раза выше, чем в почве опытного поля, по количеству аминного азота – в 1,2 раза.

Таблица 28 – Содержание аминокислот в почве (мг/кг почвы)

Аминокислоты	Целинный аналог		Опытное поле	
	A1	A2	A1	A2
Аспарагиновая	0,25	0,19	0,18	0,10
Серин + глицин	0,65	0,44	0,45	0,57
Глютаминовая	0,98	0,44	1,12	0,21
Треонин	0,47	0,21	0,84	0,12
Аланин	0,76	0,39	1,03	0,20
Тирозин	1,14	0,41	0,43	0,08
Валин + метионин	0,41	0,00	0,14	0,00
Фенилаланин	0,52	0,00	0,12	0,00
Лейцин	1,03	0,17	0,24	0,05
Общее количество аминокислот	6,21	2,25	4,55	1,33
Азот (N) аминокислот	0,08	0,45	0,54	0,37

Анализ количественного состава показывает, что в почве опытного поля выше содержание глютаминовой аминокислоты и аланина.

3.6 Нитрификационная и целлюлозолитическая активность дерново-подзолистых супесчаных почв при различных уровнях агроэкологического воздействия

Нитрификация является важным микробиологическим показателем, который отражает уровень азотного питания растений. Нитрификационный процесс завершает трансформацию органических азотсодержащих соединений в почве, при этом образуются нитраты и нитриты. От интенсивности нитрификации зависит степень обеспечения растений азотом. Отмечается взаимосвязь между нитрификацией в почве и потреблением нитратов растениями. Многие исследователи отмечают взаимосвязь между интенсивностью нитрификации и развитием целлюлозоразлагающих микроорганизмов, способных переводить в доступную форму сложные углеводы.

Все вышеизложенное побуждает исследователей к изучению влияния способов обработки почвы и удобрений на оптимизацию нитрификационных процессов. Однако следует учитывать то обстоятельство, что данный показатель очень динамичен и зависит от многочисленных факторов (агротехника, применяемые удобрения, метеорологические условия, сортовые и видовые особенности выращивания сельскохозяйственные культуры).

В авторских исследованиях определение нитрификационной активности почв проводилось по методике С. П. Кравкова в модификации почвенного института им. Докучаева (суммарное количество нитритного азота, образующегося при недельном компостировании почвы при $t = 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ и влажности 60 % от полной влагоемкости).

Отбор почвенных образцов проходил в следующие сроки:

- I – до закладки опыта (апрель);
- II – в период цветения культур (июнь);
- III – после уборки картофеля (сентябрь);
- IV – после уборки ячменя (июль).

Отбор почвенных образцов при возделывании клевера 1-го и 2-го года пользования проводился в следующие сроки:

- I – в первой декаде апреля;
- II – в третьей декаде мая (перед первым укосом клевера);

III – в третьей декаде июля (перед вторым укосом клевера).

Изучалось влияние двух способов обработки почвы (вспашка, дискование) и удобрений при возделывании пелюшко-овсяно-райграсовой смеси, картофеля, ячменя с подсевом клевера, клевера 1-го и 2-го годов пользования, озимого тритикале на активность нитрификации (табл. 29).

Таблица 29 – Нитрификационная активность почвы ($N-NO_3$, мг/кг почвы) под пелюшко-овсяно-райграсовой смесью.

Варианты	С оборотом пласта					Без оборота пласта				
	До закладки опыта (апрель)		После уборки пелюшко-овса (июль)		Среднее	До закладки опыта (апрель)		После уборки пелюшко-овса (июль)		Среднее
	1 год опыта	2 год опыта	1 год опыта	2 год опыта		1 год опыта	2 год опыта	1 год опыта	2 год опыта	
1. Без удобрений	92	72	36	50	62,5	94	65	40	59	64,0
2. NPK	86	74	38	56	63,5	22	55	98	–	68,0
3. PK + ас. уд.	80	76	36	60	63,0	88	70	40	61	64,5
4. NPK + ас. уд.	88	71	38	57	63,0	84	71	39	67	65,0
5. Навоз	88	72	38	52	62,5	83	69	45	66	65,5
6. Навоз + NPK	81	75	34	55	61,0	90	76	42	67	68,5
7. Навоз + ас. уд.	82	73	43	55	63,0	85	77	49	72	70,5
8. Навоз + NPK + ас. уд.	88	77	36	57	64,0	84	78	48	67	69,0
Среднее по опыту	87,5	73,7	38,6	55,7	63,9	90,3	72	45,5	65,8	68,3

Наиболее высокая нитрификационная активность почвы наблюдалась в апреле до закладки опыта (88–92 мг/кг почвы в первый год эксперимента, 72–77 мг/кг почвы во второй год опыта), что говорит о благоприятных условиях для превращения азотных соединений и накопления нитратного азота в этот период.

После уборки пелюшко-овсяной смеси содержание нитратного азота в первом году опыта уменьшилось в 2,3 раза, а во втором – в 1,3 раза. Не выявлено дифференциации нитрификационной активности по вариантам опыта, в том числе при внесении ассоциативных удобрений.

Показатели нитрификационной активности при вспашке в среднем за годы исследований по всем вариантам были ниже на 6,8 %, чем на вариантах с дискованием.

Наиболее высокая нитрификационная активность почвы под картофелем, так

же, как и под пелюшко-овсяно-райграсовой смесью, наблюдалась в апреле (69–77 мг/кг почвы в первом году опыта и 81–154 мг/кг почвы во втором) в период оптимальных условий влажности и температуры (табл. 30).

Таблица 30 – Нитрификационная активность почвы (N-NO₃, мг/кг почвы) под картофелем.

Варианты	С оборотом пласта						Среднее
	До внесения (апрель)		Цветение (июль)		Уборка (сентябрь)		
	1 год опыта	2 год опыта	1 год опыта	2 год опыта	1 год опыта	2 год опыта	
1. 40 т	76	130	—	72,4	56	56,2	62,5
2. 40 т + NPK	70	130	—	97,7	61	93,3	63,5
3. 40 т + РК + ас. уд.	77	128	—	93,3	62	93,3	63,0
4. 40 т + NPK + ас. уд.	74	138	—	97,7	62	93,3	63,0
5. 80 т	74	93,3	—	77,6	67	72,4	62,5
6. 80 т + NPK	72	102	—	77,6	62	77,6	61,0
7. 80 т + ас. уд.	70	100	—	97,7	67	58,9	63,0
8. 80 т + NPK + ас. уд.	72	133	—	114,8	68	77,6	64,0
Без оборота пласта							
1. 40 т	76	93,3	—	77,6	58	58,9	72,7
2. 40 т + NPK	70,5	151	—	134,9	57	100	102,7
3. 40 т + РК + ас. уд.	70,5	131	—	91,2	62,5	49,0	80,8
4. 40 т + NPK + ас. уд.	69	147	—	114,8	60	74,1	92,9
5. 80 т	74	138	—	97,7	60	58,9	85,7
6. 80 т + NPK	74	138	—	74,1	62	53,7	80,3
7. 80 т + ас. уд.	71	93,3	—	77,6	62	74,1	75,6
8. 80 т + NPK + ас. уд.	69	154	—	138,0	63	91,2	103,0

В период цветения картофеля и после его уборки отмечается постепенное снижение содержания нитратов в почве.

Внесение полного минерального удобрения на навозном фоне (40 т/га) способствовало значительному накоплению нитратов: в варианте 40 т + NPK до 97,7 (с оборотом пласта) и до 134,9 мг/кг (без оборота пласта) по сравнению с контролем (72,4–77,6 мг/кг). Увеличение количества навоза до 80 т/га не повышало данный показатель, который был практически на уровне контрольного варианта.

Дополнительное использование азобактерина на первом фоне не повышало нитрификационную способность почвы. В то же время в варианте 8 (II навозный фон) содержание N–NO₃ значительно возрастало – до 114,8 мг/кг на опыте с оборо-

том пласта и до 138 мг/кг – без оборота пласта.

В среднем за годы исследований нитрификационная активность в апреле, июле была выше при обработке почвы без оборота пласта на 15,4 и 10,6 % соответственно. И только после уборки картофеля (сентябрь) активность нитрификации по вспашке была выше на 11,1 % по всем вариантам опыта.

Авторами проводилось также определение нитрификационной активности почвы под ячменем с подсевом клевера.

Аналогично с предыдущей культурой (картофель) отмечается отчетливое влияние сроков отбора на нитрификационную активность. Наибольшее накопление нитратов отмечено в апреле (10,8–16,1 мг/кг почвы в опыте с оборотом пласта и 10,3–14,2 в опыте без оборота пласта) (табл. 31).

Таблица 31 – Нитрификационная активность почвы (N-NO₃, мг/кг почвы)
под ячмень + клевер

Вариант	С оборотом пласта				Без оборота пласта			
	До посева	Цветение	Уборка	Среднее	До посева	Цветение	Уборка	Среднее
1. Без удобрений	10,8	6,4	6,6	7,9	10,3	6,4	5,7	7,5
2. NPK	12,3	8,8	10,1	10,5	10,7	8,4	7,6	8,9
3. PK + ас. уд.	11,3	7,5	10,0	9,6	11,3	7,7	8,7	9,3
4. NPK + ас. уд.	14,5	6,9	9,5	10,5	14,2	8,7	10,6	11,1
5. 20 т	12,8	8,3	7,6	9,6	11,6	7,8	10,9	10,1
6. 20 т + NPK	14,3	7,4	11,8	11,1	12,6	8,1	9,9	10,2
7. 20 т + ас. уд.	13,9	9,6	12,0	11,8	11,9	8,1	10,0	10,0
8. 20 т + NPK + ас. уд.	16,1	9,6	10,3	12,0	13,8	9,2	10,6	11,3

В среднем за годы исследований в апреле величина нитрификационной активности почвы составляла 14,2–19,1 мг/кг почвы на вариантах с оборотом пласта и 13,1–16,7 мг/кг почвы при проведении безотвальной обработки почвы. При этом уровень показателей во втором году опыта был на 23–43 % выше, чем в первом, что связано, прежде всего, с более теплой и влажной весной во втором году эксперимента и, как следствие, с более высокой общей микробиологической активностью почвы.

Ко времени второго отбора почвенных проб (фаза цветения ячменя) имело ме-

сто значительное снижение содержания нитратов. Некоторый рост содержания $N-NO_3$ в период уборки (3-й отбор проб) связан с количеством осадков и оптимальным температурным режимом в начале августа, что создало оптимальные условия для нитрификаторов. Нами отмечено заметное влияние NPK, навоза, совместного внесения органических и минеральных удобрений на содержание $N-NO_3$. Активность нитрификации по всем вариантам опыта по вспашке была выше на 5,8 % по сравнению с дискованием.

Данные по влиянию удобрений и различных способов обработки почвы на уровень нитрификационной способности почвы под клевером 1-го года пользования за 2 года представлены в табл. 32.

Интенсивность нитрификации возрастает под влиянием последствия азотных удобрений. А при внесении фосфорно-калийных удобрений в почву прибавки в накоплении нитратов были незначительны или их не было совсем по сравнению с контролем (см. табл. 32) как по обработке почвы с оборотом пласта, так и по дискованию.

При внесении органоминеральных удобрений процесс нитратонакопления идет более энергично. Так, например, если при последствии азотных удобрений + РК (вариант 2) содержание нитратов в среднем за 2 года было 14,7 мг, то при последствии навоза и $N + РК$ содержание их составило 19,2 (вариант 6) по обработке с оборотом пласта и 14,6, и 16,6 соответственно – по дискованию.

В среднем за вегетацию по всем вариантам активность нитрификации под клевером первого года пользования была выше по вспашке на 6 % по сравнению с дискованием.

Общий уровень нитрификационной активности почвы под клевером 1-го года пользования был на 19–37 % выше, чем под покровной культурой (ячменем). Это объясняется более высоким содержанием биологического азота под клевером в результате симбиотической азотфиксации.

Последствие органических и азотных удобрений сказывалось на содержании нитратов не только в течение первого года, но и на следующий год. Нитрификационная активность почвы на посевах клевера 2-го года пользования на вариантах с

последствием азотных и органических удобрений была самая высокая. Эти различия по вспашке были более значимы, чем по дискованию, о чем свидетельствуют данные табл. 33.

Таблица 32 – Нитрификационная активность почвы ($N-NO_3$, мг/кг почвы)
под клевером 1-го года пользования в среднем за годы исследований

Вариант	1-й отбор (апрель)	2-й отбор (май)	3-й отбор (июль)	Среднее за вегетацию
С оборотом пласта				
1. Контроль (б/у)	14,8	11,1	10,15	12,0
2. Последействие N + РК	14,7	12,7	10,1	12,5
3. Последействие ас. уд. + РК	14,3	12,3	9,7	12,1
4. Последействие N, ас. уд. + РК	17,1	12,3	10,1	13,2
5. Последействие навоза	17,7	12,6	10,8	13,7
6. Последействие навоза и N + РК	19,2	14,1	10,6	14,6
7. Последействие навоза и ас. уд. + РК	17,4	11,4	10,4	13,2
8. Последействие навоза, N, ас. уд. + РК	17,8	13,1	11,2	14,0
Без оборота пласта				
1. Контроль (б/у)	13,0	10,7	9,6	11,2
2. Последействие N + РК	14,6	11,7	9,7	11,0
3. Последействие ас. уд. + РК	13,7	11,9	8,7	11,4
4. Последействие N, ас. уд. + РК	16,3	12,3	9,5	12,7
5. Последействие навоза	17,2	13,1	9,6	13,3
6. Последействие навоза и N + РК	16,4	12,1	10,7	13,2
7. Последействие навоза и ас. уд. + РК	16,7	13,2	10,0	13,3
8. Последействие навоза, N, ас. уд. + РК	16,6	14,1	10,1	13,6

Общий уровень нитрификационной активности почвы под клевером 2-го года пользования был на 38 % выше по вспашке и на 40,8 % по дискованию по сравнению с клевером 1-го года пользования, что свидетельствует о положительном влиянии симбиотических азотфиксаторов клевера 2-го года пользования на накопление общего азота в почве. Однако урожайность клевера 2-го года пользования была ниже на 24,7 % с оборотом пласта и на 14 % – без оборота. Это говорит о том, что взаимосвязь между нитрификацией и уровнем урожая отмечается не всегда. На торфяно-болотной почве, обладающей высокой нитрифицирующей способностью, эта

связь тоже отрицательная.

Таблица 33 – Нитрификационная активность почвы ($N-NO_3$, мг/кг почвы)
под клевером 2-го года пользования

Вариант	1-й отбор (апрель)	2-й отбор (май)	3-й отбор (июль)	Среднее за вегетацию
С оборотом пласта				
1. Контроль (б/у)	15,1	19,2	15,5	16,5
2. Последействие N + РК	17,3	20,6	16,0	18,0
3. Последействие ас. уд. + РК	14,2	20,1	15,1	16,5
4. Последействие N, ас. уд. + РК	16,8	20,9	15,9	17,9
5. Последействие навоза	19,7	19,8	16,3	18,6
6. Последействие навоза и N + РК	20,1	22,1	15,6	19,3
7. Последействие навоза и ас. уд. + РК	21,0	22,7	16,0	19,9
8. Последействие навоза, N, ас. уд. + РК	19,8	20,3	16,1	18,7
Без оборота пласта				
1. Контроль (б/у)	19,8	18,2	14,7	17,6
2. Последействие N + РК	15,8	19,3	14,8	16,6
3. Последействие ас. уд. + РК	16,0	19,1	15,1	16,7
4. Последействие N, ас. уд. + РК	15,2	21,3	15,3	17,3
5. Последействие навоза	17,0	19,8	15,0	17,3
6. Последействие навоза и N + РК	16,8	22,4	16,1	18,4
7. Последействие навоза и ас. уд. + РК	16,5	20,5	15,8	17,6
8. Последействие навоза, N, ас. уд. + РК	17,0	21,7	16,0	18,2

В ряде работ исследователи строго не придерживаются понятия «нитрифицирующая способность». Иногда за такую способность принимают исходное содержание нитратов в почве или нитратонакопление за время компостирования почвы. Нитрифицирующую способность почвы принято выражать как разность между накоплением азота в почве при компостировании в оптимальных условиях и количеством нитратов в почве до инкубации.

Нами было проведено изучение влияния различных систем удобрения и видов обработки почвы на изменение нитрификационной способности почвы под озимым тритикале (табл. 34). Результаты исследований показали, что более активное рыхление почвы – обработка почвы с оборотом пласта, а также внесение минерального

азота повышают уровень показателя в почве под культурой.

Таблица 34 – Нитрификационная активность почвы (N-NO₃, мг/кг почвы)
под озимым тритикале

Вариант	1-й отбор (апрель)	2-й отбор (май)	3-й отбор (июль)	Среднее за вегетацию
С оборотом пласта				
1. Контроль (б/у)	9,2	10,2	7,6	9,0
2. Последействие N + РК	8,9	19,1	8,0	12,0
3. Последействие ас. уд. + РК	9,1	10,4	7,3	8,9
4. Последействие N, ас. уд. + РК	9,6	12,8	8,2	10,2
5. Последействие навоза	8,9	10,4	7,7	9,0
6. Последействие навоза и N + РК	10,1	11,7	8,1	10,0
7. Последействие навоза и ас. уд. + РК	11,2	11,0	7,5	9,9
8. Последействие навоза, N, ас. уд. + РК	9,7	13,4	7,9	10,3
Без оборота пласта				
1. Контроль (б/у)	9,0	9,7	7,5	8,7
2. Последействие N + РК	9,1	11,9	7,7	9,6
3. Последействие ас. уд. + РК	8,4	10,1	7,1	8,5
4. Последействие N, ас. уд. + РК	8,7	12,6	8,0	9,8
5. Последействие навоза	9,3	19,4	7,3	12,0
6. Последействие навоза и N + РК	9,7	12,3	8,0	10,0
7. Последействие навоза и ас. уд. + РК	8,9	10,5	7,2	8,9
8. Последействие навоза, N, ас. уд. + РК	9,3	12,9	8,1	9,8

Данные табл. 33 и 34 показывают, что общий уровень нитрификационной активности почвы под клевером 2-го года пользования на 27–47 % выше, чем под озимым тритикале, что объясняется более высоким содержанием в почве биологического азота под клевером в результате симбиотической азотфиксации.

Влияние последействия органического удобрения на изменение нитрификационной активности почвы по вспашке не выявлено, а по дискованию последействие органических удобрений оказывало влияние и на третий год их внесения (вариант 5, табл. 34).

Резюмируя, следует отметить, что при внесении органических удобрений нитрификация начинается после латентной фазы, которой соответствует время, необхо-

димое для того, чтобы аммонифицирующая микрофлора вызвала минерализацию органического вещества с выделением аммиака. После этого нитрификация протекает интенсивно.

Указанные данные говорят о том, что латентная фаза при обработке почвы без оборота пласта длится по времени значительно дольше, поэтому последствие органических удобрений при такой обработке сохраняется и на третий год.

Процессы разложения клетчатки в почве позволяют судить об интенсивности биохимических процессов, биологическом круговороте элементов питания и обеспечении ими культурных растений, а, следовательно, о биологической активности почвы и уровне ее плодородия. Следует отметить, что условия жизнедеятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов близки к оптимальным для произрастания полевых культур. Поэтому биологическая активность, определяемая по скорости распада клетчатки, достаточно точно отражает тот комплекс почвенных условий, который действует на важнейший интегральный показатель – урожай.

Целлюлозолитическую активность (ЦА) определяли по степени разложения в почве фильтровальной бумаги, зашитой в мешочки из стеклоткани, помещенные в почву на глубину 0–30 см на 1,5 месяца. Повторность закладки проб по вариантам опыта 3-кратная. По истечении указанного срока мешочки извлекались из почвы, тщательно очищались от корневых волосков и почвы, высушивались до воздушно-сухого состояния и взвешивались. По разнице в весе определялось количество распавшейся клетчатки (в %).

Интенсивность разрушения клетчатки можно оценить по следующей шкале: очень слабая – <10, слабая – 10–30, средняя – 30–50, сильная – 50–80, очень сильная – > 80.

Анализируя результаты исследований по ЦА, можно заключить, что интенсивность распада клетчатки под изучаемыми культурами неодинакова. Так, при возделывании пелюшко-овсяной смеси с подсевом райграса однолетнего выявлено, что при разных системах обработки и удобрений создаются неоднозначные условия для жизнедеятельности микроорганизмов и, как следствие, ее целлюлозолитической активности (табл. 35).

Таблица 35 – Влияние удобрений и способов обработки на целлюлозолитическую активность дерново-подзолистой супесчаной почвы при возделывании пелюшко-овсяной смеси + райграса однолетнего, в среднем за годы исследований, %

Варианты	Опыт с оборотом пласта	Опыт без оборота пласта
1. Без удобрений	21	22,5
2. NPK	43	55
3. РК + ас. Уд.	53	61
4. NPK + ас. Уд.	46,5	61
5. Навоз	19	28
6. Навоз + NPK	29,5	52
7. Навоз + ас. Уд.	30,5	32,5
8. Навоз + NPK + ас. Уд.	34	45,5
НСР ₀₅	7,72	7,33

Результаты опыта показали, что удобрения оказывают существенное воздействие на целлюлозолитическую активность. Так, внесение минеральных удобрений (вариант NPK) существенно интенсифицировало этот процесс: в опыте с оборотом пласта – в 2,0 раза, в опыте без оборота пласта – в 2,4 раза по сравнению с контролем (в среднем за годы исследований). На вариантах с навозом этот показатель был невысоким и составлял 19 % по вспашке и 28 % при дисковании. Общеизвестно, что интенсивность распада в почве клетчатки зависит прежде всего от наличия в ней подвижного азота, особенно нитратных форм. Поэтому можно утверждать, что традиционная система «навоз + NPK» и «NPK» создает оптимальные условия для жизнедеятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов, а значит, и для питания пелюшко-овсяной смеси с подсевом райграса.

Весьма интересные результаты получены при анализе характера воздействия ассоциативных удобрений на фоне навоза и NPK. Разные по погодным условиям годы оказали большое влияние на эффективность данного удобрения. Как известно, интенсивность разложения целлюлозы зависит от влажности почвы, условий погоды, почвенно-экологических факторов. Так, во влажные годы, самая высокая ЦА отмечалась в вариантах NPK + ас. уд. и РК + ас. уд. (54–57 % и 81–86 % соответственно). В засушливые годы данная тенденция наблюдалась в этих же вариантах.

Однако показатели ЦА были значительно ниже (вариант РК + ас. уд. – 25–36 %, варианты NPK + ас. уд. – 36–68 % соответственно).

Таким образом, дополнительное внесение ассоциативных удобрений на фоне навоз + NPK усиливает целлюлозолитическую активность. В силу этого следует предполагать положительное воздействие ассоциативных удобрений на экологическую направленность в улучшении почвенного плодородия.

В среднем за годы исследований по всем вариантам опыта целлюлозолитическая активность почвы под пелюшко-овсяно-райграсовой смесью при дисковании была выше на 29 % по сравнению со вспашкой. В засушливые годы обработка без оборота пласта особенно повышала активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов: их активность была в 1,7 раза выше по всем вариантам в этом году, чем по вспашке. А по вариантам NPK + ас. уд., навоз + NPK показатели целлюлозолитической активности превышали предыдущие более чем 2 раза.

В звене севооборота нами также изучался характер активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов почвы при возделывании картофеля. Установлено, что под пропашной культурой (картофель) клетчатка разлагалась значительно интенсивнее (сильная степень разложения), чем под однолетними зернобобовыми. Так, целлюлозолитическая активность почвы под пелюшко-овсом с подсевом райграса однолетнего в среднем за годы исследований составила 19-61 %, в то время как под картофелем этот показатель был в пределах 37-96 % (табл. 36).

Внесение минеральных удобрений на фоне навоза (традиционная система удобрения картофеля) навоз 40 т + NPK и навоз 80 т + NPK интенсифицировало процесс разложения целлюлозы в опыте с оборотом пласта в 1,3–2,1 раза, в опыте без оборота пласта – в 1,2 раза.

Еще более высоким этот показатель был в варианте с внесением 80 т/га навоза. Увеличение дозы органических удобрений вдвое способствовало увеличению интенсивности распада клетчатки с 45-58 % до 74-84 % в опыте с оборотом пласта, с 60-61 % до 72-75 % – в опыте без оборота пласта.

Определенный интерес представляет изучение воздействия ассоциативной микрофлоры на фоне навоза, NPK и РК удобрений. По мнению исследователей, вклад

азотфиксирующих бактерий в азотный баланс почв при ассоциативной азотфиксации связан с их активным физиологическим состоянием в период быстрого развития растений.

Таблица 36 – Влияние удобрений и способов обработки почвы на целлюлозолитическую активность дерново-подзолистой супесчаной почвы под картофелем, в среднем за годы исследований, %

Варианты	Опыт с оборотом пласта	Опыт без оборота пласта
1. 40 т навоза	52	60
2. 40 т + NPK	79	76
3. 40 т + РК + ас. уд.	51	71
4. 40 т + NPK + ас. уд.	82	76
5. 80 т навоза	79	74
6. 80 т + NPK	88	65
7. 80 т + ас. уд.	57	57
8. 80 т + NPK + ас. уд.	81	74
НСР ₀₅	10,91	11,43

Особое значение приобретает в этом случае фактор увлажненности почвы. В связи с этим М. М. Умаров отмечает, что даже при сочетании многих факторов (температурный режим почвы, воздуха, освещенность, содержание соединений азота в почве, концентрация CO₂ в воздухе и др.) достаточно динамичный в течение вегетационного периода показатель влажности почвы часто является одним из главных стимулирующих величин ассоциативной азотфиксации. Так, в засушливые годы внесение азобактерина несколько интенсифицировало процесс разложения клетчатки. В вариантах с внесением ассоциативных удобрений, 40 т + РК + ас. уд., 40 т + NPK + ас. уд., 80 т + ас. уд., 80 т + NPK + ас. уд. отмечена сильная степень разложения клетчатки (73–82 %).

В годы с засушливым началом лета и дождливыми июлем-августом, а также во влажные годы имела место другая закономерность. В вариантах с внесением РК удобрений на навозном фоне ассоциативные микроорганизмы значительно снизили свою работоспособность. Целлюлозолитическая активность в этих вариантах (3 и 7) составила 28-48 % в опыте с оборотом пласта и 37-67 % без оборота пласта. Полное минеральное удобрение (2, 4, 6 и 8 варианты) значительно повышало этот показа-

тель на обоих способах обработки почвы (до 77-96 %).

Таким образом, традиционная органоминеральная система удобрения создает оптимальные условия для жизнедеятельности целлюлозоразлагающих микроорганизмов, а, следовательно, и для питания картофеля.

Таблица 37 – Влияние удобрений и способов обработки почвы на целлюлозолитическую активность дерново-подзолистой супесчаной почвы при возделывании ячменя с подсевом клевера, %

Варианты	Опыт с оборотом пласта	Опыт без оборота пласта
1. Без удобрений	46	73
2. NPK	77	97
3. РК + ас. уд.	63	72
4. NPK + ас. уд.	97	86
5. Навоз	53	93
6. Навоз + NPK	65	94
7. Навоз + ас. уд.	55	78
8. Навоз + NPK + ас. уд.	66	64
НСР ₀₅	9,37	11,79

В целом по опыту внесение азобактерина несколько усиливало целлюлозолитическую активность. Однако этот показатель в значительной степени зависел от способа заделки органических удобрений, от влажности и температуры почвы. В исследованиях проявилось неоднозначное воздействие способов обработки на данный показатель. Если в засушливый год минимализация обработок несколько усиливала процессы разложения клетчатки, то в смешанный год или влажный год заделка навоза под вспашку способствовала значительному усилению процессов разложения клетчатки (96 и 55 %; 89 и 66 %). Можно предположить, что чем интенсивнее протекают процессы разложения клетчатки, тем быстрее осуществляется биологический круговорот элементов питания и тем полнее культура обеспечивается питательными элементами. Данное положение нашло подтверждение в авторских исследованиях: установлена достоверная корреляционная связь между урожайностью картофеля и целлюлозолитической активностью почвы ($r = 0,61$).

Анализ данных ЦА под ячменем с подсевом клевера показал, что в целом уровень разложения целлюлозы был достаточно высокий – «сильная» и «очень силь-

ная» степень разложения клетчатки.

Внесение удобрений значительно повышало этот показатель. Причем, в вариантах с полным удобрением ЦА была, как правило, наивысшей. Степень разложения клетчатки в значительной мере связана с системой обработки почвы. В опыте анализируемый показатель в варианте без оборота пласта был на 25,8 % выше, чем по вспашке (см. табл. 37).

Резюмируя, следует отметить, что выявлено достоверно благоприятное влияние на целлюлозолитическая активность почвы внесение органических и ассоциативных удобрений. Выявлено, что вспашка снижает целлюлозолитическую активность дерново-подзолистой супесчаной почвы под изученными культурами. В тоже время установлена достоверная корреляционная связь между урожайностью картофеля и целлюлозолитической активностью почвы ($r = 0,61$).

Считаем, что для оптимизации условий произрастания культур и микробиологической активности почвы при высокой культуре земледелия, не целесообразно проводить обработки почвы, связанные с оборотом пласта.

Резюмируя, следует отметить:

1. Видовой и количественный состав почвенных микроорганизмов не является постоянной величиной и может колебаться в значительных пределах. На этот показатель влияет целый ряд факторов, в том числе и агротехнических (удобрения, обработка почвы)
2. Выявлено, что вспашка на дерново-подзолистых почвах эффективна только при применении минеральных удобрений. Если в почве достаточно свежего органического вещества, то в этом случае рыхление почвы более эффективно, чем вспашка. Этими данными, по-видимому, можно объяснить неоднозначность выводов многих исследователей относительно эффективности обработки почвы с оборотом пласта и без оборота
3. Установлена взаимосвязь удобрений и способов обработки почвы с численностью бактерий и урожайностью ячменя и клевера 2-го года пользования. На фоне внесения минеральных удобрений численность бактерий по вспаш-

ке и дискованию отличалась незначительно, и продуктивность ячменя на этом фоне по вспашке была выше на 3,1–9,3 %. На органоминеральном фоне численность бактерий при бесплужной обработке превышала их численность по вспашке на 25–71 %, и урожайность ячменя также была выше на 5,1–9,4 % при обработке почвы без оборота пласта. Примерно такая же закономерность сохраняется при рассмотрении взаимосвязей удобрений и способов обработки почвы с численностью бактерий и урожайностью клевера 2-го года пользования. Урожайность клевера на органоминеральном фоне была выше при дисковании на 3,4–7,0 %, а численность бактерий – на 2,9–41,0 % по сравнению со вспашкой.

4. Продемонстрировано снижение численности плесневых грибов на всех вариантах опыта в севообороте при обработке почвы с оборотом пласта (на 2,6–42,0 %) по сравнению с обработкой почвы без оборота пласта. Уменьшение содержания микроскопических грибов является одним из наиболее серьезных нарушений в составе почвенной биоты. Грибы – основные разрушители органического вещества и главные агенты процесса гумусообразования, так как основное цементирующее звено – гуминовые кислоты – образуются при значительном участии грибов. Снижение их численности приводит к быстрой минерализации гумуса, изменению физической структуры почвы, снижению ее плодородия в целом и нарушению круговорота веществ. Особенно если учесть, что биомасса грибов составляет 85–90 % от суммарной биомассы микроорганизмов, а длина грибного мицелия достигает 600–900 м/г почвы. При вспашке грибы из мицелиальной формы переходят в споровую, тем самым нарушается связь литосферы с фитоценозами, которая осуществлялась через мицелий грибов.
5. Выявлено, что вспашка на дерново-подзолистых супесчаных почвах эффективна только при применении минеральных удобрений. Если в почве достаточно свежего органического вещества, то в этом случае рыхление почвы более эффективно, чем вспашка. Этими данными, по-видимому, можно объяснить неоднозначность выводов многих исследователей относительно эффективности обработки почвы с оборотом пласта и без оборота.
6. Обработка почвы является радикальным средством регулирования сложных

микробиологических процессов, протекающих в почве, в том числе и ферментативной активности, поскольку ферменты продуцируются всей совокупностью живых микроорганизмов почвы, и формирование почвенного плодородия тесно связано с ферментативными процессами. Подытоживая вышеизложенное, в целом необходимо отметить, что на ферментативную активность почвы оказывали влияние время отбора образцов, система удобрений, способы обработки почвы и возделываемые сельскохозяйственные культуры.

7. Самое низкое содержание аминокислот было на вариантах без удобрений. Показатели содержания аминокислот на этих вариантах колебались от 4,5 до 6,02 мг/кг почвы при вспашке и от 3,1 до 5,4 мг/кг – при дисковании. Содержание аминокислот увеличивалось от апреля к августу по всем вариантам и видам обработки почвы под пелюшко-овсяно-райграсовой смесью. При внесении минеральных удобрений среднее содержание аминокислот и аминного азота увеличивалось от 5,17 до 7,39 мг/кг почвы по вспашке и от 4,40 до 5,74 при дисковании. В варианте с навозом в чистом виде содержание аминокислот и аминного азота было невысокое и колебалось от 5,93 при вспашке до 6,03 при дисковании.
8. Внесение минеральных удобрений с микробиологическими препаратами и особенно органоминеральных по бесплужной обработке заметно увеличивало пул аминокислот, таких как серин, глицин, треонин, тирозин, глютаминовая кислота. Общее содержание аминокислот на этих вариантах при дисковании увеличивалось в 1,5–2,2 раза по сравнению со вспашкой. И в целом при дисковании по всем вариантам содержание аминокислот и аминного азота было выше соответственно на 13,8 % и на 12,4 %. Эти данные отражают динамику трансформации азотсодержащих органических веществ при внесении удобрений и видах обработки почвы.
9. Содержание свободных аминокислот устойчиво диагностирует потенциальные возможности катализа процессов азотного метаболизма в целинных и окультуренных дерново-подзолистых почвах. Суммарное содержание свободных аминокислот в почве целинного аналога в 1,3 раза выше, чем в почве опытного поля, по количеству аминного азота – в 1,2 раза. Анализ количественного состава по-

казывает, что в почве опытного поля выше содержание глютаминовой аминокислоты и аланина.

10. Данные показывают, что общий уровень нитрификационной активности почвы под клевером 2-го года пользования на 27–47 % выше, чем под озимым тритикале, что объясняется более высоким содержанием в почве биологического азота под клевером в результате симбиотической азотфиксации.
11. Влияние последствий органического удобрения на изменение нитрификационной активности почвы по вспашке не выявлено, а по дискованию последствия органических удобрений оказывало влияние и на третий год их внесения.
12. Следует отметить, что при внесении органических удобрений нитрификация начинается после латентной фазы, которой соответствует время, необходимое для того, чтобы аммонифицирующая микрофлора вызвала минерализацию органического вещества с выделением аммиака. После этого нитрификация протекает интенсивно. Указанные данные говорят о том, что латентная фаза при обработке почвы без оборота пласта длится по времени значительно дольше, поэтому последствия органических удобрений при такой обработке сохраняется и на третий год.
13. Выявлено достоверно благоприятное влияние на целлюлозолитическую активность почвы внесение органических и ассоциативных удобрений. Установлено, что вспашка снижает целлюлозолитическую активность дерново-подзолистой супесчаной почвы под изученными культурами. В тоже время представлена достоверная корреляционная связь между урожайностью картофеля и целлюлозолитической активностью почвы ($r = 0,61$).
14. Считаем, что для оптимизации условий произрастания культур и микробиологической активности почвы при высокой культуре земледелия, не целесообразно проводить обработки почвы, связанные с оборотом пласта.
15. На основании проведенных исследований, считаем целесообразным предложить классификацию почв с учетом микробного пейзажа.

Основными параметрами при современной классификации почв являются: физические, химические свойства, плотность, структура, теплоемкость, содержание

органического вещества, эрозионная устойчивость и т. д. Такие параметры важны для оценки потенциального плодородия почвы, но они далеко не полные, так как не учитывают жизнедеятельность населяющих ее микроорганизмов. Несколько условная классификация почв с учетом микробного пейзажа изложена в работах А. М. Елисеева и И. В. Коровякова. Авторы предлагают следующую классификацию с учетом почвенной биоты.

Болезнетворные почвы содержат более 5 % от общей микрофлоры микроорганизмов типа *Fusarium*. На таких почвах образуются продукты неполного окисления (аммиак, диоксид углерода, метан и др.), токсичные для растений. Многие культурные растения на таких почвах заболевают корневыми гнилями. Наиболее часто образуют токсины грибы из рода аспергиллюс, фузариум, мукор, ризопус. В настоящее время большинство пахотных почв по микрофлоре относятся к болезнетворным.

Здоровые почвы содержат микрофлору, продуцирующую большое количество антибиотиков (*Trichoderma*, *Aspergillus*, *Streptomyces*). Содержание грибов класса *Fusarium* меньше 5 %. Такие почвы имеют хорошую проницаемость для воздуха и воды. Растения на таких почвах редко повреждаются вредителями и болезнями. Они имеют приятный аромат после обработки. Содержание метана, диоксида углерода, аммиака в таких почвах незначительное.

Синтезирующие почвы содержат значительное количество микроорганизмов (цианобактерии, зеленые, синезеленые водоросли). При достаточной влажности названные почвы способны поддерживать хорошее плодородие даже при небольших количествах гумуса. Такие микроорганизмы находятся в верхних слоях почвы, синтезируют органические вещества, как и растения. За год они могут синтезировать до 1,5 т/га органических веществ.

Это несколько упрощенная классификация почв, основанная на функциях преобладающих типов микроорганизмов. В природе они не всегда четко определяются, потому что при достаточном внесении органических удобрений или внесении в почву эффективных микроорганизмов, правильной агротехнике возделывания сельскохозяйственных культур болезнетворные почвы могут перейти

в здоровые или синтетические, внося смешанные культуры эффективных микроорганизмов. Для сельскохозяйственного использования наиболее желательна почва, которая обладала бы свойствами здоровой и синтетической почвы. Такие почвы дают самые высокие урожаи с наименьшими затратами.

Увеличение урожайности при применении эффективных микроорганизмов вначале не всегда стабильно, и объясняется это тем, что на некоторых болезнетворных почвах требуется более длительный период адаптации эффективных микроорганизмов к условиям, чтобы они стали преобладающей генеративной частью местной микрофлоры.

3.7 Агроэкологические особенности накопления корневых и пожнивных остатков

3.7.1 Накопление корневых и пожнивных остатков под смесью пелюшко-овес + райграсс однолетний

Нами велись наблюдения и учеты за накоплением растительных остатков в почве под пелюшко-овсяной смесью с подсевом райграсса однолетнего в зависимости от вносимых удобрений и способов обработки почв.

После уборки пелюшко-овсяной смеси остатки стерни в опыте с оборотом пласта (табл. 38) в среднем за годы исследований составляли 5,6–10,4 ц/га, корней – 24,4–28,6 ц/га и 7,6–10,4 ц/га стерни и 28,6–43,8 ц/га корней без оборота пласта.

Таблица 38 – Влияние удобрений и обработки почвы на сухую массу растительных остатков пелюшко-овсяной смеси с подсевом райграсса однолетнего, ц/га

Вариант	Стерня	Корни	Всего свежих остатков	Полуразложившиеся остатки	Разложившиеся остатки	Всего отмерших остатков	Всего растительных остатков
<i>С оборотом пласта</i>							
1. Без удобрений	5,6	24,4	30,1	16,4	14,8	36,4	66,4
2. NPK	7,2	24,4	31,7	16,2	17,7	34,0	65,6
3. РК + ас. уд.	6,9	28,4	35,4	16,8	21,0	37,7	73,0
4. NPK + ас. уд.	10,4	24,6	35,0	16,8	14,2	31,0	66,0
5. Навоз	8,0	25,2	33,2	23,4	32,0	55,4	88,6
6. Навоз + NPK	6,0	27,2	33,2	28,5	25,1	53,6	86,8
7. Навоз + ас. уд.	8,6	27,5	36,2	17,3	24,0	41,2	77,4
8. Навоз + NPK + ас. уд.	7,2	28,6	35,8	18,0	21,6	39,6	75,4
<i>Без оборота пласта</i>							
1. Без удобрений	8,3	34,5	42,8	24,2	27,5	51,7	94,5
2. NPK	8,5	28,6	37,0	21,4	32,2	53,3	90,6
3. РК + ас. уд.	7,6	34,5	42,1	21,7	30,6	52,4	94,4
4. NPK + ас. уд.	9,6	43,8	53,4	16,8	20,2	37,0	90,5
5. Навоз	8,0	30,2	38,0	16,4	25,6	41,0	80,1
6. Навоз + NPK	10,4	41,3	51,8	18,2	22,2	40,5	92,1
7. Навоз + ас. уд.	8,6	27,8	36,2	24,7	30,5	55,2	91,4
8. Навоз + NPK + ас. уд.	8,6	42,6	51,2	21,3	31,1	52,4	103,6

При возрастании урожайности возрастало и количество корневых и пожнивных остатков. Фосфорно-калийное удобрение в сочетании с ассоциативной микрофлорой (вариант 3) существенно увеличивало биомассу растительных остатков – 35,4 ц/га с оборотом пласта и 42,1 ц/га в опыте без оборота почвы.

Совместное применение NPK и препаратов ассоциативных удобрений обеспечивало образование примерно такого же количества биомассы растительных остатков (35 ц/га) в опыте со вспашкой и значительно увеличивало биомассу корневых и пожнивных остатков при дисковании (53,4 ц/га). В среднем за годы исследований по всем вариантам опыта количество органики за счет корневых и пожнивных остатков было на 30,3 % выше при дисковании по сравнению со вспашкой. А с учетом всех остатков (полуразложившихся и разложившихся) эта разница была несколько меньше и составляла 23 %.

Таблица 39 – Сухая масса растительных остатков после райграса однолетнего, ц/га

Варианты	Стерня	Корни	Всего свежих остатков	Полуразложившиеся	Разложившиеся	Всего отмерших остатков	Всего растительных остатков
<i>С оборотом пласта</i>							
Без удобрений	2,2	20,2	22,3	10,7	28,2	39,0	61,3
NPK	3,2	16,4	19,6	10,0	38,5	48,8	68,4
PK + ас. уд.	2,6	13,8	16,4	12,8	38,6	51,5	67,9
NPK + ас. уд.	3,2	17,0	20,3	10,4	38,5	48,9	69,2
Навоз	2,6	15,3	17,9	11,2	43,4	54,6	72,4
Навоз + NPK	3,8	16,8	25,6	15,4	48,0	63,8	84,4
Навоз + ас. уд.	3,0	15,2	18,3	13,5	39,4	52,9	71,2
Навоз + ас. уд. + NPK	3,0	17,2	20,2	16,6	38,8	55,4	75,6
<i>Без оборота пласта</i>							
Без удобрений	2,2	11,6	13,8	10,0	28,2	38,2	52,0
NPK	3,3	18,2	21,6	10,9	40,0	50,9	72,4
PK + ас. уд.	3,0	15,4	18,4	9,3	39,9	49,2	67,6
NPK + ас. уд.	3,6	16,6	20,2	9,6	37,5	47,2	67,4
Навоз	2,9	16,2	19,1	12,0	39,7	51,7	70,8
Навоз + NPK	3,5	17,5	21,0	11,2	41,5	52,7	73,7
Навоз + ас. уд.	3,4	17,3	21,0	10,2	39,5	49,8	70,7
Навоз + ас. уд. + NPK	6,9	18,2	25,2	10,8	40,0	50,8	76,0

При выращивании райграса однолетнего после пелюшко-овсяной смеси на фоне весенней вспашки масса стерни составила 2,2–3,8 ц/га, корней 13,8–20,2 ц/га и 2,2–6,9 ц/га стерни и 13,8–25,2 ц/га корней в опыте без оборота пласта (табл. 39).

С ростом урожая в основном возрастала и биомасса растительных остатков. В опыте с оборотом пласта максимальная биомасса растительных остатков была в варианте навоз + NPK (25,6 ц/га), при этом доля корней от общего накопления биомассы составила 66 %. В вариантах с применением ассоциативных микроорганизмов биомасса растительных остатков райграса однолетнего была на 15–30 % меньше. Однако доля корней в этом случае повышалась до 83–85 %.

Следует отметить, что способ обработки почвы существенно влияет на образование корней. В среднем за годы исследований в пахотном слое почвы при обработке ее дисковыми боронами корней накапливается на 0,9–2,1 ц/га больше, чем после вспашки. Способы обработки, как и выбор удобрения, сказались и на минерализации органического вещества. Более высокие темпы минерализации были по вспашке. Внесение минеральных удобрений также приводило к усилению минерализации органических веществ.

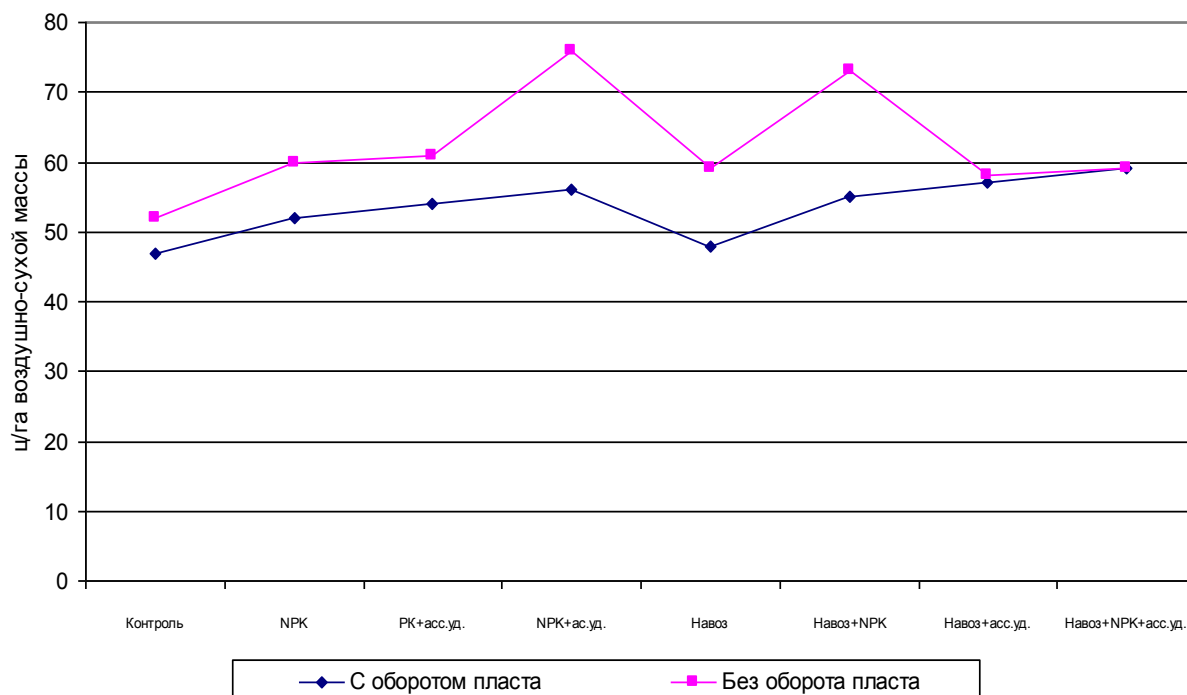


Рисунок 33 – Количество послеуборочных растительных остатков после пелюшко-овсяной смеси и райграса однолетнего

Суммарное накопление растительных остатков под посевом пелюшко-овсяной смеси с последующим промежуточным посевом райграса однолетнего в среднем за годы исследований представлено на рис. 33. Очевидно, что наиболее эффективно на накопление растительных остатков влияло внесение NPK и ассоциативных удобрений, а также внесение навоза + NPK с применением безотвальных обработок.

3.7.2 Накопление корневых и пожнивных остатков под картофелем

Установлено, что масса послеуборочных растительных остатков (стерня + корни) составила в среднем за 2 года 45–56 ц/га по фону весно-вспашки и 51,6–72,9 ц/га по обработке почвы дисковой бороной. Эти данные четко свидетельствуют, что более мелкая обработка почвы без оборота пласта способствует большему накоплению растительных остатков в пахотном слое 20 см. Применение удобрений, в том числе и ассоциативных микроорганизмов, также повышает накопление растительных остатков при обоих видах обработки почвы. В целом мероприятия, способствующие повышению урожайности, также способствуют и накоплению растительных остатков.

Нами были продолжены исследования в севообороте на втором поле второй закладки с картофелем. Урожайность картофеля варьировала по годам и, ей по-видимому, это связано с биологическими особенностями сорта и погодными условиями вегетационного периода. В более засушливые в вегетационный период годы, наблюдалось закономерное снижение урожайности картофеля по сравнению с более влажными годами и годами, близкими к климатической норме. Результаты учета растительных остатков представлены в табл. 40.

Из данных обсуждаемой таблицы видно, что по вспашке уровень накопления свежих растительных остатков в сильной степени зависел от применения органических и минеральных удобрений. Максимальное количество их отмечено на вариантах с полным минеральным удобрением в сочетании с 40 и 80 т/га навоза. Фосфорно-калийные удобрения не давали существенного увеличения количества послеубо-

рочных остатков. Аналогичная картина отмечалась и при дисковании. На фоне дискования количество растительных послеуборочных остатков было на одинаковом уровне по сравнению с вспашкой или ниже, если не вносились азотные удобрения.

Таблица 40 – Накопление воздушно-сухой массы растительных остатков после картофеля, в среднем за годы исследований, ц/га

Вариант	Ботва	Корни	Всего свежих остатков	Полуразложившиеся остатки	Разложившиеся остатки	Всего отмерших остатков	Всего растительных остатков
<i>Вспашка</i>							
1. 40 т навоза	7,3	15,4	22,7	4,2	2,8	7,0	29,7
2. 40 т навоза + N ₁₁₀ P ₁₀ K ₁₉₀	9,1	18,8	27,9	4,3	2,7	7,0	34,9
3. 40 т нав. + P ₁₀ K ₁₉₀ + ас. уд.	8,5	15,5	24,0	4,5	2,5	7,0	31,0
4. 40 т нав. N ₁₁₀ P ₁₀ K ₁₉₀ + ас. уд.	8,9	17,8	27,7	3,8	2,7	6,5	34,2
5. 80 т навоза	8,5	19,4	27,9	5,0	3,5	8,5	36,4
6. 80 т навоза + N ₆₅ P ₁₀ K ₁₀₀	9,6	18,7	28,3	4,9	2,8	7,8	36,1
7. 80 т навоза + ас. уд.	8,9	17,5	26,4	5,2	4,6	9,8	36,2
8. 80 т нав. + N ₆₅ P ₁₀ K ₁₀₀ + ас. уд.	8,2	19,7	27,9	4,9	4,2	9,1	37,0
<i>Дискование</i>							
1. 40 т навоза	6,5	15,6	22,1	3,9	2,7	6,6	28,7
2. 40 т навоза + N ₁₁₀ P ₁₀ K ₁₉₀	8,2	17,4	25,6	4,5	2,8	7,3	32,9
3. 40 т нав. + P ₁₀ K ₁₉₀ + ас. уд.	6,6	20,5	27,1	4,6	3,1	7,7	34,8
4. 40 т нав. N ₁₁₀ P ₁₀ K ₁₉₀ + ас. уд.	7,1	18,1	25,2	4,5	2,7	7,2	32,4
5. 80 т навоза	6,5	17,1	23,6	7,1	5,1	12,2	35,8
6. 80 т навоза + N ₆₅ P ₁₀ K ₁₀₀	7,2	18,7	25,9	8,0	5,5	13,5	39,4
7. 80 т навоза + ас. уд.	6,7	17,7	24,4	7,3	5,3	12,6	37,0
8. 80 т нав. + N ₆₅ P ₁₀ K ₁₀₀ + ас. уд.	7,8	19,2	27,0	7,8	6,0	13,8	40,8

Максимальное количество отмерших растительных остатков отмечено на вариантах с 80 т/га навоза и в сочетании этой дозы с полным минеральным удобрением. Следует отметить, что разложившихся остатков было больше на фоне дискования по сравнению со вспашкой.

При внесении 80 т/га навоза количество растительных остатков было выше на 5,2 ц/га после вспашки и 1,5 ц/га при дисковании по сравнению с дозой навоза 40 т/га. Полное минеральное удобрение, внесенное по фону 80 т/га навоза, увеличивало массу растительных остатков на 0,4 ц/га при вспашке и на 2,3 ц/га при дисковании по сравнению с 80 т/га навоза без минеральных удобрений.

В целом можно сделать заключение, что все агроприемы, способствующие повышению урожайности, увеличивают массу растительных остатков в почве. Сроки отбора проб имеют существенное влияние на определение массы растительных остатков, так как при определенных условиях погоды скорость минерализации может достигать больших величин за короткий промежуток времени. Развитие сорной растительности после отмирания ботвы картофеля и прекращения действия гербицидов также изменяет показатели массы корней. В накоплении растительных остатков и корней на картофеле по видам обработки почвы четкой закономерности не выявлено, но имеется тенденция к их увеличению при обработке без оборота пласта.

3.7.3 Накопление корневых и пожнивных остатков под ячменем с подсевом клевера

Нами определение массы растительных остатков проводилось в двух схемах по ротациям севооборота, при этом в последующей ротации применялся стимулятор роста эпин вместо ассоциативных удобрений для определения наиболее эффективного препарата, по влиянию на накопление растительных остатков в почве. Данные по накоплению массы растительных остатков после ячменя приведены в табл. 41 и 43.

Их анализ показывает, что из-за сравнительно невысокой урожайности культуры, в контроле масса растительных остатков была низкой. Однако полное минеральное удобрение повышало массу пожнивных остатков на 4,7 ц/га по вспашке и на 2 ц/га после дискования по сравнению с контролем. Положительное действие на данный показатель оказывало также применение ассоциативных удобрений.

Применение навоза в дозе 20 т/га увеличивало массу пожнивных остатков на 6,4 ц/га после вспашки и 8,0 ц/га после дискования по сравнению с контролем.

Следует отметить, что масса растительных остатков после дискования была выше на 4,2 % в среднем по всем вариантам опыта, чем по вспашке. Особенно разница была заметна в вариантах с совместным внесением навоза и минеральных удобрений.

Таблица 41 – Влияние удобрений и обработки почвы на накопление воздушно-сухой массы растительных остатков после ячменя в первую ротацию, ц/га

Вариант	Стерня	Корни	Всего свежих остатков	Полуразложившиеся остатки	Разложившиеся остатки	Всего отмерших остатков	Всего растительных остатков
<i>Вспашка</i>							
1. Контроль (без удобрений)	4,5	11,0	15,5	3,0	3,0	6,0	21,5
2. N ₈₀ P ₁₀ K ₁₀₀	5,2	15,0	20,2	2,8	3,1	5,9	26,1
3. P ₁₀ K ₁₀₀ + ас. уд.	5,0	10,0	15,0	3,2	3,3	6,5	21,5
4. N ₈₀ P ₁₀ K ₁₀₀ + ас. уд.	6,1	16,0	22,1	3,3	2,9	6,2	28,3
5. Навоз 20 т/га	6,3	15,6	21,9	4,1	4,3	8,4	30,3
6. Навоз 20 т/га + N ₄₅ P ₁₀ K ₄₀	6,5	16,0	22,5	4,2	4,5	8,7	31,2
7. Навоз 20 т/га + ас. уд. + P ₁₀ K ₄₀	4,7	16,3	21,0	3,9	3,7	7,6	28,6
8. Навоз 20 т/га + N ₄₅ P ₁₀ K ₄₀ + ас. уд.	6,7	18,0	24,7	4,5	5,0	9,5	34,2
<i>Дискование</i>							
1. Контроль (без удобрений)	4,3	11,0	15,3	2,6	3,0	5,6	20,9
2. N ₈₀ P ₁₀ K ₁₀₀	5,3	12,0	17,3	3,3	2,9	6,2	23,5
3. P ₁₀ K ₁₀₀ + ас. уд.	5,4	10,9	16,3	2,6	2,9	5,5	21,8
4. N ₈₀ P ₁₀ K ₁₀₀ + ас. уд.	7,2	14,7	21,9	4,0	4,5	8,5	30,4
5. Навоз 20 т/га	7,4	16,0	23,4	4,3	4,8	9,1	32,5
6. Навоз 20 т/га + N ₄₅ P ₁₀ K ₄₀	7,9	16,8	24,7	4,1	4,4	8,5	33,2
7. Навоз 20 т/га + ас. уд. + P ₁₀ K ₄₀	7,5	16,4	23,9	3,8	4,2	8,0	31,9
8. Навоз 20 т/га + N ₄₅ P ₁₀ K ₄₀ + ас. уд.	8,2	18,8	27,0	5,0	5,3	10,3	37,3

Результаты исследований во второй ротации (см. табл. 42) показывают, что приемы, повышающие урожайность зерна, однозначно способствуют накоплению растительных остатков в пахотном слое 0–20 см. После вспашки на безнавозном фоне максимальное количество растительных остатков отмечено на фоне РК и NPK

в сочетании со стимулятором роста эпин (52,9 ц/га, в т. ч. свежих 46–47 ц/га). При внесении 20 т/га навоза количество остатков возросло по вспашке по сравнению с контролем на 4,1 ц/га, а при дисковании уменьшилось на 4,4 ц/га.

Следует отметить, что количество свежих корневых и пожнивных остатков в во втором году эксперимента превосходило их массу в первом на 78 % по вспашке и 88 % по дискованию в среднем по всем вариантам опыта. Эти факты свидетельствуют о большом влиянии на накопление послеуборочных растительных остатков в почве складывающихся погодных условий.

Таблица 42 – Влияние удобрений и обработки почвы на накопление растительных остатков после уборки ячменя во второй ротации, ц/га воздушно-сухого вещества

Вариант	Всего свежих растительных остатков	Стерня	Корни	Полуразложившиеся остатки	Разложившиеся остатки	Всего растительных остатков
<i>Вспашка</i>						
1. Контроль (без удобрений)	23,2	7,3	15,9	2,6	2,8	28,6
2. NPK	34,7	10,9	23,8	2,3	2,7	39,7
3. РК + эпин	47,2	10,0	37,2	3,2	2,5	52,9
4. NPK+ эпин	47,1	11,0	36,1	3,4	2,4	52,9
5. Навоз 20 т/га	27,3	9,0	18,3	4,1	3,9	35,3
6. Навоз + NPK	44,1	9,5	44,6	4,5	4,3	52,9
7. Навоз + эпин	35,6	10,9	24,7	4,3	4,2	44,1
8. Навоз + NPK+ эпин	42,3	9,6	32,7	4,8	4,9	52,0
<i>Дискование</i>						
1. Контроль (без удобрений)	38,3	6,6	31,7	2,8	3,0	44,1
2. NPK	37,4	10,0	27,4	2,7	3,1	43,2
3. РК + эпин	50,7	9,0	41,7	2,5	2,5	55,7
4. NPK+ эпин	38,4	10,0	28,4	3,0	2,7	44,1
5. Навоз 20 т/га	31,9	8,3	23,6	3,8	4,0	39,7
6. Навоз + NPK	36,4	10,5	35,9	3,7	5,0	55,1
7. Навоз + эпин	44,6	11,1	33,5	3,8	4,5	52,9
8. Навоз + NPK+ эпин	31,6	10,9	20,7	3,9	5,1	40,6

В заключение следует отметить, что в среднем за все годы исследований накопление органических остатков в почве было выше на 5,3 % при дисковании, чем по вспашке.

3.7.4 Накопление корневых и пожнивных остатков

под клевером первого года пользования

В таблице 43 приведены данные по накоплению растительных остатков под клевером первого года пользования в среднем за годы исследований.

Таблица 43 – Влияние удобрений и обработки почвы на накопление растительных остатков после уборки клевера красного 1-го года пользования, ц/га
(воздушно-сухое вещество)

Вариант	Стерня	Корни	Всего свежих растительных остатков	Полуразложившиеся остатки	Разложившиеся остатки	Всего отмерших остатков	Всего остатков
<i>С оборотом пласта</i>							
1. Контроль (без удобрений)	25,0	55,0	80,0	2,2	1,6	3,8	83,9
2. Последействие N + P ₃₀₊₄₀ K ₄₀₊₄₀	27,0	68,8	95,8	2,7	1,8	4,4	100,2
3. P ₃₀₊₄₀ K ₄₀₊₄₀	27,0	69,2	96,2	2,8	1,8	4,6	100,8
4. Последействие N + P ₃₀₊₄₀ K ₄₀₊₄₀	27,7	71,5	99,2	2,9	1,8	4,7	103,9
5. Последействие навоза	28,2	72,1	100,3	3,1	2,2	5,2	105,6
6. Последействие навоза + последействие N + P ₃₀₊₄₀ K ₄₀₊₄₀	28,8	74,2	102,9	3,1	2,2	5,3	108,2
7. Последействие навоза + P ₃₀₊₄₀ K ₄₀₊₄₀	29,5	76,7	106,2	3,3	2,6	5,8	112,0
8. Последействие навоза + последействие N + P ₃₀₊₄₀ K ₄₀₊₄₀	28,4	75,6	104,1	3,2	2,4	5,6	109,6
<i>Без оборота пласта</i>							
1. Контроль (без удобрений)	24,1	76,2	100,3	2,2	1,6	3,8	104,2
2. Последействие N + P ₃₀₊₄₀ K ₄₀₊₄₀	24,0	77,6	101,7	2,6	1,7	4,4	106,0
3. P ₃₀₊₄₀ K ₄₀₊₄₀	25,0	77,8	102,8	2,4	1,7	4,1	107,0
4. Последействие N + P ₃₀₊₄₀ K ₄₀₊₄₀	24,5	74,2	98,8	2,3	1,7	4,0	102,8
5. Последействие навоза	25,8	80,8	106,6	2,4	1,8	4,3	110,6
6. Последействие навоза + последействие N + P ₃₀₊₄₀ K ₄₀₊₄₀	27,8	81,2	109,0	2,6	2,0	4,6	113,6
7. Последействие навоза + P ₃₀₊₄₀ K ₄₀₊₄₀	26,8	83,5	110,2	2,6	2,1	4,7	115,0
8. Последействие навоза + последействие N + P ₃₀₊₄₀ K ₄₀₊₄₀	25,5	81,2	106,8	2,5	1,9	4,4	111,2

Исследования, проведенные с клевером красным, показывают, что данная культура, по сравнению с зерновыми (ячмень), однолетними травами и пропашными (картофель), значительно превосходит их по накоплению органических остатков в почве. В первый год пользования клевером их количество достигло 100–115 ц/га на

удобренных вариантах, в том числе стерни и корней – 96–110 ц/га. На клевере также отмечается тенденция более высокого накопления стерни и корней при безотвальной обработке почвы. Так, в среднем за 2 года в опыте с оборотом пласта на удобренных вариантах накопление свежих остатков (стерня + корни) составило 95,8–106,2 ц/га, без оборота пласта – 98,8–110,2 ц/га. Накопление свежих органических остатков по всем вариантам опыта было на 6,5% больше при дисковании по сравнению со вспашкой.

Последствие навоза положительно влияло на накопление растительных остатков как по вспашке, так и по дискованию. Только по дискованию масса свежих органических остатков превосходила на 6,6 ц/га по сравнению с аналогичным вариантом (5) по вспашке.

Самое высокое накопление органического вещества (свежих и полуразложившихся остатков) было в варианте 7 как по вспашке (112 ц/га), так и по дискованию (115 ц/га).

3.7.5 Накопление корневых и пожнивных остатков под клевером второго года пользования

Расчеты проведенных в течение лет исследований (табл. 44) подтвердили ранее выявленную закономерность: более высокое накопление растительных остатков в слое почвы 0–20 см при безотвальной обработке почвы по сравнению со вспашкой. Так, в среднем за годы исследований, посевом клевера второго года пользования на удобренных вариантах по вспашке было накоплено 109,8–124,8 ц/га сухого вещества растительных остатков. В вариантах с обработкой почвы без оборота пласта уровень этого показателя был несколько выше – 114,5–135,7 ц/га. На фоне последствия органического удобрения (вариант 5) посевом клевера 2-го года пользования по вспашке было накоплено 111,3 ц/га растительных остатков, по дискованию – 119,5 ц/га.

Таблица 44 – Влияние удобрений и обработки почвы на накопление послеуборочных остатков и корней клевера красного 2-го года пользования, ц/га,
(воздушно-сухое вещество)

Вариант	Стерня	Корни	Всего свежих растительных остатков	Полуразложившиеся остатки	Разложившиеся остатки	Всего отмерших остатков	Всего остатков
<i>С оборотом пласта</i>							
1. Контроль (без удобрений)	12,8	56,5	69,3	15,5	18,5	34,0	103,3
2. Последействие N + P ₃₀₊₄₀ K ₄₀₊₄₀	13,6	64,0	77,6	19,0	20,0	39,0	116,6
3. P ₃₀₊₄₀ K ₄₀₊₄₀	13,2	59,6	72,8	16,5	20,5	37,0	109,8
4. Последействие N + P ₃₀₊₄₀ K ₄₀₊₄₀	14,0	63,5	77,5	17,2	20,6	37,8	115,3
5. Последействие навоза	12,9	61,1	74,0	17,5	19,8	37,3	111,3
6. Последействие навоза + последействие N + P _{30 + 40} K _{40 + 40}	14,2	65,4	79,6	17,8	22,5	40,3	119,9
7. Последействие навоза + P ₃₀₊₄₀ K ₄₀₊₄₀	14,2	62,0	76,2	18,0	23,5	41,5	117,7
8. Последействие навоза + последействие N + P _{30 + 40} K _{40 + 40}	14,8	66,5	81,3	18,0	25,5	43,5	124,8
<i>Без оборота пласта</i>							
1. Контроль (без удобрений)	12,2	60,0	72,2	14,0	17,8	31,8	104,0
2. Последействие N + P _{30 + 40} K _{40 + 40}	13,6	66,5	80,1	16,0	20,2	36,2	116,3
3. P _{30 + 40} K _{40 + 40}	12,0	64,9	76,9	17,2	20,4	37,6	114,5
4. Последействие N + P _{30 + 40} K _{40 + 40}	12,9	65,6	78,5	17,5	20,5	38,0	116,5
5. Последействие навоза	12,5	68,0	80,5	15,5	23,5	39,0	119,5
6. Последействие навоза + последействие N + P _{30 + 40} K _{40 + 40}	12,8	70,0	82,8	16,0	25,5	49,5	124,2
7. Последействие навоза + P _{30 + 40} K ₄₀₊₄₀	13,6	72,1	85,7	20,2	29,8	50,0	135,7
8. Последействие навоза + последействие N + P ₃₀₊₄₀ K ₄₀₊₄₀	13,2	75,0	88,6	20,2	21,0	41,2	129,8

Самое высокое накопление свежих корневых и пожнивных остатков наблюдалось при последействии навоза и азотных удобрений (вариант 8) как при вспашке, так и при дисковании. Только при дисковании количество растительных остатков

было на 7,3 ц/га больше.

Анализ структуры растительных остатков посевов клевера красного 1-го и 2-го годов пользования (табл. 45) показал, что основная масса растительных остатков после уборки клевера 1-го года пользования приходится на свежие растительные остатки (стерня + корни) – 95–96 %. На долю разложившихся и полуразложившихся приходится всего 4–5 %.

Таблица 45 – Влияние систем удобрений и способов обработки почвы на накопление растительных остатков после уборки клевера красного, ц/га
(воздушно-сухое вещество)

Варианты	1-го года пользования						2-го года пользования					
	Всего свежих остатков (стерня + корни)		Всего отмерших остатков (разложившиеся + полуразложившиеся)		Всего остатков		Всего свежих остатков (стерня + корни)		Всего отмерших остатков (разложившиеся + полуразложившиеся)		Всего остатков	
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
<i>Вспашка</i>												
1.	80	96	3,8	4	83,8	100	69	67	34	33	103	100
2.	96	96	4,4	4	100,4	100	78	67	39	33	117	100
3.	96	95	4,6	5	100,6	100	73	66	37	34	110	100
4.	99	96	4,7	4	103,7	100	78	67	38	33	116	100
5.	100	95	5,2	5	105,2	100	74	67	37	33	111	100
6.	103	95	5,3	5	108,3	100	80	67	40	33	120	100
7.	106	95	5,8	5	11,8	100	76	64	42	36	118	100
8.	104	95	5,6	5	109,6	100	81	65	44	35	125	100
<i>Дискование</i>												
1.	100	96	3,8	4	103,8	100	72	69	32	31	104	100
2.	102	96	4,4	4	106,4	100	80	69	36	31	116	100
3.	103	96	4,1	4	107,1	100	77	67	38	33	115	100
4.	99	96	4,0	4	103,0	100	48	67	38	33	116	100
5.	107	96	4,3	4	111,3	100	80	67	39	33	119	100
6.	109	96	4,6	4	113,6	100	83	66	42	34	125	100
7.	110	96	4,7	4	114,7	100	86	63	50	37	136	100
8.	107	96	4,4	4	111,4	100	89	68	41	32	130	100

После уборки клевера 2-го года пользования общая доля отмерших остатков (разложившиеся + полуразложившиеся) возростала до 31–37 % от общего количества растительных остатков.

Виды обработки почвы так же, как и по другим культурам, оказывали влияние на накопление свежих органических остатков клевера 2-го года пользования.

Обработка почвы без оборота пласта увеличивала накопление корневых и пожнивных остатков на 6,8 % в среднем по всем вариантам по сравнению со вспашкой. По этому виду обработки почвы (дискование) различия сохранились и при учете всех органических остатков (полуразложившиеся и разложившиеся), и они были выше на 4,5 %.

3.7.6 Накопление корневых и пожнивных остатков под посевом озимого тритикале

Результаты исследований показали, что количество растительных остатков после уборки озимого тритикале (табл. 46) зависело от системы удобрения и способа обработки почвы.

Так, на вариантах после вспашки общая масса остатков составляла 49,3–57,2 ц/га, а на фоне проведения безотвальной обработки почвы – 46,8–55,1 ц/га, что, по-видимому, связано с различным уровнем урожайности культуры по этим видам обработки.

Отмечается положительное влияние на данный показатель фосфорно-калийных удобрений, а также навоза и полного минерального удобрения, внесенных под предшествующие культуры. Основную массу растительных остатков по вспашке составляли корни (37–45 ц/га), масса стерни составляла 6,0–7,5 ц/га, полуразложившихся – 3,0–4,2, разложившихся остатков – 2,0–2,5 ц/га. Аналогичная ситуация отмечена на вариантах при проведении безотвальной обработки почвы. Масса послеуборочных остатков составила: 36,0–43,0 ц/га – корни, 5,8–6,8 ц/га – стерневые остатки, 3,0–3,5 – полуразложившиеся и 2,0 ц/га – разложившиеся остатки.

Результаты исследований по видам обработки почвы показали, что по всем вариантам опыта масса корневых и пожнивных остатков при дисковании была на 1,6 % ниже по сравнению со вспашкой при возделывании тритикале.

Выяснение процессов накопления органического вещества, его распада и превращения имеет определяющее значение в агрономической практике.

Таблица 46 – Влияние удобрений и способов обработки почвы на накопление послеуборочных остатков в посевах озимого тритикале, ц/га сухой массы

Вариант	Стерня	Корни	Всего свежих растительных остатков	Полуразложившиеся остатки	Разложившиеся остатки	Всего отмерших остатков	Всего остатков
<i>С оборотом пласта</i>							
1. Контроль (без удобрений)	6,0	37,0	43,0	4,2	2,1	6,3	49,3
2. N ₆₀ + 30P ₅₀ K ₉₀	6,9	41,0	47,9	4,0	2,0	6,0	53,9
3. P ₅₀ K ₉₀	6,0	39,0	45,0	3,0	2,0	5,0	50,0
4. N ₆₀ + 30P ₅₀ K ₉₀	6,1	40,0	46,1	3,0	2,0	5,0	51,1
5. Последействие навоза (3 год)	7,0	43,0	50,0	3,0	2,0	5,0	55,0
6. Последействие навоза (3 год) + N ₃₀₊₃₀ P ₅₀ K ₉₀	7,5	44,0	51,5	3,0	2,0	5,0	56,5
7. Последействие навоза (3 год) + P ₅₀ K ₉₀	6,5	42,0	48,5	4,0	2,5	6,5	55,0
8. Последействие навоза (3 год) + N ₃₀₊₃₀ P ₅₀ K ₉₀	7,2	45,0	52,2	3,0	2,0	5,0	57,2
<i>Без оборота пласта</i>							
1. Контроль (без удобрений)	5,8	36,0	41,8	3,0	2,0	5,0	46,8
2. N ₆₀ + 30P ₅₀ K ₉₀	6,5	42,0	48,5	4,0	2,0	6,0	54,5
3. P ₅₀ K ₉₀	5,9	42,1	48,0	3,0	2,0	5,0	53,0
4. N ₆₀ + 30P ₅₀ K ₉₀	6,0	41,0	47,0	3,0	2,0	5,0	52,0
5. Последействие навоза (3 год)	6,0	39,0	45,0	3,5	2,0	5,5	50,5
6. Последействие навоза (3 год) + N ₃₀₊₃₀ P ₅₀ K ₉₀	6,5	42,5	49,0	4,0	2,0	6,0	55,0
7. Последействие навоза (3 год) + P ₅₀ K ₉₀	6,8	42,0	48,8	3,5	2,0	5,5	54,3
8. Последействие навоза (3 год) + N ₃₀₊₃₀ P ₅₀ K ₉₀	6,6	43,0	49,6	3,5	2,0	5,5	55,1

Результаты исследований, проведенных на дерново-подзолистой супесчаной почве, по определению влияния систем удобрений и обработки почвы на накопление и превращение растительных послеуборочных остатков в посевах пелюшко-

овсяной смеси с подсевом райграса однолетнего, убираемых на зеленую массу, картофеля и ячменя, клевера 1-го и 2-го года пользования, озимого тритикале, показали следующее.

1. Минеральные и органические удобрения, а также ассоциативная микрофлора способствуют повышению урожайности и накоплению корневых и пожнивных остатков.

2. Погодные условия оказывают влияние на урожай и массу послеуборочных остатков, особенно райграса однолетнего как промежуточной культуры. Погодные условия оказывают также существенное влияние на разложение растительных остатков в почве. Так, в условиях с относительным избытком увлажнения, учеты показали нарастающее количество всех растительных остатков (от первого до последнего учета) на 17–60 ц/га после весенней вспашки и 6–30 ц/га после дискования. В условиях засушливого года учтенная масса растительных остатков после уборки райграса представляла в основном стерню и корни этой культуры.

3. Формирование растительной послеуборочной массы исследуемых культур в значительной степени определялось способом обработки почвы. Накопление корневых и пожнивных остатков по бесплужной обработке почвы было выше по всем культурам севооборота за исключением картофеля и озимого тритикале. В целом за ротацию севооборота накопление органического вещества при дисковании было на 4,4 % выше по сравнению со вспашкой на контрольном варианте, и с внесением РК + ас. уд. накопление корневых и пожнивных остатков было выше на 9,7–7,4 % по сравнению со вспашкой. Вспашка относительно увеличивает нарастание наземной массы, а дискование, наоборот, увеличивает накопление корневых послеуборочных остатков в слое почвы 0–20 см, что связано с глубиной обработки почвы.

4. Важнейшим фактором влияния на отношение сухой массы послеуборочных растительных остатков к отчуждаемой массе урожая в годы проведения исследований явились погодные условия. В год с относительным избытком влаги этот показатель составил в среднем после вспашки 29,3 %, после дискования – 35,2 %, а в засушливом году он был равен соответственно 60,7 и 63,3 %.

3.8 Экологическая эффективность применения биологически активных препаратов в условиях радиоактивного загрязнения территорий Республики Беларусь

3.8.1 Влияние биологически активных препаратов на урожайность и качество продукции сельскохозяйственных культур

В таблице 47 представлены результаты определения урожайности изучаемых культур при различных вариантах обработки препаратами в среднем за период эксперимента, пересчитанных на овсяные кормовые единицы (ОКЕ).

Таблица 47 – Урожайность культур при различных вариантах обработки (в среднем за период эксперимента)

№ варианта	Вариант опыта	Урожайность, ц/га ОКЕ					
		пшеница яровая	горох кормовой	картофель	овес	эспарцет посевной 1 г.п	эспарцет посевной 2 г.п.
1	Контроль (без обработок)	21,1	8,3	119,7	16,5	16,1	108,1
2	Предпосевная обработка семян препаратом Байкал ЭМ-1	22,3	8,4	128,6	17,3	19,8	118,7
3	Предпосевная обработка семян препаратами Байкал ЭМ-1+ Феномелан	23,7	8,7	131,3	17,5	22,8	121,4
4	Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	24,9	8,9	135,4	17,9	26,7	123,1
5	Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	26,3	9,1	139,2	18,5	28,2	131,4
6	Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	27,6	9,3	143,1	18,0	29,6	136,2
7	Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	29,5	10,1	147,6	19,7	37,3	135,8
НСР ₀₅		0,9	0,4	14,7	1,2	2,7	13,9

На контроле яровая пшеница имела урожайность зерна на уровне 21,1 ц/га, в то же время у кормового гороха она составила 8,3 ц/га, картофель дал 119,7, овес – 16,5 ц/га в пересчете на овсяные кормовые единицы. Эспарцет посевной показал урожайность в 1 г. пользования на уровне 53,1 ц/га ОКЕ, во втором году он повысил урожайность более чем вдвое – до 108,1 ц/га.

При проведении предпосевной обработки раствором микробиологического препарата «Байкал ЭМ-1» в эксперименте урожайность повысилась наиболее значительно у картофеля и эспарцета посевного второго года пользования и составила 128,6 ц/га и 118,7 соответственно.

Повышение числа обработок вегетирующих растений на фоне предпосевной обработки семян и клубней привело к дальнейшему росту продуктивности растений. Так, при двукратной обработке урожайность изучаемых культур продолжала расти у всех изучаемых культур.

Доведение числа обработок до трех положительно отразилось на уровне урожайности изучаемых культур, превышение урожайности по сравнению с контролем достигло 24,6% у яровой пшеницы, 16,3 % у картофеля, 12% у овса и на 21,5% у эспарцета посевного второго года пользования. Применение биопрепаратов на горохе кормовом не привело к значительному росту урожайности – зафиксировано повышение ее уровня только на 9,6%. Низкая отзывчивость кормового гороха на применение биопрепаратов скорее всего связано с наличием у него собственных ассоциативных микроорганизмов, способных эффективно конкурировать с микроорганизмами биопрепарата.

Применение препарата «Феномелан» в комплексе с препаратом «Байкал ЭМ-1» привело к повышению урожайности всех изучаемых культур.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что применение микробиологического препарата «Байкал ЭМ-1» в сочетании со стимулятором роста «Феномелан» позволит добиться повышения урожайности у всех изучаемых культур, причем повышение кратности обработок приводит к дальнейшему росту урожайности.

Установлено, что применение биологически активных препаратов в комплексе с удобрениями в различной степени приводит к увеличению урожайности изученных сельскохозяйственных культур и положительно влияет на качественные показатели продукции. Наиболее существенное влияние изучаемых вариантов применения препаратов на качественные показатели продукции отмечено на зерне овса, соответственно показатели оценки представлены в таблице 48.

Таблица 48 – Химический анализ зерна овса

Вариант	Содержание в воздушно-сухой массе, %						
	сырого протеина	жира	клетчатки	зола	P	K	Ca
Контроль (без обработок)	11,45	3,59	11,50	2,25	0,32	0,40	0,44
Предпосевная обработка семян препаратом Байкал ЭМ-1	11,76	3,48	11,54	2,26	0,31	0,40	0,49
Предпосевная обработка семян препаратами Байкал ЭМ-1+ Феномелан	11,98	3,58	11,61	2,29	0,32	0,39	0,50
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	12,11	3,63	11,61	2,29	0,32	0,41	0,50
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	12,17	3,64	11,73	2,26	0,32	0,41	0,50
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	12,23	3,63	11,73	2,35	0,31	0,44	0,51
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	13,48	3,79	11,93	2,36	0,32	0,44	0,52
НСП ₀₅	1,5	0,69	0,88	0,63	0,03	0,06	0,05

Анализ полученных результатов показал, в основном существенных различий по химическому составу зерна овса в исследуемых вариантах не установлено. Однако в варианте, где проводится предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1 содержание сырого протеина и кальция на 2,03 и 0,7 % соответственно выше, чем на контроле. По-нашему мнению, увеличение содержания сырого протеина связано в первую очередь с появлением в почве нитрифицирующих бактерий рода *Azotobacter*, частота встречаемости которых выше в варианте с трехкратной обработкой вегетирующих растений препаратом «Байкал ЭМ-1».

Результаты спектрометрического определения содержания ^{137}Cs в пробах зерна и соломы овса, почвы, а также расчетные значения коэффициентов перехода по вариантам опыта приведены в таблице 49. Анализ полученных результатов показал, что содержание ^{137}Cs во всех вариантах опыта ниже Республиканских допустимых уровней содержания цезия-137 в сельскохозяйственном сырье и кормах (РДУ) (90 Бк/кг – для зерна, 330 Бк/кг – для соломы). Содержание ^{137}Cs в почве опытных делянок колебалось от 930 до 1684 Бк/кг.

Таблица 49 – Содержания ^{137}Cs в пробах

Варианты опыта	^{137}Cs в зерне, Бк/кг	^{137}Cs в почве, Бк/кг	Кп, зерно	^{137}Cs в соломе, Бк/кг	Кп, солома
Контроль (без обработок)	28,6	1275	0,080	67,8	0,19
Предпосевная обработка семян препаратом Байкал ЭМ-1	23,8	930	0,056	63,6	0,23
Предпосевная обработка семян препаратами Байкал ЭМ-1+ Феномелан	14,5	967	0,053	51,3	0,20
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	17,4	1317	0,047	56,2	0,14
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	18,1	1470	0,044	49,3	0,10
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	14,7	1656	0,032	46,1	0,10
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	13,6	1684	0,029	41,5	0,11
НСР ₀₅	-	-	0,022	-	-

Нами были рассчитаны коэффициенты перехода (Кп) цезия-137 из почвы в зерно и солому овса. Значения коэффициентов перехода ^{137}Cs в солому в 2-3 и более раз выше, чем в зерно. Следует отметить, что достоверные различия по коэффициентам перехода радионуклидов по сравнению с контролем, наблюдались при всех вариантах применения препаратов. Наиболее низкие значения Кп отмечались при комплексной обработке семян и вегетирующих растений.

В таблице 50 приведены результаты спектрометрического определения содержания ^{90}Sr в зерне и соломе овса, почве, а также рассчитанные соответствующие значения коэффициентов перехода.

Таблица 50 – Содержания ^{90}Sr в пробах

Варианты опыта	^{90}Sr в зерне, Бк/кг	^{90}Sr в почве, Бк/кг	Кп, зерно	^{90}Sr в соломе, Бк/кг	Кп, солома
Контроль (без обработок)	4,1	20,0	0,73	15,1	2,70
Предпосевная обработка семян препаратом Байкал ЭМ-1	3,9	20,4	0,68	12,3	2,15
Предпосевная обработка семян препаратами Байкал ЭМ-1+ Феномелан	4,0	27,7	0,49	14,6	1,88
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	3,0	25,7	0,42	12,8	1,78
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	3,3	32,9	0,36	16,4	1,78
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	2,4	23,7	0,36	11,8	1,78
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	2,2	25,0	0,31	9,6	1,30
НСР ₀₅	-	-	0,18	-	-

Полученные результаты показали, что как на контроле, так и во всех вариантах опыта содержание стронция-90 в зерне ниже предельно-допустимого значения (11 Бк/кг). Содержание ^{90}Sr в почве опытных делянок колебалось от 20,0 до 32,9 Бк/кг. Достоверное снижение значения коэффициента перехода ^{90}Sr в зерно овса не обеспечил только один вариант опыта – предпосевная обработка семян препаратом «Байкал ЭМ-1».

Эспарцет является ценной кормовой культурой, используемой на корм скоту на радиоактивно-загрязненных территориях, в связи с чем, важно определять уровень его радиоактивного загрязнения (таблица 51).

Таблица 51 – Параметры перехода ^{137}Cs в зеленую массу эспарцета на дерново-подзолистых супесчаных почвах Могилевской области

варианты	Автоморфная почва		Глееватая почва	
	Удельная активность $\pm dx_{[0.95]}$, Бк/кг	КП $\pm dx_{[0.95]}$, Бк/кБк/м ²	Удельная активность $\pm dx_{[0.95]}$, Бк/кг	КП $\pm dx_{[0.95]}$, Бк/кБк/м ²
Контроль (без обработок)	34,2 $\pm$ 8,08	0,07 $\pm$ 0,041	22,8 $\pm$ 0,84	0,06 $\pm$ 0,029
Предпосевная обработка семян препаратом Байкал ЭМ-1	17,0 $\pm$ 0,04	0,04 $\pm$ 0,033	13,8 $\pm$ 0,09	0,03 $\pm$ 0,046
Предпосевная обработка семян препаратами Байкал ЭМ-1+ Феномелан	8,1 $\pm$ 0,4	0,04 $\pm$ 0,023	6,6 $\pm$ 0,02	0,01 $\pm$ 0,022
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	7,9 $\pm$ 0,3	0,04 $\pm$ 0,021	6,5 $\pm$ 0,02	0,01 $\pm$ 0,021
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	7,7 $\pm$ 0,3	0,04 $\pm$ 0,019	6,3 $\pm$ 0,02	0,01 $\pm$ 0,017
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	6,3 $\pm$ 0,3	0,03 $\pm$ 0,027	5,9 $\pm$ 0,03	0,01 $\pm$ 0,017
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	6,1 $\pm$ 0,3	0,03 $\pm$ 0,021	5,7 $\pm$ 0,03	0,01 $\pm$ 0,017
НСР _{0,05}	3,8	0,009	4,1	0,011

Представленные данные демонстрируют значительное влияние на переход ^{137}Cs в зеленую массу эспарцета условий выращивания, в том числе и применение удобрений: применение биологически активных препаратов приводят к снижению накопления ^{137}Cs в продукции. На изученных почвах наиболее эффективен вариант «Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1».

Таким образом, можно сделать вывод об эффективном воздействии биологически активных препаратов на снижение перехода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукцию. Использование изученных препаратов позволяет снизить уровень загрязнения сельскохозяйственной продукции и повысить ее конкурентоспособность.

3.8.1.1 Влияние биологически активных веществ на ростовые процессы в семенах

Предварительная оценка влияния биологически активных веществ на ростовые процессы может осуществляться при изучении энергии прорастания семян и интенсивности роста зародышевых корешков и ростка.

В качестве исходного материала использовались районированные сорта гороха (Аист) и люпина (Кастрычник). Для обработки семян применяли новый микробиологический препарат «Байкал ЭМ-1» и регуляторы роста «Гидрогумат» и «Феномелан».

Полученные результаты представлены в табл. 52 и 53. Их анализ показал разную реакцию культур на препараты и разную эффективность этих препаратов.

Таблица 52 – Влияние биологически активных препаратов на ростовые процессы семян люпина

№ варианта	Вариант опыта	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Длина ростка, см	Длина корешка, см
1	Семена сухие (без обработки)	47,0	91,0	7,02	3,18
2	Семена обработанные водой (контроль)	48,0	91,0	6,35	3,30
3	Семена обработанные Гидрогуматом	45,0	88,0	4,92	3,04
4	Семена обработанные Феномеланом	51,0	92,0	5,77	4,62
5	Семена обработанные Байкал ЭМ-1	50,0	88,0	6,85	4,86
6	Семена обработанные смесью Гидрогумата и Байкал ЭМ-1	39,0	93,0	5,20	2,95
7	Семена обработанные смесью Феномелана и Байкал ЭМ-1	53,0	97,0	6,23	4,17
	НСР ₀₅	3,1	4,5	2,47	1,67

При изучении влияния биологически активных препаратов на ростовые процессы, оцениваемые по длине ростка, не установлено существенной разницы по вариантам опыта (рис.34).

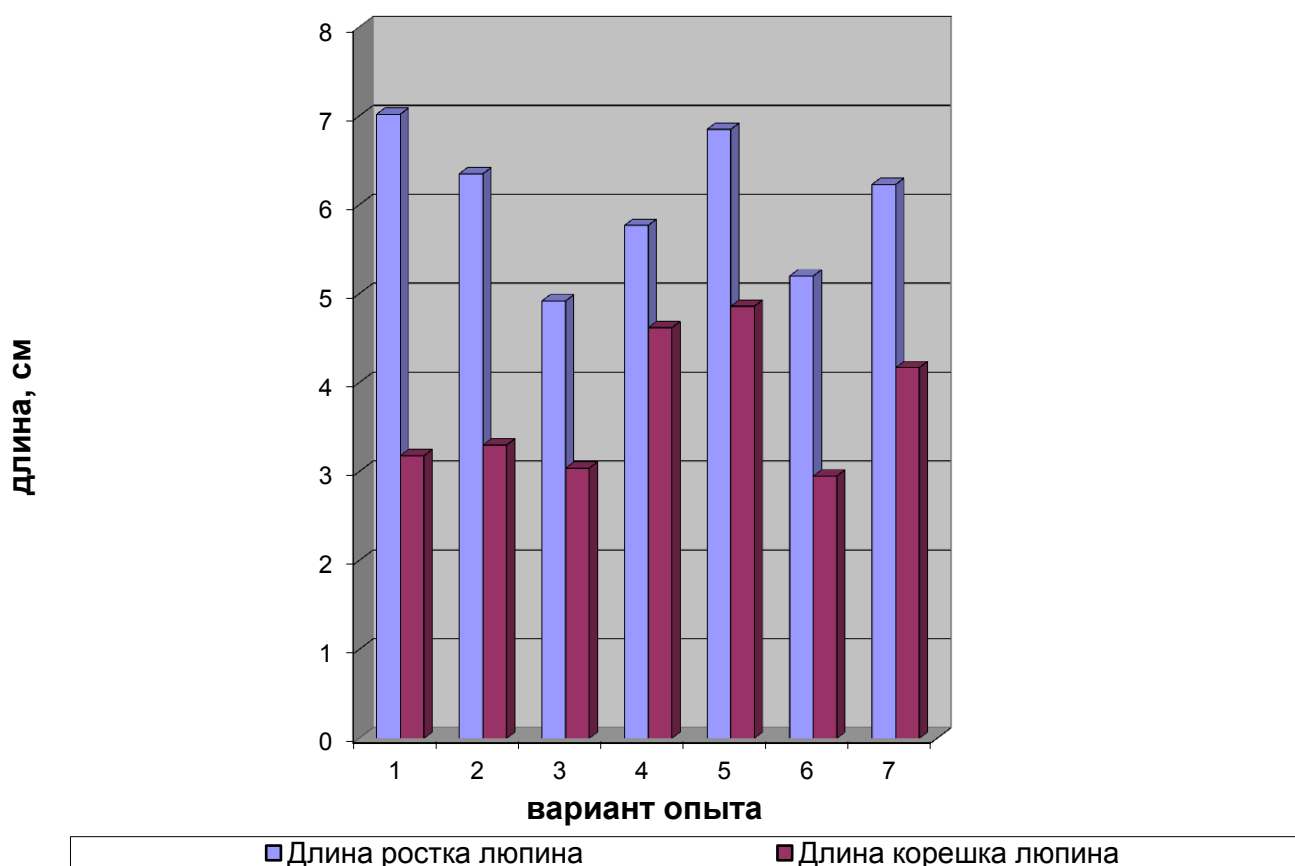


Рисунок 34 – Влияние биологически активных препаратов на ростовые процессы семян люпина

Установлено, что при обработке семян люпина смесью Феномелана с Байкал ЭМ-1 (вариант №7) повышалась энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян соответственно на 5 и 6% по сравнению с контролем. Лабораторная всхожесть по другим вариантам находилась на уровне контроля.

При этом максимальная длина ростка оказалась в варианте, где проращивались сухие семена (вариант №1). Возможно, причина этого заключается в том, что рекомендуемые концентрации препаратов оказывают угнетающее действие. С другой стороны, рост зародышевого корешка существенно усиливался при отдельной обработке семян Феномеланом (вариант №4) и Байкал ЭМ-1 (вариант №5), а обра-

ботка семян Гидрогуматом как отдельно, так и в смеси с Байкал ЭМ-1 оказалась неэффективной. Обработка семян смесью Феномелана и Байкала не привела к усилению роста корешка по сравнению с вариантами раздельного применения указанных препаратов.

Таблица 53 – Влияние биологически активных препаратов на ростовые процессы семян гороха

№ п/п	Вариант опыта	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Длина ростка, см	Длина корешка, см
1	Семена сухие (без обработки)	97,5	98,0	4,94	6,14
2	Семена обработанные водой (контроль)	92,0	92,5	4,74	6,60
3	Семена обработанные Гидрогуматом	97,0	99,0	6,68	8,49
4	Семена обработанные Феномеланом	96,0	98,0	6,28	8,53
5	Семена обработанные Байкалом	91,0	94,5	6,05	6,99
6	Семена обработанные смесью Гидрогумата и Байкала	96,0	98,0	6,76	8,83
7	Семена обработанные смесью Феномелана и Байкала	95,0	98,0	8,52	10,29
	НСР ₀₅	3,87	3,14	1,09	0,99

Обработка семян гороха биологически активными препаратами оказалась более эффективной, чем семян люпина. Лабораторная всхожесть гороха в вариантах с применением биологически активных препаратов оказалась на одном уровне с вариантом, где проращивались сухие семена. Ростовые процессы при обработке семян биологически активными препаратами проходили активнее, чем без применения препаратов. Поэтому во всех вариантах (№3-№7) прослеживалось достоверное отличие длины ростка от контроля и варианта №1 (рис.35).

В лучших вариантах (№6 и №7) совместное действие регуляторов роста и Байкал ЭМ-1 оказалось наиболее эффективным. При этом разница с контролем составила 2,02 см или 29,3% (вариант №6) и 3,78 см или 44,4% (вариант №7). Раздельное применение регуляторов роста и их совместное использование с Байкал ЭМ-1

оказало положительное влияние на длину корешка. В лучших вариантах (№6 и №7) превышение над контролем составило 2,23 и 3,69 см соответственно (25,3 и 35,9%). В то же время обработка семян только одним Байкал ЭМ-1 (вариант №5) не оказала положительного эффекта, в этом варианте длина корешка не отличалась от контроля.

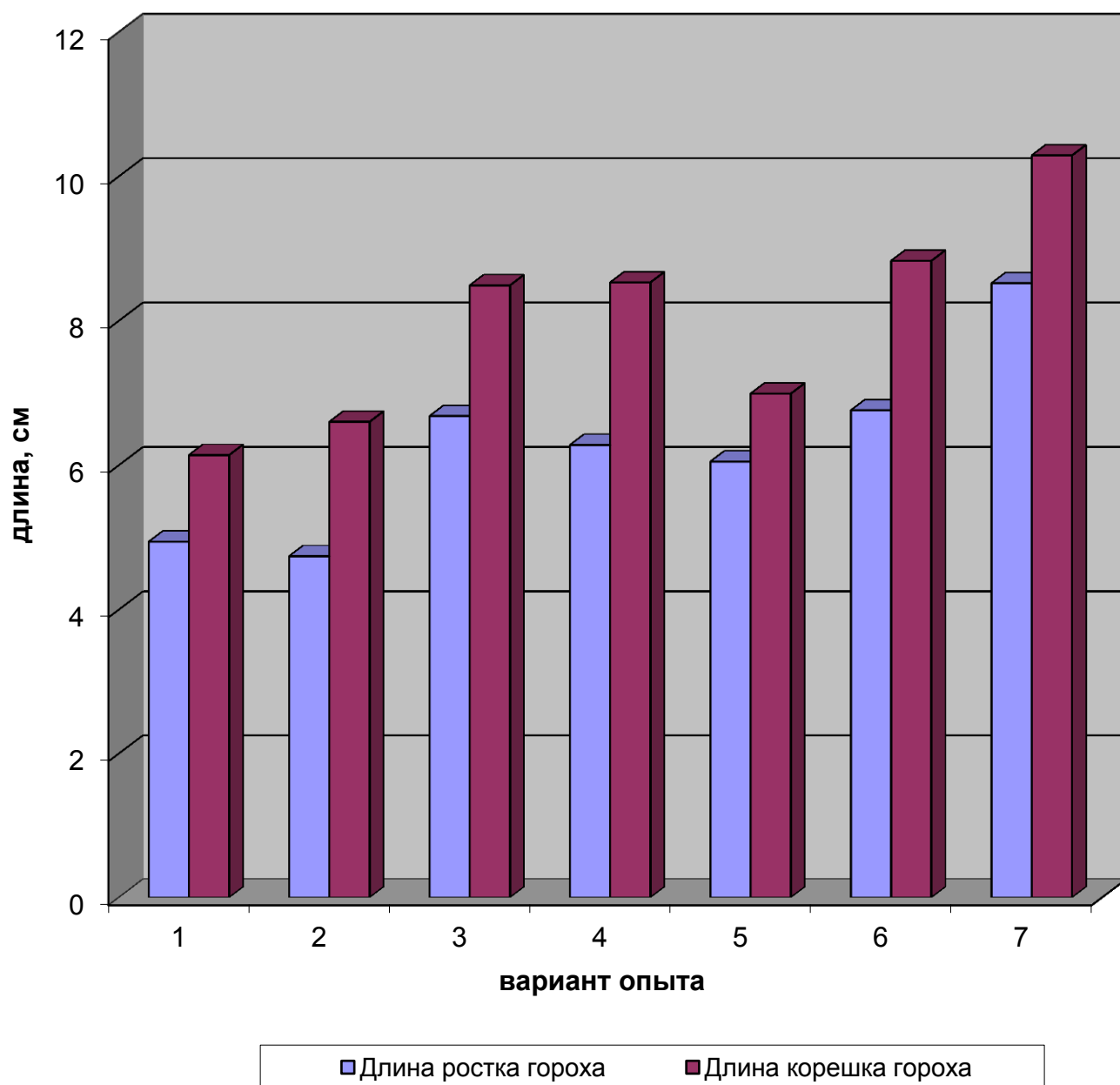


Рисунок 35 – Влияние биологически активных препаратов на ростовые процессы семян гороха

Таким образом, при обработке семян биологически активными препаратами, выявлена разная реакция культур на их действие. Установлено, что применение этих препаратов более эффективно на семенах гороха, чем люпина.

3.8.1.2 Влияние биологически активных веществ на урожайность зеленой массы люпина и содержание в ней радионуклидов

Полученные результаты показали (табл.54), что предпосевная обработка семян люпина биологически активными веществами ни в одном из вариантов не оказала существенного влияния на высоту растений. Обработка семян только Байкал ЭМ-1 способствовала снижению высоты растений на 5,8 см. т.е. наблюдается в некоторой степени тенденция угнетения роста, а при обработке смесью Феномелана и Байкал ЭМ-1 высота растений была такая же что и при обработке одним Феномеланом, т.е. угнетающее действие не проявилось.

Таблица 54 – Содержание Cs-137 в зеленой массе люпина, почве и коэффициенты накопления

№ варианта	Вариант опыта	Содержание Cs-137 в зеленой массе, Бк/кг	Содержание Cs-137 в почве, Бк/кг	Коэффициент накопления Cs-137
1	Семена сухие (без обработки)	87,5	1345,5	0,065
2	Семена, обработанные водой (контроль)	81,9	1584,4	0,052
3	Семена обработанные Феномеланом	88,9	1486,3	0,060
4	Семена, обработанные Байкалом	63,4	1588,7	0,039
5	Семена, обработанные смесью Феномелана и Байкала	87,0	1546,5	0,058
НСР ₀₅		26,6	293,1	0,016

За 80 дней вегетации (с июля по сентябрь) в вариантах опыта завязалось разное количество бобов, имеющих неодинаковые размеры. Максимальное количество крупных бобов на растении сформировалось в варианте № 5, т.е. при обработке смесью Феномелана и Байкала ЭМ-1, которое составило, в среднем на 1 растение 9,2

шт., против 3,9 шт. в контроле. В этом же варианте было меньше мелких бобов на растении, что указывает на раннее и дружное формирование бобов при совместной обработке семян Феномеланом и Байкал ЭМ-1. В вариантах опыта с отдельной обработкой семян Феномеланом и Байкал ЭМ-1 также сформировалось больше крупных бобов, чем в контроле. В сумме количество бобов со всего растения в вариантах опыта также существенно превосходило контрольный показатель.

Смесь Феномелана и Байкал ЭМ-1 способствовала усилению образования клубеньков на корневой системе люпина в 2,3 раз, а в других вариантах – в 1,3 раза (№4) и 1,5 раз (№3).

Предпосевная обработка семян люпина только Феномеланом и смесью Феномелана с Байкал ЭМ-1 привела к повышению выхода зеленой массы как с одного растения, так и с одного метра квадратного по сравнению с контролем (на 9,9 и 9,6 г с одного растения или 0,80 и 1,17 кг/м² соответственно). В то же время обработка семян люпина только Байкалом уменьшила выход зеленой массы на 4,0 г с растения или на 0,13 кг/м², однако это не превышает ошибки опыта.

В таблице 54 показано, что содержание цезия-137 в зеленой массе люпина колебалось от 63,4 (в варианте №4) до 88,3 Бк/кг (в варианте №3), но эти различия обусловлены не только предпосевной обработкой семян, но различным содержанием цезия-137 в почве (от 1345,6 до 1588,7 Бк/кг), поэтому более достоверным показателем является коэффициент накопления. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии существенных различий по вариантам опыта (рис. 36). Возможно, это обусловлено недостаточным количеством осадков в период вегетации.

Результаты спектрометрического определения содержания стронция-90 в пробах и рассчитанные коэффициенты накопления приведены в таблице 55.

Они свидетельствуют об отсутствии существенных различий и по содержанию, и по коэффициентам накопления стронция-90 зеленой массой люпина. Значения коэффициентов накопления стронция-90 зеленой массой люпина более чем в 10 раз выше, чем их значения для цезия-137.

Таблица 55 – Содержание ^{90}Sr в зеленой массе люпина, почве и коэффициенты накопления

№	Вариант опыта	Содержание ^{90}Sr в зеленой массе, Бк/кг	Содержание ^{90}Sr в почве, Бк/кг	Коэффициент накопления ^{90}Sr
1	Семена сухие (без обработки)	9,65	13,64	0,71
2	Семена, обработанные водой (контроль)	9,63	14,15	0,69
3	Семена обработанные Феномеланом	7,83	13,9	0,57
4	Семена, обработанные Байкалом	9,39	14,08	0,67
5	Семена, обработанные смесью Феномелана и Байкал ЭМ-1	9,02	13,68	0,66
НСР ₀₅		2,04	2,71	0,34

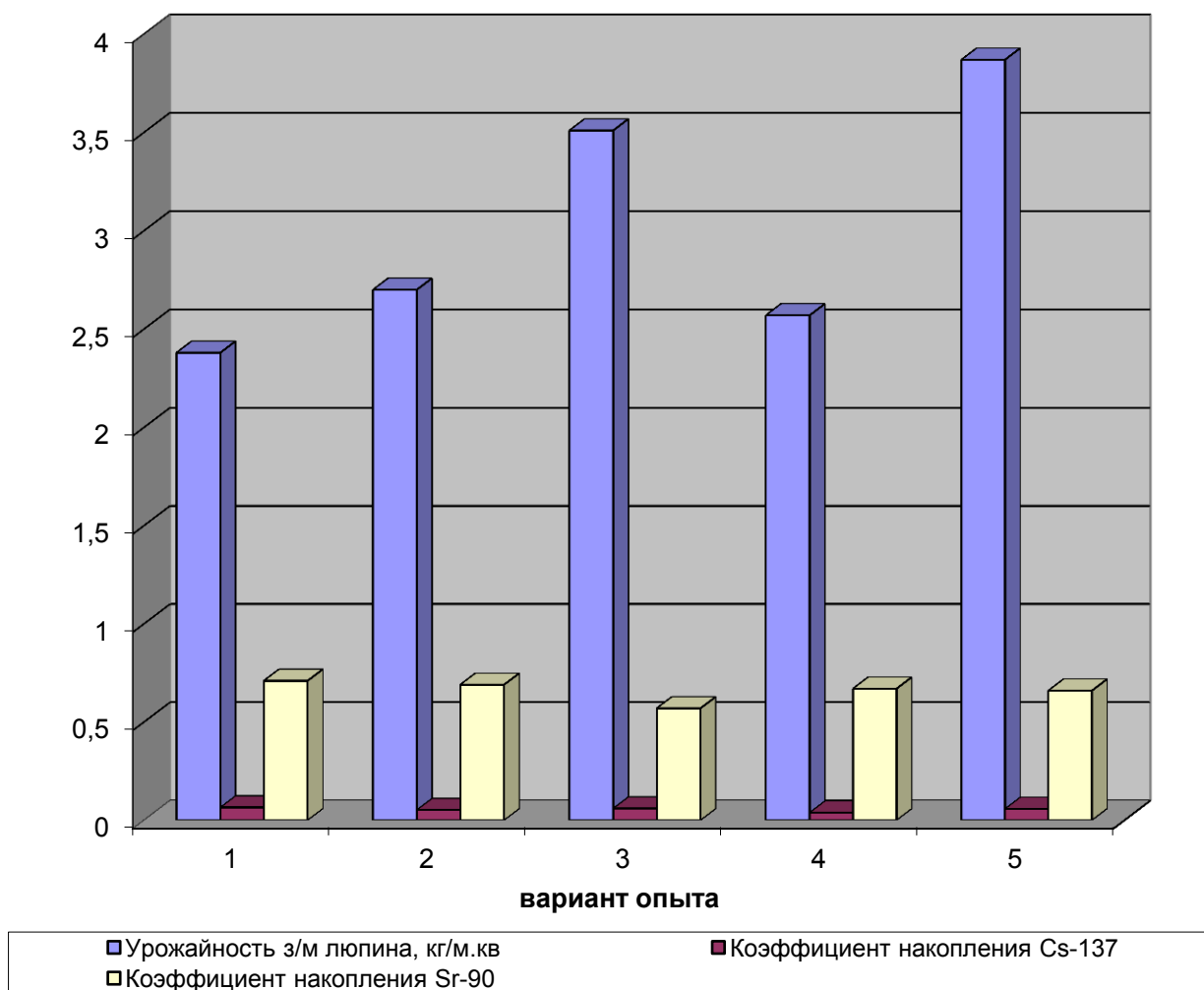


Рисунок 36– Урожайность и коэффициенты накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr зеленой массой люпина

Следует также отметить, что во всех вариантах опыта содержание цезия-137 и стронция-90 в зеленой массе люпина не превышало пределов, установленных Республиканскими допустимыми уровнями содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах (165 и 37 Бк/кг соответственно).

3.8.2 Радиоэкологическая эффективность биологически активных препаратов в лесных экосистемах

3.8.2.1 Влияние радиоэкологической ситуации в приселитебных лесных массивах на дозы внутреннего облучения сельских жителей

В результате аварии на Чернобыльской АЭС более 30% территории Могилевской области в разной степени загрязнено долгоживущими радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr . Радионуклиды, активно накапливаясь растениями и животными, стали неотъемлемым звеном пищевых цепей и источником внутреннего облучения населения.

Постоянно проводимые защитные мероприятия, позволили существенно снизить уровни загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственной продукции и улучшить качество жизни населения загрязненной территории. В связи с этим в отдаленный после аварии период наблюдается перераспределение вкладов различных составляющих пищевого рациона в дозу внутреннего облучения. Так, литературные данные свидетельствуют о том, что вклад природных пищевых продуктов в дозу внутреннего облучения растет с каждым годом и может достичь 70%. В первую очередь это обусловлено практически не изменяющимися со временем уровнями содержания ^{137}Cs в грибах и лесных ягодах, составляющих наиболее значимую часть природной компоненты пищевого рациона. В лесных экосистемах ^{137}Cs сосредоточен в основном в верхнем слое почвы, и его доступность зависит от степени загрязнения и увлажнения почв, от видовых и трофических особенностей грибов и растений. Данные радиационного контроля пищевых продуктов по Могилевской области за последние годы показали, что удельное содержание ^{137}Cs в исследованных пробах свежих грибов зачастую превышает допустимый уровень (370 Бк/кг), и по-прежнему, регистрируются

случаи высокоактивных проб (1000-6000 Бк/кг). Такие же пробы встречаются и среди лесных ягод, дичи.

Замечено, что в сельских населенных пунктах, расположенных в непосредственной близости к лесам, чаще регистрируются лица с высокими дозами внутреннего облучения. Поэтому негативная роль «даров леса» в формировании дозы внутреннего облучения населения явно недооценивалась.

В работе использовались результаты СИЧ-измерений 6187 человек, проведенных сотрудниками с учетом сезонной повторяемости измерений (2 раза в год – весной и осенью) в 2006-2012 гг. в 62 населенных пунктах пяти наиболее загрязненных районов Могилевской области (Быховском, Костюковичском, Краснопольском, Славгородском, Чериковском); картосхемы лесхозов Могилевского ГПЛХО с поквартальной разбивкой лесов и указанием плотности их загрязнения; данные УЗ «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» по радиационно-гигиеническому контролю пищевых продуктов из личных подсобных хозяйств.

С радиологической точки зрения особую опасность представляют «дары леса», которые по сравнению с сельскохозяйственными продуктами имеют очень высокие уровни радиоактивного загрязнения. Данные радиационного контроля пищевых продуктов по Могилевской области за последние годы показали, что удельное содержание ^{137}Cs в исследованных пробах грибов нередко превышает допустимый уровень (370 Бк/кг), и по-прежнему, регистрируются случаи с высокой удельной активностью (1000-10000 Бк/кг и выше). Высокоактивные пробы регистрируются и среди лесных ягод, дичи.

Результаты СИЧ-измерений в населенных пунктах, расположенных в непосредственной близости к лесам, показывают, что именно в них чаще регистрируются лица с высокими дозами внутреннего облучения. Поэтому негативная роль «даров леса» в формировании дозы внутреннего облучения населения явно недооценивалась. Нами проведена оценка радиационной безопасности леса, прилегающего к каждому населенному пункту, и изучено влияние факторов леса на содержание ^{137}Cs в организме сельских жителей.

В результате расчётов для населенных пунктов, где проводились исследования, получены значения величины оценки радиационной безопасности леса (D_l) в пределах от 0,939 до 0,116. Наименьшие значения (0,116 и 0,120) получили населенные пункты, которые прилегают к обширной зоне отселения, находится на расстоянии 0,5 км от крупного лесного массива, плотность загрязнения которого превышает 555,0 кБк/м², а на отдельных участках и 1480,0 кБк/м². Максимальное значение оценки (0,939 и 0,912) получили населенные пункты, для которых характерно практически полное отсутствие леса в радиусе до 4 км и, их невысокая плотность загрязнения.

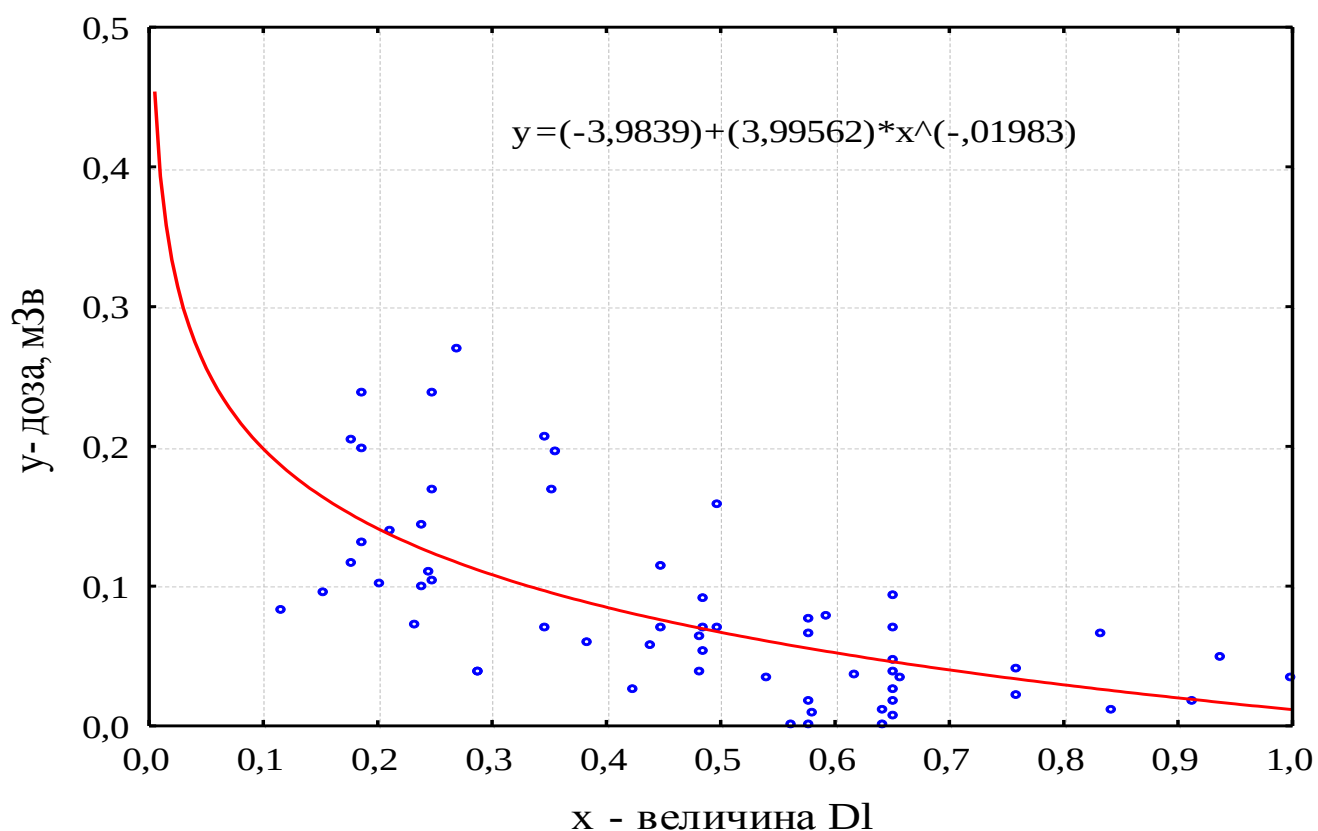


Рисунок 37 – Зависимость средней по населенному пункту дозы внутреннего облучения от оценки радиационной безопасности леса

Полученная оценка радиационной безопасности леса оказалась достаточно тесно связанной со средней дозой внутреннего облучения (по результатам СИЧ-измерений) по населенному пункту: чем меньше оценка, тем выше доза. Причем данная связь нелинейна. Подобранное нелинейное уравнение регрессии зависимости

дозы от оценки леса статистически значимо ($R=0,64$, $p<0,0001$, где R – индекс корреляции) и имеет достаточно высокий коэффициент детерминации ($R^2=0,41$) (рис. 37).

Используя данную оценку, было выделено три группы населенных пунктов имеющих статистически достоверное различие по дозе внутреннего облучения. Значимость различий проверялась с помощью непараметрических методов – медианный тест Краскела-Уоллиса ($\chi^2 = 221,7801$, $p<0,0001$) и тест Колмогорова-Смирнова (рис. 38).

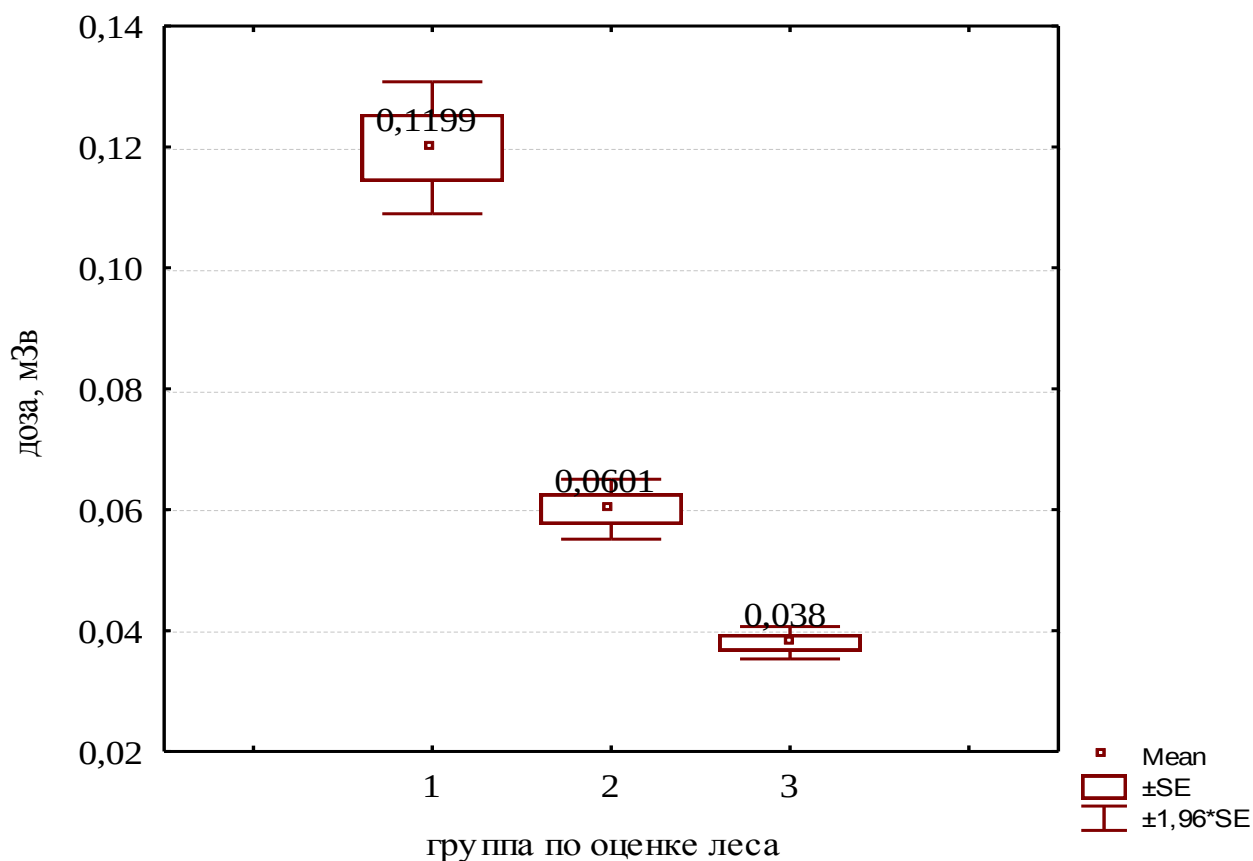


Рисунок 38 – Распределение доз внутреннего облучения населения в выделенных группах по оценке радиационной безопасности леса

В первую группу вошли населенные пункты с высокой степенью влияния факторов леса на дозы внутреннего облучения населения. Величина оценки радиационной безопасности леса (D_l) в населенных пунктах этой группы находилась в пределах от 0,116 до 0,35. В основном это населенные пункты, расположенные вблизи

крупных лесных массивов (на расстоянии до 2 км) с плотностью загрязнения почв от 185 до 555,0 кБк/м², а по отдельным кварталам от 555,0 до 1480,0 кБк/м² и выше. По результатам СИЧ-измерений в 75% населенных пунктов этой группы среднегодовые эффективные дозы внутреннего облучения превышали 0,1 мЗв. Усредненная доза внутреннего облучения обследованного населения в целом по группе составила 0,120 мЗв. В основном только здесь встречались жители с дозами выше 1,0 мЗв. По данным радиационного контроля пищевых продуктов в населенных пунктах этой группы регистрировалось и наиболее высокое удельное содержание ¹³⁷Cs в грибах (от 402 до 6620 Бк/кг). Вклад лесной компоненты в дозу внутреннего облучения в таких населенных пунктах может превысить 50%.

Во вторую группу вошли населенные пункты со средней степенью влияния факторов леса на дозы внутреннего облучения. Величина D_l здесь изменялась от 0,35 до 0,60. Наиболее характерно для этой группы то, что лесные массивы в основном располагаются на расстоянии 2-3 км от населенных пунктов, имеют плотность загрязнения в от 74,0 до 185,0 кБк/м² и лишь по отдельным кварталам 185 до 555,0 кБк/м². Более загрязненные участки леса находятся на расстоянии не менее 4-5 км. Среди этих населенных пунктов только в двух (15%) среднегодовые эффективные дозы внутреннего облучения превысили 0,1 мЗв. Усредненная доза всех обследованных этой группы была в два раза ниже по сравнению с предыдущей (0,061 мЗв). В исследованных пробах грибов из этих населенных пунктов удельное содержание ¹³⁷Cs колебалось в пределах от 154 до 1558 Бк/кг. Вклад лесной компоненты в структуре доз внутреннего облучения может колебаться от 30 до 50%.

В третью группу вошли населенные пункты с небольшим влиянием факторов леса на дозы внутреннего облучения населения. Величина оценки радиационной безопасности леса составила 0,60 и выше. Для этой группы характерно или полное отсутствие лесных массивов вблизи населенного пункта в радиусе до 4 км, или наличие небольших участков леса с невысокой плотностью загрязнения (до 37 кБк/м², от 37,0 до 74,0 кБк/м² и лишь отдельные кварталы с плотностью 74,0 до 185,0 кБк/м², но на расстоянии не менее 2 км). В населенных пунктах этой группы среднегодовые эффективные дозы внутреннего облучения не превышали 0,1 мЗв. Усред-

ненная доза обследованного населения была самой низкой и составила 0,038 мЗв. Содержание ^{137}Cs в пробах грибов из населенных пунктов этой группы находилось в пределах 113- 608 Бк/кг. Вклад лесной компоненты в дозу внутреннего облучения по этим населенным пунктам не должен превысить 30%.

Таким образом, результаты исследований показали статистически достоверную зависимость величины дозы внутреннего облучения жителей населенных пунктов от близости расположения крупных лесных массивов и плотности их загрязнения ^{137}Cs .

Наряду с радиэкологическими факторами на формирование доз внутреннего облучения сельского населения могут оказывать влияние и социальные факторы. В качестве одного из социальных факторов, рассмотрена численность жителей в населенных пунктах.

Исследования показали, что средняя доза внутреннего облучения обследованных жителей мелких населенных пунктов (с численностью до 100 человек) была почти в три раза выше, чем жителей крупных населенных пунктов (0,049 и 0,145 мЗв соответственно) (табл. 56).

Таблица 56 – Дозы внутреннего облучения жителей населенных пунктов разных типов

Тип населенного пункта (численность жителей, человек)	Всего обследовано человек	Средняя доза, мЗв	Медиана дозы, мЗв	75% квартиль, мЗв
Крупный (более 250)	4089	0,049	0,023	0,071
Средний (от 100 до 250)	1386	0,081	0,042	0,092
Мелкий (менее 100)	712	0,145	0,095	0,173

Полученные различия в дозах внутреннего облучения в зависимости от численности жителей в населенном пункте оказались статистически значимыми ($\chi^2 = 245,37$, $p < 0,0001$). На рисунке 39 в первом типе представлены крупные населенные пункты, во втором – средние, третьем – мелкие.

Из 20 крупных населенных пунктов только в 2 (10%) средние эффективные дозы внутреннего облучения превысили 0,1 мЗв, из 20 средних – в 5-ти (25%), в то время как, из 22 мелких - в 14-ти (64%).

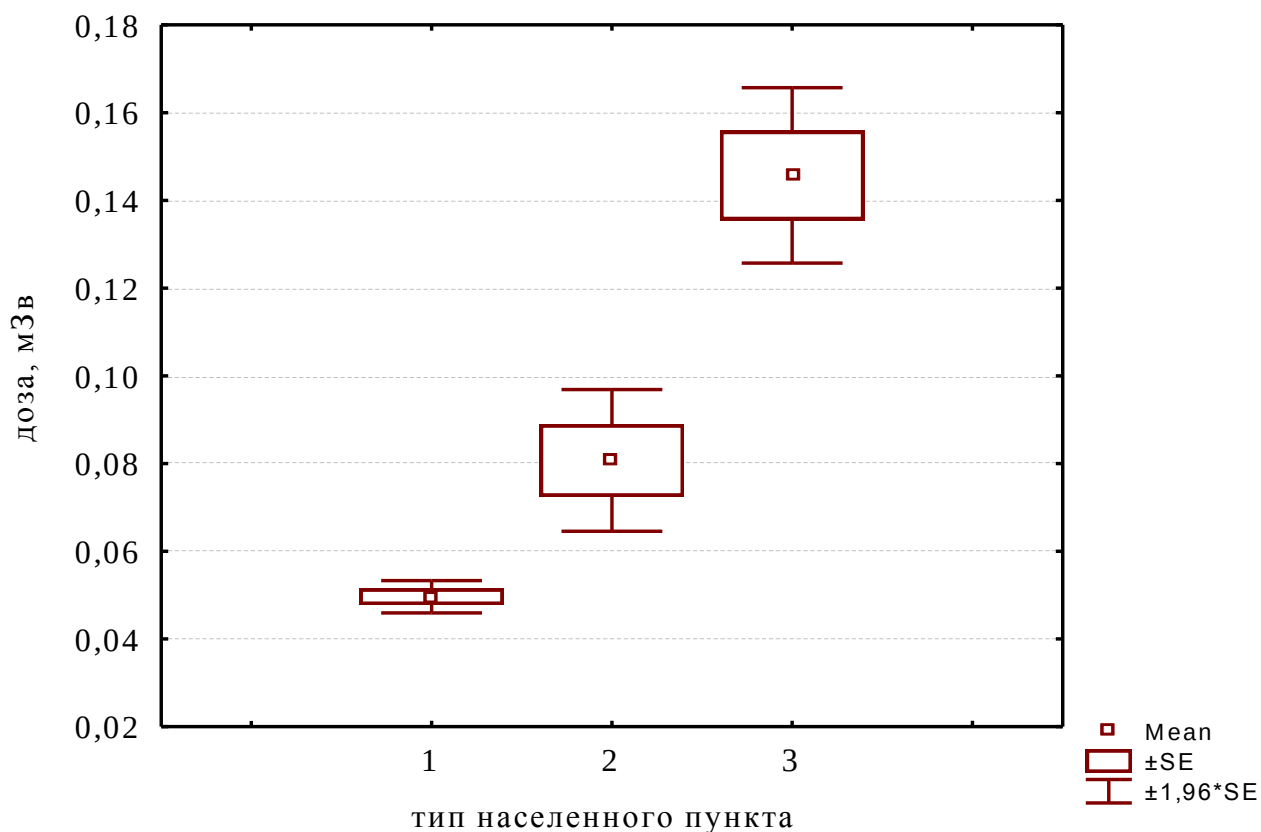


Рисунок 39 – Распределение доз внутреннего облучения по типу населенного пункта

Таким образом, просматривается тенденция – чем меньше населенные пункты, тем чаще средняя доза внутреннего облучения обследованных жителей превышает 0,1 мЗв. Если в крупных и средних населенных пунктах средние дозы выше 0,1 мЗв были обусловлены зачастую единичными случаями регистрации лиц с высокими дозами (более 1,0 и 0,5 мЗв), то в мелких - чаще за счет высокой доли лиц с дозами выше 0,1 мЗв. Почти 50% обследованных жителей мелких населенных пунктов имело дозы внутреннего облучения более 0,1 мЗв, а 25% населения - дозы более 0,173 мЗв. Это связано с тем, что в мелких населенных пунктах менее развита инфраструктура, более выражена степень натурализации ведения хозяйства, население

больше питается продуктами, выращенными на собственном огороде, и «дарами леса». Также в этих населенных пунктах невысокая занятость населения, нет организованных пунктов питания, торговой сети и других условий, которые имеются в крупных населенных пунктах.

В результате проведенных исследований, установлено, что наиболее значимыми радиоэкологическими факторами, влияющими на дозы внутреннего облучения сельских жителей, являются: во-первых, факторы леса (его размер, плотность загрязнения ^{137}Cs и удаленность от населенного пункта). Полученная оценка радиационной безопасности леса достаточно тесно связана со средней дозой внутреннего облучения по населенному пункту: чем меньше оценка, тем выше доза.

Вторым по значимости фактором оказалась плотность загрязнения ^{137}Cs в населенном пункте. Чем выше плотность загрязнения территории ^{137}Cs , тем чаще в населенных пунктах средние дозы внутреннего облучения превышают 0,1 мЗв и тем выше доля лиц с дозами более 0,1 мЗв, более 0,5 мЗв и более 1,0 мЗв.

Достоверной зависимости величины средней дозы внутреннего облучения в населенном пункте от степени загрязнения молока выявлено не было. Этот факт указывает на то, что молочная компонента в отдаленный после аварии период, перестает быть основным дозообразующим фактором, что обусловлено значительным снижением уровней загрязнения молока.

Наряду с радиоэкологическими факторами на формирование доз внутреннего облучения оказывают влияние и социальные факторы. Установлена статистически значимая зависимость между численностью жителей в населенном пункте и средней дозой внутреннего облучения. Жители мелких населенных пунктов имели дозу внутреннего облучения почти в три раза выше, чем жители крупных населенных пунктов. В большинстве мелких населенных пунктов (64%) средние эффективные дозы внутреннего облучения превысили 0,1 мЗв, в то время как в крупных – 10%.

3.8.2.2 Влияние эдафотопы и лесной формации на накопление ^{137}Cs растительностью лесных экосистем при разных уровнях радиоактивного загрязнения почвы

Были проведены радиологические обследования нескольких типов естественных лесных биогеоценозов Чериковского района Могилевской области для подбора наиболее репрезентативных сообществ с наибольшей дифференциацией по накоплению радионуклидов в высшей растительности нижнего яруса.

Тип эдафотопы определялся по П.С. Погребняку, формации леса структурировались по И.Д. Юркевичу.

В таблицах 57 и 58 представлены результаты проведенных измерений в сопряженных пробах почвы и травянистой растительности, а также почвы и кустарничковой растительности, с учетом типов условий местообитания (эдафотопов).

Таблица 57 – Содержание ^{137}Cs в сопряженных пробах почвы и травянистой растительности

Формации леса (по И.Д. Юркевичу)	Эдафотопы (по П.С. Погребняку)					
	В ₂	В ₃	В ₄	В ₂	В ₃	В ₄
	Активность почвы, Бк/кг			Активность растительных проб, Бк/кг		
Плотность загрязнения территорий 74-185 кБк/м ²						
Сосняки	344,0	775,4	832,8	926,7	1318,0	1416,5
Березняки	484,4	648,7	953,5	935,9	1266,6	1722,7
Ельники	588,7	646,8	878,5	946,7	1037,9	1506,3
Осинники	653,5	750,8	972,5	1018,4	1373,3	1755,1
Плотность загрязнения территорий 370-555 кБк/м ²						
Березняки	1051,6	1927,5	1951,0	1655,8	2405,5	2409,9
Ельники	1026,6	1573,1	2265,7	1609,5	2214,3	2546,3
Осинники	1135,6	1518,8	2533,3	1707,5	2211,3	2917,8
Сосняки	1260,3	1296,5	2233,9	2014,9	2054,7	2538,3

Полученные результаты свидетельствуют о значительном варьировании уровня радиоактивного загрязнения почвы и растительности в изучаемых сообществах.

Наблюдается тенденция более сильного накопления ^{137}Cs в растительных образцах, произрастающих на более влажных почвах (В₃ – влажные почвы, В₄ – сырые почвы). В травянистой растительности, на свежих (В₂) почвах при плотности радио-

активного загрязнения 74-185 кБк/м², наблюдалось большее, по сравнению с кустарничковой растительностью, накопление ¹³⁷Cs.

Таблица 58 – Содержание ¹³⁷Cs в сопряженных пробах почвы и кустарничковой растительности

Формации леса (по И.Д. Юрке- вичу)	Эдафотопы (по П.С. Погребняку)					
	В ₂	В ₃	В ₄	В ₂	В ₃	В ₄
	Активность почвы, Бк/кг			Активность растительных проб, Бк/кг		
Плотность загрязнения территорий 74-185 кБк/м ²						
Сосняки	891,6	632,1	667,6	627,7	576,6	487,0
Березняки	987,3	1026,6	467,8	949,7	948,3	829,5
Ельники	1037,6	1162,2	1007,8	794,8	1082,5	532,9
Осинники	610,9	519,9	912,6	868,5	485,7	925,0
Плотность загрязнения территорий 370-555 кБк/м ²						
Березняки	1279,6	1261,0	1780,6	1869,7	2065,6	4211,4
Ельники	1517,9	1736,6	1392,4	2532,0	2123,1	2536,1
Осинники	1262,0	1424,9	1470,6	2001,4	2104,5	3211,0
Сосняки	1416,6	1158,2	1513,6	2203,6	1829,7	3266,8

Результаты расчетов коэффициентов накопления ¹³⁷Cs, сделанных на основании проведенных измерений удельной активности в сопряженных пробах почвы и травянистой растительности, а также почвы и кустарничковой растительности соответственно представлены в таблице 59.

Таблица 59 – Коэффициенты накопления ¹³⁷Cs в лесной растительности

Ранги формаций	Формации леса (по И.Д. Юркевичу)	Эдафотопы (по П.С. Погребняку)					
		В ₂	В ₃	В ₄	В ₂	В ₃	В ₄
		Коэффициенты накопления в травянистой растительности			Коэффициенты накопления в кустарничковой растительности		
Плотность загрязнения территорий 74-185 кБк/м ²							
1	Березняки	1,9321	1,9525	1,8067	0,9619	0,9237	1,7732
2	Осинники	1,5584	1,8291	1,8047	1,4217	0,9342	1,0136
3	Сосняки	2,6939	1,6998	1,7009	0,7040	0,9122	0,7295
4	Ельники	1,6081	1,6047	1,7146	0,7660	0,9314	0,5288
	<i>Среднее</i>	<i>1,9481</i>	<i>1,7715</i>	<i>1,7567</i>	<i>0,9634</i>	<i>0,9254</i>	<i>1,0113</i>
Плотность загрязнения территорий 370-555 кБк/м ²							
1	Сосняки	1,5987	1,5848	1,1363	1,5556	1,5798	2,1583
2	Березняки	1,5746	1,2480	1,2352	1,4612	1,6381	2,3652
3	Осинники	1,5036	1,4560	1,1518	1,5859	1,4769	2,1835
4	Ельники	1,5678	1,4076	1,1238	1,6681	1,2226	1,8214
	<i>Среднее</i>	<i>1,5612</i>	<i>1,4241</i>	<i>1,1618</i>	<i>1,5677</i>	<i>1,4794</i>	<i>2,1321</i>

Анализируя ранги формаций леса по переходу ^{137}Cs из почвы в растительность нижнего яруса, оцениваемые по средним по формации значениям коэффициентов накопления в растительности, следует отметить, что у ельников наблюдались минимальные средние по формации значения коэффициентов накопления, при этом отмечалось сильное их варьирование в зависимости от эдафотопы.

У остальных изученных формаций наблюдалась смена рангов на различных плотностях радиоактивного загрязнения. В частности, березняки сменили ранг с первого по уровню значений коэффициентов накопления ^{137}Cs на фоне 74-185 кБк/м² на второй на фоне 370-555 кБк/м², сосняки – с третьего на первый, осинники со второго на третий соответственно.

Влияние типа эдафотопы на значения коэффициентов накопления ^{137}Cs неоднозначно, и зависит от формы растительности. Увеличение степени увлажнения от свежих (В₂) до сырых (В₄) почв не значительно повышает переход ^{137}Cs в травянистую растительность вне зависимости от плотности радиоактивного загрязнения и сильно увеличивает переход в кустарничковую. При этом на более высоком уровне радиоактивного загрязнения переход ^{137}Cs в кустарничковую растительность повышается в зависимости от гидротопы в 1,6-2,1 раза. Кроме того, следует отметить, что максимальные значения коэффициентов накопления ^{137}Cs наблюдаются у кустарничковой растительности на сырых почвах на фоне 370-555 кБк/м² в березняках, осинниках и сосняках, несколько ниже в ельниках.

В травянистой растительности, на свежих (В₂) по типу гидротопы, почвах при плотности радиоактивного загрязнения 74-185 кБк/м², наблюдался больший, по сравнению с кустарничковой растительностью, переход ^{137}Cs в растения.

Резюмируя, следует отметить, что полученные данные демонстрируют значительное варьирование загрязнения ^{137}Cs травянистой и кустарничковой лесной растительности. Наименьшее значение коэффициентов накопления ^{137}Cs в растительности нижнего яруса в среднем по фонам радиоактивного загрязнения отмечено в еловых лесах.

При плотности радиоактивного загрязнения 370-555 кБк/м² переход ^{137}Cs в кустарничковую растительность повышается в зависимости от гидротопы в 1,6-2,1 раза

по сравнению с плотностью загрязнения 74-185 кБк/м². В тоже время при анализе перехода радиоцезия в травянистую растительность, можно наблюдать, что повышение увлажнения почвы не приводит к значительному повышению перехода радионуклида в растения.

3.8.2.3 Изучение видовой специфики аккумуляции ¹³⁷Cs растениями лесных экосистем

Результаты исследования видоспецифического накопления радионуклида в лесной растительности показали (рис. 40), что наибольшее накопление ¹³⁷Cs было характерно для многолетних кустарничковых форм. При этом максимальным аккумулятом был ягодник черники (*Vaccinium myrtillus* L.), содержание ¹³⁷Cs в котором находилось в диапазоне от 873,1 Бк/кг (при плотности загрязнения земель 74-185 кБк/м²) до 5879,3 Бк/кг (при плотности – 370-555 кБк/м²), а в ягодах – от 843,7 до 1857,4 Бк/кг соответственно. Вторым по уровню накопления радионуклида выступал ягодник брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.). В данном виде содержание ¹³⁷Cs колебалось в диапазоне от 456,7 до 3578,3 Бк/кг.

Среди изученной травянистой растительности наибольшее высокое содержание ¹³⁷Cs наблюдалось у ландыша майского (*Convallaria majalis* L.), оно было в диапазоне от 475,3 до 1956,1 Бк/кг. Остальные виды были менее накапливающими. В заячьей капусте (*Sedum telephium* L.) содержание ¹³⁷Cs колебалось от 356,4 до 1712,7 Бк/кг, лапчатке серебристой (*Potentilla argentea* L.) – от 283,1 до 1473,6 Бк/кг, лапчатке прямостоячей (*Potentilla erecta* (L.) Hampe) – от 271,4 до 1289,9 Бк/кг, копытне европейском (*Asarum europaeum* L.) – от 267,1 до 1258,3 Бк/кг.

Данные показывают, что плотность радиоактивного загрязнения территории в значительной степени детерминирует накопление радионуклидов в различных растительных формах. Растения, используемые как лекарственное техническое сырье, имели значительные различия в коэффициентах накопления ¹³⁷Cs при одинаковой плотности радиоактивного загрязнения. При высокой плотности радиоактивного загрязнения их заготовка нежелательна из-за высоких переходов ¹³⁷Cs в них. В тоже

время на накопление ^{137}Cs в растении и ягодах земляники указанный фактор не оказал значительного воздействия.

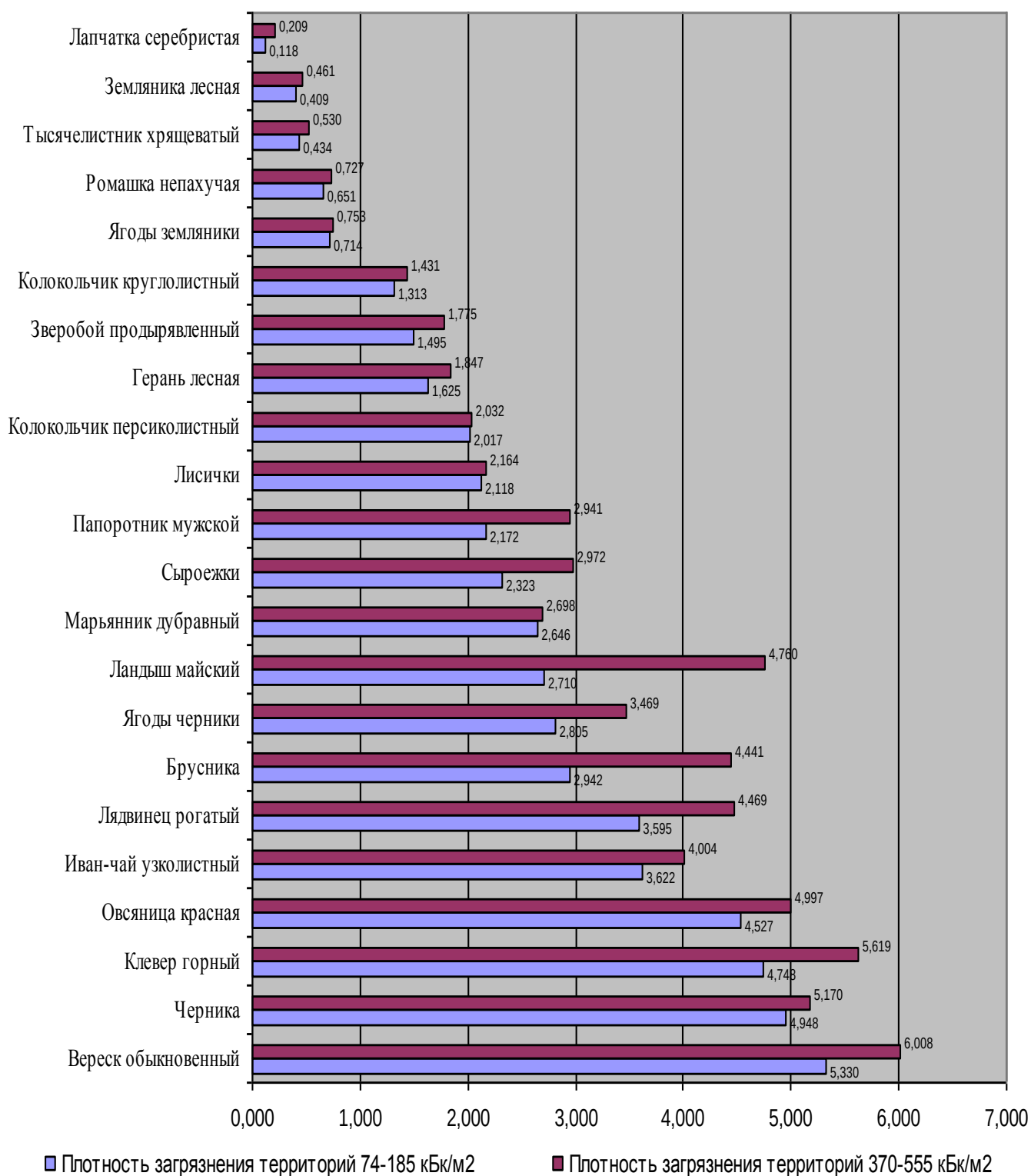


Рисунок 40 – Коэффициенты накопления ^{137}Cs в растительности нижнего яруса

3.8.2.4 Определение форм содержания ^{137}Cs в почве в зависимости от вариантов обработки

Изучено содержания доступных и недоступных растениям форм ^{137}Cs , выделенных из почвы. Результаты расчета процентных соотношений содержания в почве экспериментального участка доступных и недоступных растениям форм ^{137}Cs представлены на рисунках 41 и 42.

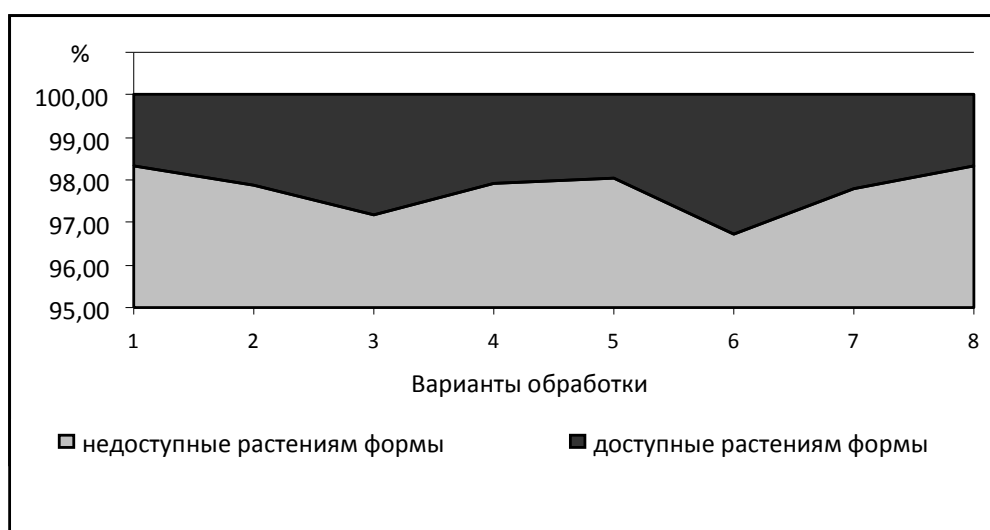


Рисунок 41 – Соотношение форм содержания ^{137}Cs в почве под травянистой растительностью экспериментального участка.

Примечание – номера вариантов обработки соответствуют нумерации в таблице 60.

Следует отметить, что вне зависимости от плотности радиоактивного загрязнения земель под травянистой растительностью, доступные формы ^{137}Cs в почве были невысокие и составляли от 1,66 до 3,28%. Однако, наблюдаемое значительное накопление ^{137}Cs в растительности, может быть связано с тем, что растения выступают аккумуляторами данного радионуклида из-за своих морфо-физиологических особенностей.

Анализируя формы содержания ^{137}Cs в почве под кустарничковой растительностью, можно отметить аналогичную картину – доступные формы составляют от 1,79 до 4,31%.

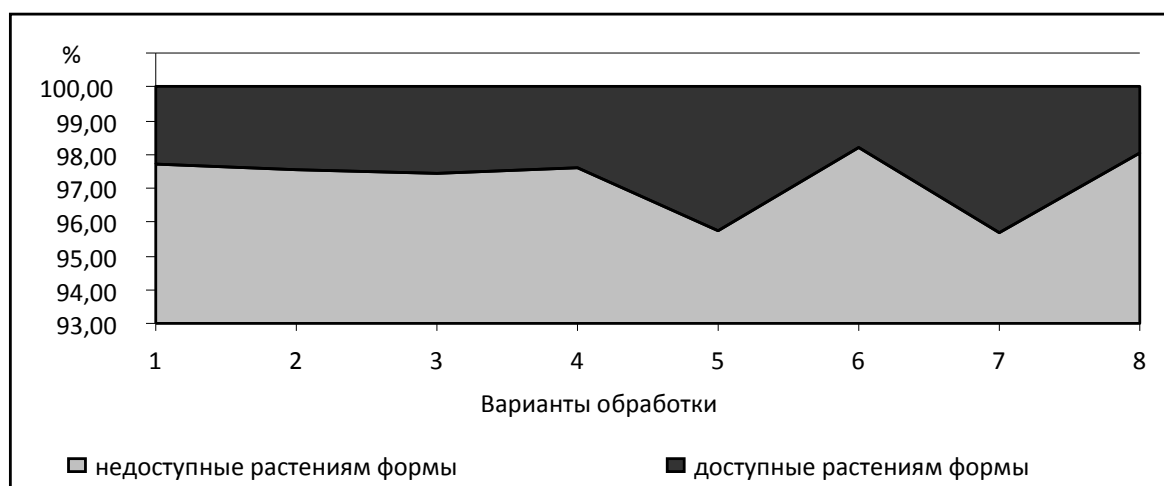


Рисунок 42 – Соотношение форм содержания ^{137}Cs в почве под кустарничковой растительностью экспериментального участка.

Примечание – номера вариантов обработки соответствуют нумерации в таблице 60.

Таким образом, можно сделать предположение: несмотря на невысокий уровень доступных форм ^{137}Cs в почве, происходит его аккумуляция как в кустарничковой, так и в травянистой растительности, что, возможно, связано с особенностями метаболизма растений.

3.8.2.5 Коэффициенты накопления и коэффициенты перехода ^{137}Cs в лесную растительность

Коэффициенты накопления ^{137}Cs , рассчитанные на основании спектрометрических измерений удельной активности сопряженных почвенных и растительных проб, приведены в таблице 60.

Анализ представленных данных показывает, что наибольшее, по сравнению с контролем, влияние на снижение накопления радионуклидов травянистой растительностью, при плотности загрязнения почв 74-185 кБк/м², оказал регулятор роста растений «Экосил». Неплохие результаты получены и при использовании препарата Байкал ЭМ-1. Однако при обработке травянистой растительности, произрастающей на почвах с плотностью загрязнения 370-555 кБк/м², выявлена обратная тенденция.

Коэффициенты накопления при использовании всех указанных биопрепаратов оказались выше, чем на контрольном участке.

Таблица 60 – Коэффициенты накопления ^{137}Cs в растительности лесных экосистем

№	Вариант применения препарата	Формы растительности	
		травянистая	кустарничковая
Плотность загрязнения 74-185 кБк/м ²			
1	Контроль (без обработки)	6,529	13,137
2	Байкал ЭМ-1	4,304	3,408
3	Гидрогумат	6,621	11,904
4	Экосил	2,490	9,189
Плотность загрязнения 370-555 кБк/м ²			
5	Контроль (без обработки)	2,162	2,802
6	Байкал ЭМ-1	5,886	1,537
7	Гидрогумат	7,462	4,289
8	Экосил	5,615	3,766
НСР ₀₅		0,846	1,148

Оценивая влияние биопрепаратов на кустарничковую растительность, необходимо отметить, что максимальный эффект по снижению поступления радионуклидов в кустарничковые растительные формы, оказал микробиологический препарат «Байкал ЭМ-1», действие которого просматривалось на территориях с различной плотностью радиоактивного загрязнения. В тоже время при обработке другими биопрепаратами незначительное снижение коэффициентов накопления наблюдалось в кустарничковой растительности, произрастающей только на почвах с плотностью загрязнения 74-185 кБк/м².

Таблица 61 – Коэффициенты перехода ^{137}Cs в растительности лесных экосистем

Вариант применения препарата	Формы растительности	
	травянистая	кустарничковая
Плотность загрязнения 74-185 кБк/м ²		
Контроль (без обработки)	0,0218	0,0438
Байкал ЭМ-1	0,0143	0,0114
Гидрогумат	0,0221	0,0397
Экосил	0,0083	0,0306
Плотность загрязнения 370-555 кБк/м ²		
Контроль (без обработки)	0,0072	0,0093
Байкал ЭМ-1	0,0196	0,0051
Гидрогумат	0,0249	0,0143
Экосил	0,0187	0,0126
НСР ₀₅	0,0011	0,0009

Представленные в таблице 61 данные о коэффициентах перехода подтверждают ранее указанные наблюдения об эффективности использования микробиологического препаратов «Экосил» и «Байкал ЭМ 1» для снижения перехода радионуклидов в лесные растения.

Оценивая коэффициенты перехода, следует отметить их значительное варьирование: от 0,0051 до 0,0438, в то же время меньшие их значения характерны для кустарничковой растительности на фоне 370-555 кБк/м², при этом они достоверно ниже, чем на фоне 74-185 кБк/м².

Таким образом, можно сделать предположение, что биологически активные препараты оказывают различное влияние на переход радионуклидов из почвы в растение.

3.8.2.6 Оценка зависимости между аккумуляцией ¹³⁷Cs в растительных пробах и его подвижностью в почве, показателей содержания радионуклида в почве и растительных образцах

Одним из методов оценки зависимости проявления показателей является расчет коэффициента корреляции между признаками. Использование данного метода в биологических исследованиях показало его эффективность и достоверную воспроизводимость результатов.

На рисунке 43 представлены результаты расчета коэффициентов корреляции показателей содержания ¹³⁷Cs в почве и растительных образцах при плотности загрязнения 74-185 кБк/м² и 370-555 кБк/м².

Оценивая представленные на рисунке 42 результаты, можно отметить, что зависимость между активностью растительных образцов и содержанием доступных форм ¹³⁷Cs в почве находится на слабом уровне. В тоже время наблюдается тенденция снижения уровня сопряженного варьирования признаков содержания ¹³⁷Cs в почве и растительных образцах после применения биологически активных препаратов, что подтверждает гипотезу об их влиянии на переход ¹³⁷Cs из почвы в растение.

Таким образом, можно сделать вывод о наличии слабой зависимости между активностью растительных образцов и содержанием доступных форм ¹³⁷Cs в почве,

а также значительного уменьшения уровня сопряженного варьирования между удельной активностью почвы и растительных образцов после обработки биологически активными препаратами

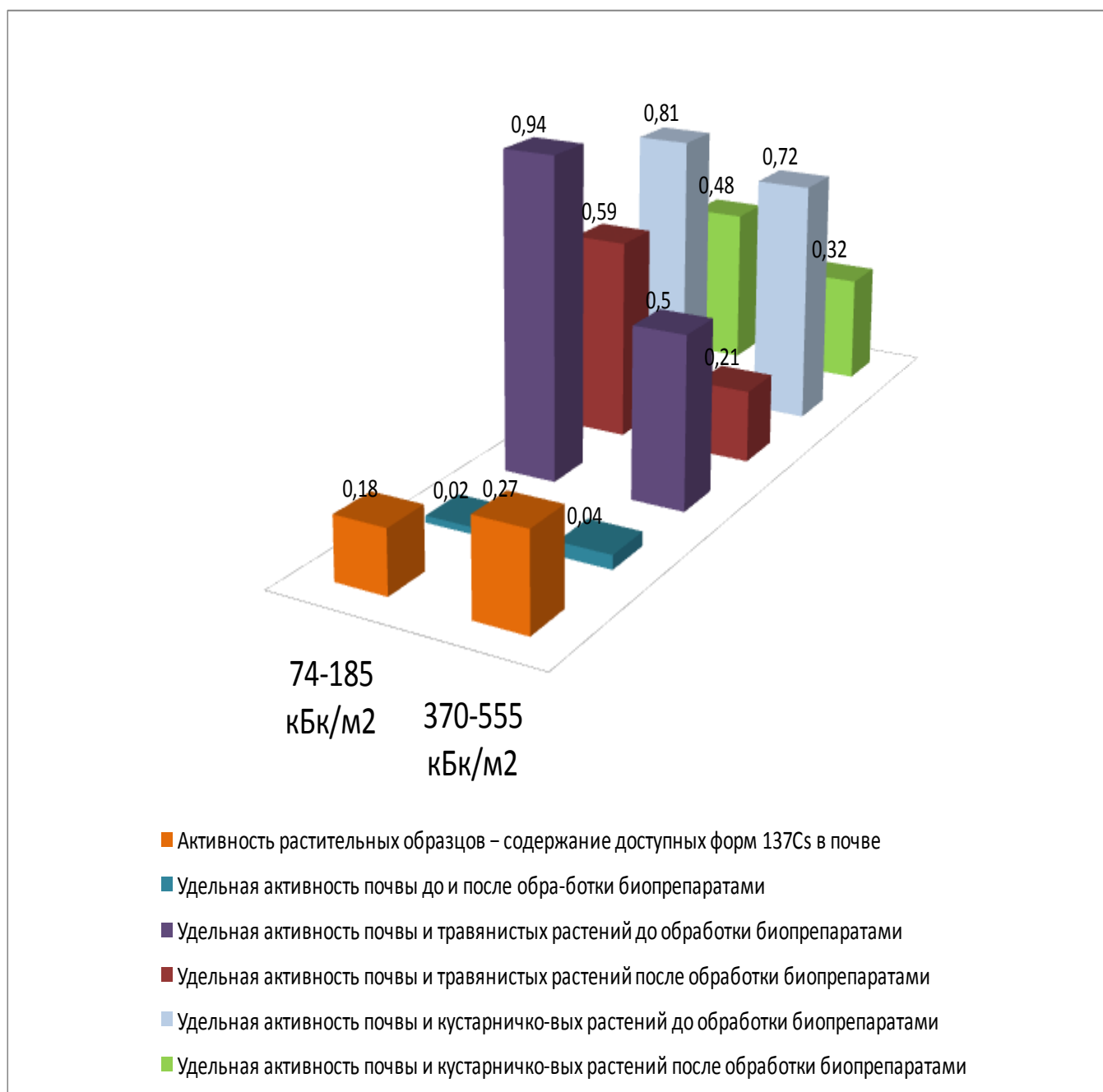


Рисунок 43 – Корреляционный анализ показателей содержания ¹³⁷Cs в почве и растительных образцах при плотности загрязнения 74-185 кБк/м² и 370-555 кБк/м²

3.8.2.7 Экологическая группировка почвенных организмов на фоне применения биологически активных препаратов

Наиболее серьезными характеристиками сукцессионных процессов в ценозе являются изменения численности (пула), биомассы и видового состава сообществ.

В таблице 62 представлены результаты изучения общей численности и биомассы бактериальных клеток в гумусово-аккумулятивном (A_1) и оподзоленном (A_2B) горизонтах почвы экспериментального участка.

Максимальный пул микроорганизмов в гумусово-аккумулятивном горизонте отмечен в варианте, с обработкой вегетирующих растений микробиологическим препаратом «Байкал ЭМ-1». Обработка им имеет самый значительный вклад в рост количества бактериальных клеток (на 118,3% по сравнению с контролем) и их биомассы (на 98,7% по сравнению с контролем) в почве опытного участка. При сравнении эффектов влияния исследуемых препаратов на численность и биомассу ризосферной микробиоты, следует отметить, что применение «Гидрогумата» не содействует достоверным ее изменениям. В то же время применение «Экосила» привело к росту численности бактериальных клеток по сравнению с контролем на 26,0%, а биомассы – на 24,4% за счет процессов стимулирования роста и развития организмов.

Таблица 62 – Общая численность ($\times 10^9$ кл/г почвы) и биомасса (мг/г) бактериальных клеток в почве опытного участка.

№ варианта	Вариант опыта	Горизонт	Численность, $\times 10^9$ кл/г почвы	Биомасса, мг/г
1	Контроль	A_1	19,11	0,78
		A_2B	4,43	0,21
2	Обработка препаратом «Гидрогумат»*	A_1	19,41	0,81
		A_2B	4,61	0,23
3	Обработка препаратом «Экосил»*	A_1	24,07	0,97
		A_2B	6,34	0,31
4	Обработка препаратом «Байкал ЭМ-1»*	A_1	41,71	1,55
		A_2B	9,57	0,49

Примечание - * - достоверно при $p=0,05$

На численность бактерий и их биомассу в элювиальном горизонте (A₂B) почвы «Байкал ЭМ-1» также оказывает некоторое влияние. Обработка им вегетирующих растений приводила к повышению общего пула микроорганизмов 2,16 раза по сравнению с контролем, а биомассу в 2,33 раза по сравнению с контролем.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что обработки микробиологическим препаратом «Байкал ЭМ-1» приводят к значительному (в 2 и более раза) повышению общего пула и биомассы бактериальных клеток как в гумусово-аккумулятивном, так и в подзолистом горизонтах опытного поля.

В таблице 63 представлены результаты изучения таксономического разнообразия и частоты встречаемости бактерий в почве опытного участка.

Таблица 63 – Таксономическое разнообразие и частота встречаемости бактерий в почве опытного участка, %

Род, вид	Варианты опыта			
	Контроль	Гидрогумат*	Экосил*	Байкал ЭМ-1*
<i>Azotobacter sp.</i>	0	0	0	8
<i>Bacillus cereus</i> Frankland et Frank.	8	7	11	23
<i>Bac. laterosporus</i> Laubach	12	11	13	14
<i>Bac. licheniformis</i> Chester	9	12	12	23
<i>Bac. megaterium</i> de Bary	14	14	16	21
<i>Bac. mesentericus</i> Trevisan	15	16	16	17
<i>Bac. pumilus</i> Meyer et Gottheil	18	19	21	24
<i>Bac. subtilis</i> Cohn	16	16	17	31
<i>Bac. firmus</i> Bredemann et Wemer	13	14	13	21
<i>Clostridium nitrificiens</i>	11	12	14	46
<i>Cianobacterium sp</i>	16	17	19	33
<i>Lactobacterium sp.</i>	0	0	0	45

Примечание - * - достоверно при $p=0,05$

Следует отметить, что в контроле наиболее высокая встречаемость отмечена у *Bacillus pumilus* Meyer et Gottheil, *Bac. subtilis* Cohn и *Cianobacterium sp*. Применение препаратов «Гидрогумат» и «Экосил» привело к увеличению частоты встречаемости вышеуказанных микроорганизмов. Внесение микробиологического удобрения «Байкал ЭМ-1» привело к смене градиента встречаемости (более чем в 4 раза по сравнению с контролем увеличилась частота встречаемости *Clostridium nitrificiens*), значительному увеличению частоты встречаемости и появлению новых видов (*Azo-*

tobacter sp., *Lactobacterium sp.*) в почвенном сообществе, (т.е. к индуцированию сукцессии микробоценоза).

В таблице 64 представлены рассчитанные индексы Менхиника, Маргалефа, Бергера-Паркера, Симпсона, Шеннона.

Таблица 64 – Экологические индексы биоразнообразия микробоценоза

Индекс	Контроль	Гидрогумат	Экосил	Байкал ЭМ-1
Индекс Менхиника	1,044	1,022	0,973	0,686
Индекс Маргалефа	1,562	1,547	1,518	1,332
Индекс Бергера-Паркера	0,136	0,138	0,138	0,150
Индекс Симпсона	0,099	0,099	0,098	0,096
Индекс Шеннона	3,282	3,278	3,294	3,451

Данные, представленные в таблице 66 демонстрируют изменение соотношения доминирующих видов в сообществе под воздействием применения препарата «Байкал ЭМ - 1». Полидоминирование подтверждается низкой степенью доминирования по Симпсону, высокими значениями индексов разнообразия Шеннона-Уивера ($H' = 3,282 - 3,451 \text{ бит/экз}$), значения индексов Менхиника, Маргалефа и Бергера-Паркера подтверждают отсутствие монодоминирования видов.

Таким образом, применение микробиологического препарата «Байкал ЭМ - 1» приводит к появлению в почве бактерий, до этого не встречавшихся в контроле и возрастанию количества микроорганизмов, участвующих в процессах биodeградации и трансформации органических веществ в почве опытного участка.

В таблице 65 представлены результаты изучения таксономического разнообразия и частоты встречаемости грибов в почве опытного участка.

Из выявленного биоразнообразия микоценоза в почве наиболее часто встречаются и широко представлены грибы, представители рода *Penicillium*. Причем, внесение изучаемых препаратов приводило к увеличению их численности, что говорит об усилении процессов биodeградации органического вещества в почве, так как представленные грибы являются сапротрофными по типу питания. Кроме того, необходимо отметить, что данные грибы способны вырабатывать антибиотик пенициллин, обладающий антибиотическим и аллелопатическим действием, что способ-

ствуется снижению числа патогенных организмов в почве. Кроме описанного рода, в почве отмечено повышение численности грибов *Acremonium butyri* W. Gams, *Mortiereiia longicollis* Dixon-Stewart, *Mortiereiia* sp., *Aureobasidium* sp., *Trichoderma* sp., *Mycelia sterilia*, *Ulodadium* sp., что, возможно, связано с действием на почвенную биоту изучаемых препаратов.

Таблица 65 – Таксономическое разнообразие и частота встречаемости грибов в почве опытного участка, %

Род, Вид	Варианты опыта			
	Контроль	Гидрогумат*	Экосил*	Байкал ЭМ-1*
<i>Penicillium canescens</i> Sopp	15	19	22	19
<i>P. cyaneum</i> (Bainier et Sartory) Biourge	12	13	16	11
<i>P. cydopium</i> Westling	10	10	13	12
<i>P. implicatum</i> Biourge	22	21	25	23
<i>P. frequentans</i> Westling	24	25	28	26
<i>P. oxalicum</i> Currie	21	22	25	23
<i>P. puberulum</i> Bainier	19	20	22	20
<i>P. spinulosum</i> Thorn	14	14	16	17
<i>P. steckii</i> Zaleski	17	20	18	22
<i>P. thomii</i> Maire	23	23	25	26
<i>P. varlabile</i> Sopp	17	17	22	24
<i>Penicillium</i> sp.	35	37	39	37
<i>Acremonium butyri</i> W. Gams	21	22	31	32
<i>Fusarium</i> sp.	62	50	32	28
<i>Mortiereiia longicollis</i> Dixon-Stewart	12	32	31	27
<i>Mortiereiia</i> sp.	16	34	32	34
<i>Mucor</i> sp.	50	32	31	29
<i>Aureobasidium</i> sp.	21	22	25	22
<i>Trichoderma</i> sp.	13	14	14	20
<i>Mycelia sterilia</i>	0	0,2	0,4	0,5
<i>Ulodadium</i> sp.	7	8	8	10

Примечание - * - достоверно при $p=0,05$

Одновременно, в почве понизилась частота встречаемости некоторых патогенов, в частности, различных представителей рода *Fusarium* sp.

В таблице 66 представлены рассчитанные индексы Менхиника, Маргалефа, Бергера-Паркера, Симпсона, Шеннона.

Данные, представленные в таблице 67 демонстрируют похожую с микробоценозом картину изменение соотношения доминирующих видов в микоценозе под воздействием применения препарата «Байкал ЭМ - 1», но при этом степень влияния указанных препаратов не столь высока как в случае с микробоценозом.

Таблица 66 – Экологические индексы биоразнообразия микоценоза

Индексы	Контроль	Гидрогумат	Экосил	Байкал ЭМ-1
Индекс Менхиника	1,012	0,984	0,963	0,976
Индекс Маргалефа	2,285	2,265	2,249	2,259
Индекс Бергера-Паркера	0,144	0,110	0,082	0,080
Индекс Симпсона	0,066	0,057	0,053	0,053
Индекс Шеннона	4,106	4,197	4,248	4,258

Следовательно, исходя из приведенных данных, можно сделать вывод о том, что препараты положительно влияют на численность почвенных сапротрофных грибов, в тоже время приводит к сокращению численности ряда патогенных организмов.

Нами были изучены две размерно-функциональные группы беспозвоночных животных, населяющих естественные лесные подзолы региона, – микро- и мезофауна. Микрофауна представлена микроартроподами – ногохвостками (*Collembola*), клещами орибатидами и гамазидами (*Acari: Oribatei, Gamasoidea*). В составе мезофауны выделено 20 таксонов беспозвоночных: малощетинковые черви (*Oligocheta: Lumbricidae, Enchytraeidae*), моллюски (*Gastropoda: Stylommatophora*), паукообразные (*Arachnida: Araneae, Opiliones*), многоножки (*Myriapoda: Lithobiidae*), насекомые (*Insecta*): равнокрылые (*Homoptera: Cicadellidae, Psyllidae, Aphididae*), клопы (*Hemiptera*), жесткокрылые (*Coleoptera: Cantharidae larvae, Carabidae, Curculionidae, Elateridae larvae, Staphylinidae*), перепончатокрылые (*Formicigae, Hymenoptera*), двукрылые (*Diptera*), чешуекрылые (*Lepidoptera larvae*), трипсы (*Thysanoptera*). Не были обнаружены представители диплопод (*Diplopoda*) и изопод (*Isopoda*), обычно типичных для лесных почв Беларуси. Это может быть связано с динамическими процессами в популяциях и миграцией.

Таксономический состав фауны беспозвоночных животных не постоянен. В разные сезоны и годы в почве отсутствовали представители тех или иных таксонов.

В частности, разнообразие мезофауны возрастало с 7–8 групп в мае до 18–20 в августе и снижалось до 10–11 групп к концу октября. Увеличение разнообразия в более теплые месяцы вегетационного периода связано с появлением фитотрофов: клопов, листоблошек, тлей, трипсов, цикадок, перепончатокрылых, чешуекрылых. В более холодные месяцы они частично или полностью отсутствовали.

В изученных сообществах основу почвенной фауны формировали микроартроподы, на долю которых приходится до 98% общей плотности беспозвоночных, доля мезофауны не превышала 2%. Клещи преобладали над коллемболами, в некоторых вариантах превышая 91% общего количества микроартропод (таблица 67).

Таблица 67 – Плотность популяций почвенных беспозвоночных в контроле и при применении биологически активных препаратов, экз/м²

№ п/п	Группы беспозвоночных	Варианты применения препаратов				Cv ± m, %
		Контроль	Байкал ЭМ–1	Гидрогумат	Экосил	
1	Gastropoda	9,7	10,1	10,3	10,2	50,1±14,7
2	Lumbricidae	50,3	53,1	57,7	51,4	14,8±4,1
3	Enchytraeidae	61,3	64,1	61,2	62,9	35,1±8,1
4	Lithobiidae	53,1	49,9	58,3	57,5	27,1±7,3
5	Araneae	88,3	92,1	91,5	93,3	44,1±13,8
6	Opiliones	2,3	2,1	2,4	2,3	13,1±2,3
7	Cicadellidae	1,8	1,9	1,7	2,1	11,3±3,1
8	Psyllidae	2,1	1,9	2,3	2,1	10,9±3,3
9	Aphididae	0,91	1,1	0,87	0,94	8,1±2,7
10	Formicigae	3,7	4,1	3,9	3,6	14,7±3,9
11	Hymenoptera	2,3	2,5	2,4	2,5	6,5±1,8
12	Thysanoptera	102,4	89,7	114,1	109,1	67,3±16,3
13	Lepidoptera larvae	1,3	1,2	1,8	1,5	35,4±9,4
14	Diptera	55,6	60,4	58,0	57,1	39,1±13,3
15	Cantharidae larvae	26,3	22,1	24,6	23,4	28,6±8,1
16	Carabidae	12,1	14,3	13,5	14,2	31,1±12,5
17	Curculionidae	6,3	6,1	6,4	6,2	8,9±1,7
18	Elateridae larvae	5,8	5,3	6,1	5,9	12,3±4,1
19	Staphylinidae	23,8	21,9	26,6	22,7	27,3±7,6
20	Collembola	1,9·10 ³	2,1·10 ³	2,0·10 ³	1,9·10 ³	6,7±1,1
21	Acari	20,1·10 ³	22,2·10 ³	21,1·10 ³	22,1·10 ³	21,3±7,8
Критерий Стьюдента, t_f		1.85				-

Примечание - Критерий Стьюдента, $t_{теор(0,05)}=2,01$

Для оценки плотности популяций, составлявших сообщество беспозвоночных животных, использовался показатель «динамическая плотность», характеризующий

медианное количество особей (экземпляров) на единицу площади за определенный период. Суммарная динамическая плотность микро- и мезофауны составляла около $23 \cdot 10^3$ экз/м², динамическая плотность популяций клещей – $21 \cdot 10^3$, ногохвосток – $2 \cdot 10^3$ экз/м²; мезофауны – 522 экз/м².

Варьирование общей численности беспозвоночных не превышало 100%, что свидетельствует об устойчивости сообщества в естественных лесных почвах региона. Для кислых дерново-подзолистых лесных почв характерно преобладание мелких форм и невысокая плотность крупных беспозвоночных. Это связано с относительно невысокой производительной способностью почв. Выявлено, что плотность радиоактивного загрязнения в изученных пределах, не влияла на динамические процессы и численность популяций беспозвоночных. Полученные нами результаты по видовому составу и численности беспозвоночных и соотношений их размерно-функциональных групп сопоставимы с данными других исследователей по почвенной фауне лесов.

Среди представителей мезофауны в лесных почвах наиболее многочисленны почвенно-подстилочные влаголюбивые формы: трипсы, пауки, двукрылык, люмбрициды, энхитреиды, многоножки-литобиициды, мягкотелки, стафилиниды. Они образовали доминантный комплекс мезофауны, на который приходилось до 95% общей численности ее представителей и определяли уровень общей численности мезофауны на протяжении всего вегетационного периода. Остальные таксоны малочисленны, их общая доля не превышала 10% плотности мезофауны. Представленные в таблице 67 данные демонстрируют отсутствие значимых влияний биологически активных препаратов на численность беспозвоночных, что подтверждается значением критерия Стьюдента.

Величина биомассы мезофауны составляла в среднем 18,32 г/м². Эти данные сопоставимы с результатами других исследователей.

Доминирующей по массе группой являлись моллюски и олигохеты, а также связанные с ними трофически литобииды, на указанные группы приходилось 90% всей биомассы мезофауны (таблица 68).

Таблица 68 – Биомасса почвенных беспозвоночных в контроле и при применении биологически активных препаратов, мг/м²

№ п/п	Группы беспозвоночных	Варианты применения препаратов				Cv ± m, %
		контроль	Байкал ЭМ-1	Гидрогумат	Экосил	
1	2	3	4	5	6	7
1	Gastropoda	98,57	102,64	103,67	103,65	34,1±13,2
2	Lumbricidae	6,77	7,15	7,77	6,92	41,3±17,1
3	Enchytraeidae	95,78	100,15	95,62	98,28	13,5±6,3
4	Lithobiidae	151,03	141,93	165,82	163,55	28,1±12,3
5	Araneae	77,21	80,54	80,01	81,59	16,3±7,5
6	Opiliones	не опр	не опр	не опр	не опр	–
7	Cicadellidae	1,27	1,34	1,20	1,48	85,7±32,1
8	Psyllidae	0,51	0,46	0,56	0,51	88,3±33,7
9	Aphididae	0,18	0,22	0,18	0,19	85,4±39,3
10	Formicigae	1,53	1,69	1,61	1,49	13,1±6,4
11	Hymenoptera	0,49	0,54	0,52	0,54	92,7±43,7
12	Thysanoptera	2,58	2,26	2,87	2,75	29,1±14,7
13	Lepidoptera larvae	10,04	9,27	13,90	11,58	89,3±43,1
14	Diptera	22,55	24,50	23,53	23,16	63,2±32,7
15	Cantharidae larvae	19,02	15,98	17,79	16,92	57,8±24,5
16	Carabidae	17,92	21,18	20,00	21,03	20,1±11,3
17	Curculionidae	7,44	7,21	7,56	7,32	15,7±8,7
18	Elateridae larvae	83,01	75,86	87,31	84,44	89,7±45,1
19	Staphylinidae	20,56	18,92	22,98	19,61	4,8±0,7
20	Collembola	не опр	не опр	не опр	не опр	–
21	Acari	не опр	не опр	не опр	не опр	–
Критерий Стьюдента, t_f		1.34				–

Примечание - «не опр» – не определялась, «–» – значение не рассчитывалось; критерий Стьюдента, $t_{теор(0,05)}=2,01$

Общая биомасса представителей остальных таксонов не превышала 10%, из них лишь 3% приходилось на долю насекомых. Высокий уровень численности и биомассы дождевых червей в естественных лесных почвах при низких значениях этих показателей для мезофауны в целом свидетельствовал о благоприятном для червей гидротермическом и трофическом режиме этих почв.

Оценивая изменения биомассы беспозвоночных по вариантам применения биологически активных препаратов, следует отметить отсутствие значимых различий, отклонения от средних по вариантам не превышают 5%, Статистический анализ подтвердил отсутствие достоверных различий.

Плотность радиоактивного загрязнения не оказывала значимых влияний на описываемый показатель.

При описании структуры доминирования в качестве доминантов рассматривали таксоны с долей численности и биомассы особей, составляющей 10% и более от общей величины этих показателей, в качестве субдоминантов – таксоны с долей от 5 до 10%.

Полученные результаты показывают, что представители примерно половины выявленных таксонов мезофауны доминируют и субдоминируют по численности, причем доля каждого таксона не превышает 20% (таблица 69). Это позволяет рассматривать структуру доминирования по численности как полидоминантную, состоящую из 9 преобладающих групп, 7 малочисленных групп (от 1 до 5%) и 5 таксонов, представленных единичными экземплярами (менее 1%).

Таблица 69 – Показатели доминирования почвенных беспозвоночных по численности

№ п/п	Показатель	Варианты применения препаратов			
		Контроль	Байкал ЭМ–1	Гидрогумат	Экосил
1	Количество групп мезофауны	21	21	21	21
2	Число доминирующих групп	9	9	9	9
3	Количество доминирующих групп, %	87,8	88,1	86,7	87,9
4	Количество малочисленных групп	7	7	7	7
5	Доля малочисленных групп, %	10,1	10,3	10,9	9,8
6	Количество редких групп	5	5	5	5
7	Доля редких групп, %	2,1	1,6	2,4	2,3
8	Индекс Шеннона-Уивера, бит/экз	3,17	3,15	3,11	3,16
9	Индекс Симпсона	0,19	0,18	0,17	0,18
10	Индекс Пieloу	0,77	0,81	0,69	0,78
11	Индекс Менхиника	0,842	0,846	0,815	0,826
12	Индекс Маргалефа	2,002	2,004	1,98	1,989
13	Индекс Бергера-Паркера	0,201	0,183	0,21	0,206

Полидоминирование подтверждается низкой степенью доминирования по Симпсону, и высокими значениями индексов разнообразия Шеннона-Уивера ($H' = 3,11 - 3,17$ бит/экз) и выровненности по Пieloу ($e = 0,69 - 0,81$), значения индексов Менхиника, Маргалефа и Бергера-Паркера подтверждают отсутствие монодоминирования видов. Стабильность доминантного комплекса в годичной динамике по количеству групп, их доле и таксономическому составу, а также величине индек-

сов доминирования подтверждает наш вывод об устойчивости сообщества мезофауны в естественных лесных почвах и отсутствии значительных влияний биологически активных препаратов на численность животных и доминантную структуру в ценозе.

Структура доминирования мезофауны по биомассе также характеризуется наличием полидоминирования (таблица 70). Оно обеспечивается меньшим, по сравнению с численностью, количеством таксонов – 5. Основу доминирующей группы составляют малощетинковые черви, моллюски и многоножки. В тоже время возрастает до 7 количество редких групп беспозвоночных, что связано с их низкой биомассой.

Таблица 70 – Показатели доминирования почвенных беспозвоночных по биомассе

№ п/ п	Показатель	Варианты применения препаратов			
		Контроль	Байкал ЭМ-1	Гидрогумат	Экосил
1	Количество групп мезофауны	18	18	18	18
2	Число доминирующих групп	5	5	5	5
3	Количество доминирующих групп, %	85,4	86,1	84,7	85,8
4	Количество малочисленных групп	6	6	6	6
5	Доля малочисленных групп, %	12,9	11,3	13,2	12,7
6	Количество редких групп	7	7	7	7
7	Доля редких групп, %	1,7	2,6	2,1	1,5
8	Индекс Шеннона-Уивера, бит/г	3,29	3,21	3,23	3,27
9	Индекс Симпсона	0,12	0,13	0,11	0,12
10	Индекс Пieloу	0,71	0,67	0,68	0,69
11	Индекс Менхиника	0,765	0,768	0,744	0,748
12	Индекс Маргалефа	1,94	1,94	1,92	1,93
13	Индекс Бергера-Паркера	0,245	0,232	0,254	0,254

Присутствие полидоминантного сообщества подтверждается значениями индекса доминирования Симпсона ($C=0,11-0,13$), и высокими значениями индексов разнообразия Шеннона-Уивера ($H'=3,21-3,29$ бит/г) и выровненности по Пieloу ($e=0,67-0,71$).

Оценивая воздействие биологически активных препаратов на изучаемые показатели, следует отметить отсутствие значимых различий по рассчитанным индексам,

что демонстрирует отсутствие влияний на структуру доминирования по биомассе изучаемых сообществ.

Резюмируя, следует отметить, что применение изучаемых препаратов приводит к повышению частоты встречаемости, общего пула и биомассы полезных микроорганизмов, принимающих участие в процессах биодинамики и трансформации органических веществ в почве опытного участка. Исследуемые препараты в различной степени способны индуцировать сукцессию микробоценозов корнеобитаемого слоя почвы, влияя в разной степени на численность, биомассу и встречаемость микробиоты. Наиболее эффективно применение «Байкала ЭМ-1», содействующего появлению в сообществе новых форм микроорганизмов и увеличению автохтонной микрофлоры, активно участвующей в процессах азотфиксации, фосфатмобилизации и биodeградации органического вещества.

Проведенные исследования влияния биологически активных препаратов «Байкал ЭМ-1», «Гидрогумат» и «Экосил» на фауну почвенных беспозвоночных показали отсутствие сколько-либо значимых воздействий указанных препаратов на численность, биомассу и структуру сообщества беспозвоночных в интактных лесных экосистемах в условиях радиоактивного загрязнения почв. Так же стоит отметить, что применение биологически активных препаратов «Байкал ЭМ-1», и «Экосил» позволяет снижать содержание радионуклидов в растительности нижнего яруса лесных экосистем.

Следовательно, можно сделать вывод о возможности безопасного использования исследованных препаратов в условиях лесных экосистем для снижения перехода радионуклидов в продукцию.

3.9 Экономическая и энергетическая эффективность

3.9.1 Экономическая эффективность применения биологически активных препаратов

Расчеты показали (табл. 71), что дополнительный чистый доход дают все варианты опыта.

Таблица 71 – Показатели экономической эффективности применения биологически активных препаратов

№	Вариант опыта	П _д , ц/га	Э _ф , кг	С _д , тыс. руб/га	З _д , тыс. руб/га	Ч _д , тыс. руб/га	Рента- бель- ность, %
1.	Контроль (без обработок)	-	-	-	-	-	-
2.	Предпосевная обработка семян препаратом Байкал ЭМ-1	10,6	0,76	26,4	2,2	24,2	171,0
3.	Предпосевная обработка семян препаратами Байкал ЭМ-1+ Феномелан	13,3	0,95	34,1	3,1	31,0	180,1
4.	Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	15,0	1,07	38,5	32,7	5,8	117,7
5.	Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	23,3	1,66	59,4	42,3	17,1	140,4
6.	Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	27,7	1,98	70,4	48,7	21,7	144,6
7.	Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	28,1	2,01	71,5	52,4	19,1	136,5

При этом максимальная рентабельность отмечена в вариантах обработка семян овса препаратом Байкал ЭМ-1 и предпосевная обработка семян овса препаратом Байкал ЭМ-1 в смеси с Феномеланом, что связано с низкими затратами на ее проведение.

В тоже время максимальную прибавку урожайности дает вариант «Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1», но из-за высокой себестоимости данного варианта, он не является самым доходным.

Таким образом, можно говорить о высокой экономической эффективности применения биологически активных препаратов.

Расчет экономической эффективности применения удобрений по культурам приведен в приложениях К, Л, М.

3.9.2 Энергетическая эффективность возделывания эспарцета на кормовые цели

Выход обменной энергии с единицы площади зависит от продуктивности культуры, чем выше продуктивность, тем, соответственно, выше получаемая энергия от полученной продукции (таблица 72).

Таблица 72 – Энергетическая эффективность возделывания эспарцета
на кормовые цели

Варианты	Сбор к.ед. с 1 га, ц/га	Выход об- менной энергии с 1 га, тыс. МДж	Норматив- ные затраты на 1 га посе- ва, тыс. МДж	Чистый выход энергии, тыс. МДж	Энерге- тическая эффектив- ность, %	Чистая энергети- ческая эф- фектив- ность, %
1	2	3	4	5	6	7
автоморфная почва						
Контроль (без обработок)	16,1	13,5	10,1	3,4	133,7	33,7
Предпосевная обработка семян препаратом Байкал ЭМ-1	19,8	16,0		5,9	158,4	58,4
Предпосевная обработка семян препаратами Байкал ЭМ-1+ Феномелан	22,8	18,7		8,6	185,1	85,1
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	26,7	23,2		13,1	229,7	129,7
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	28,2	39,1		29,0	387,1	287,1
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	29,6	42,0		31,9	415,8	315,8
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	37,3	50,3		40,2	498,0	398,0
глиеватая почва						
Контроль (без обработок)	17,7	24	10,1	13,9	237,6	137,6
Предпосевная обработка семян препаратом Байкал ЭМ-1	18,2	27,1		17	268,3	168,3
Предпосевная обработка семян препаратами Байкал ЭМ-1+ Феномелан	19,9	27,3		17,2	270,3	170,3
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	20,1	28,3		18,2	280,2	180,2
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	22,1	30,4		20,3	301,0	201,0
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	25,7	33,1		23	327,7	227,7

В наших исследованиях продуктивность эспарцета повышается в зависимости от варианта внесения изучаемых биологически активных препаратов, в такой же последовательности повышается и выход энергии.

На дерново-подзолистых автоморфных и глееватых почвах максимальная энергетическая эффективность выращивания зеленой массы, при выращивании эспарцета наблюдалась в варианте «Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1».

При этом, следует отметить, что по сравнению с контролем, все варианты использования биологически активных препаратов дали высокую энергетическую эффективность при возделывании эспарцета на зеленую массу.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментальным путем выявлена более высокая биологическая активность почвы контрольного целинного аналога по сравнению с опытными пахотными землями. Суммарное содержание свободных аминокислот в почве целинного аналога в 1,3 раза выше, чем в почве опытного поля, а аминного азота в 1,2 раза. Исключение составили только глутаминовая кислота и аланин, их содержание в почве опытного поля было выше на 14 и 35% соответственно. Активность ферментативных процессов в почве целинного аналога была выше по инвертазе в 2,8 раза, фосфатазе – 3,0; протеазе – 3,9; каталазе – 14,2; полифенолоксидазе – 1,9; пероксидазе – 1,47 раза в сравнении с активностью ферментов почвы опытного поля.

2. По результатам выполненных исследований разработана новая классификация почв на основе учета микробного пейзажа: болезнетворные – 5-20% общей микрофлоры представлены микроорганизмами типа *Fusarium*; ферментативные – содержание грибов класса *Fusarium* меньше 5%; синтезирующие, содержат значительное количество цианобактерий, зеленые и сине-зеленые водоросли, которые являются фотосинтезирующими организмами; подавляющие болезни, которые содержат значительное количество микроорганизмов типа *Trichoderma*, *Aspergillus* и *Streptomyces*.

3. За ротацию севооборота выявлена закономерность в повышении накопления пожнивно-корневых остатков при обработке почвы без оборота пласта по всем вариантам опыта на 1,7-7,7%, за исключением одного варианта опыта с внесением навоза в чистом виде.

4. Впервые в условиях дерново-подзолистых супесчаных почв установлены корреляционные связи между урожайностью и количеством почвенных бактерий ($r=0,76$), между количеством бактерий и активностью ферментов групп оксиредуктаз ($r = 0,51-0,75$).

5. При всех вариантах опыта при обработке почвы с оборотом пласта установлено снижение плесневых грибов на 2,6-42% в сравнении с обработкой почвы без оборота пласта. Уменьшение их количества и биомассы - одна из важнейших

причин снижения содержания гумуса в пахотных почвах, утраты почвенной структуры и плодородия почвы в целом, так как основное цементирующее звено (гуминовые кислоты) образуются при значительном участии грибов. Указанные данные являются теоретическим обоснованием предлагаемой системы оптимизации обработки почвы.

6. Выявлена корреляционная связь между целлюлозоразрушающей способностью почвы и ее обработкой, сохранявшаяся по всем культурам севооборота, за исключением картофеля. По всем вариантам опыта целлюлозолитическая способность почвы была на 25,8 % выше при дисковании, чем по вспашке

7. Установлено, что наиболее эффективна система внесения органо-минеральных удобрений с применением микробиологических препаратов. Сбор кормовых единиц за ротацию севооборота превышал контрольный вариант на 26% (с оборотом пласта) и 28% (без оборота пласта).

8. Впервые в условиях Республики Беларусь показана эффективность применения микробиологического препарата «Байкал-ЭМ-1», который позволил повысить среднегодовую продуктивность на 9,7-11,2 ц/га (18-20%) и улучшить качественный состав микрофлоры почвы и активизировать биохимические процессы.

9. Установлено влияние биологически активных препаратов на снижение перехода ^{137}Cs из почвы в лесные ягоды и грибы, зеленую массу лесных и сельскохозяйственных растений. Согласно проведенным исследованиям, применение обработок ягодников, расположенных на радиоактивно загрязненных территориях, микробиологическим препаратом «Байкал ЭМ-1» и регулятором роста растений «Эко-сил» привело к снижению перехода ^{137}Cs из почвы в растения и ягоды в 1,5–4 раза, в результате чего снизилось содержание ^{137}Cs в продукции, что позволило уменьшить дозу внутреннего облучения от употребления ягод в пищу и растений в качестве лекарственного технического сырья.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Использование биологически активных препаратов по предлагаемым схемам позволит повысить урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность хозяйственно ценных растений естественных экосистем и снизить переход в них радионуклидов и других экотоксикантов.

2. На дерново-подзолистых супесчаных почвах целесообразно в большинстве случаев заменять вспашку безотвальными обработками, что позволит значительно повысить рентабельность сельскохозяйственного производства за счет значительного энерго- и ресурсосбережения и повышения производительной способности почв за счет прироста плодородия. Предложенный подход позволит сохранить микробиоту почв в нативном состоянии и не приведет к индуцированной сукцессии микробного сообщества почвы.

3. Считаем целесообразным активнее расширять посевные площади эспарцета на дерново-подзолистых супесчаных радиоактивно загрязненных почвах Беларуси для поддержки экологического состояния почв и получения высокоценных, радиоэкологически безопасных кормов на основе указанной культуры.

4. Для поддержания экологического баланса и сохранения плодородия дерново-подзолистых супесчаных почв следует использовать севообороты с включением бобовых культур и многолетних трав.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27753.7-88 Грунты тепличные. Методы определения нитратного азота. – Москва: Гос. Стандарт Союза ССР: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1989. – С. 36-45.
2. ГОСТ 27753.8-88 Грунты тепличные. Методы определения аммонийного азота. – Москва: Гос. Стандарт Союза ССР: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1989. – С. 45-50.
3. ГОСТ 16265–89 Земледелие. Термины и определения. – Москва: Гос. Комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1990. – 23 с.
4. ГОСТ 13496.19-86 Корма растительные. Метод определения нитратов. – Москва: Гос. Стандарт Союза ССР: Гос. Комитет СССР по стандартам, 1986. – 9 с.
5. ГОСТ 26657-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1997. – 9 с.
6. ГОСТ 13496.2-91 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения сырой клетчатки. – Москва: Гос. Стандарт Союза ССР: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991. – 9 с.
7. ГОСТ 13496.15-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого жира. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1999. – 7 с.
8. ГОСТ 27548-97 Корма растительные. Методы определения содержания влаги. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1999. – 5 с.
9. ГОСТ 26176-91 Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов. – Москва: Гос. Стандарт Союза ССР: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991. – 14 с.

10. ГОСТ 13496.4-93 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения азота и сырого протеина. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1995. – 23 с.
11. ГОСТ 30502-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Атомно-адсорбционный метод определения магния. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1998. – 6 с.
12. ГОСТ 30504-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1998. – 7 с.
13. ГОСТ 26570-95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1997. – 22 с.
14. ГОСТ 27998-88 Корма растительные. Методы определения железа. – Москва: Гос. Стандарт Союза ССР: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1989. – 15 с.
15. ГОСТ 27995-88 Корма растительные. Методы определения меди. – Москва: Гос. Стандарт Союза ССР: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1989. – 11 с.
16. ГОСТ 27996-88 Корма растительные. Методы определения цинка. – Москва: Гос. Стандарт Союза ССР: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1989 – 13 с.
17. ГОСТ 27997-88 Корма растительные. Методы определения марганца. – Москва: Гос. Стандарт Союза ССР: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1989. – 11 с.
18. МВИ. МН 1181-2007 Методика выполнения измерений объемной и удельной активности ^{90}Sr , ^{137}Cs и ^{40}K на гамма-бета-спектрометре типа МКС-АТ1315, объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов ^{137}Cs

и ^{40}K на гамма-спектрометре типа EL 1309 (МКГ-1309) в пищевых продуктах питания, питьевой воде, почве, сельскохозяйственном сырье и кормах, продукции лесного хозяйства, других объектах окружающей среды.

19. МВИ. МН 1932-2003 Методика радиохимического определения УА ^{90}Sr в почвах и растениях без разделения в системе стронций-кальций.

20. ГОСТ 26207-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. – Москва: Гос. Стандарт Союза ССР: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. – 6 с.

21. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки рН по методу ЦИНАО. – Москва: Гос. Стандарт Союза ССР: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1987. – 4 с.

22. ГОСТ 26487-85 Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. – Москва: Гос. Стандарт Союза ССР: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1987. – 13 с.

23. ГОСТ 27821-88 Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Капена. – Москва: Гос. Стандарт Союза ССР: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1988. – 5 с.

24. ГОСТ 27784-88 Почвы. Определение зольности торфяных и оторфованных горизонтов. – Москва: Гос. Стандарт Союза ССР: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1988. – 6 с.

25. СТБ 1079-97 Премиксы для сельскохозяйственных животных, птицы и рыбы. Технические условия. 6.17 Определение массовой концентрации микроэлементов (железа, меди, цинка, кобальта, марганца) атомно – адсорбционный метод. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1997. – С. 20-27.

26. Аверин, В.С. Влияние ботанического состава рациона дойных коров на уровень загрязнения молока ^{137}Cs и тяжелыми металлами при пастбищном содержании / В.С. Аверин [и др.]. // 17 лет после Чернобыля: Проблемы и решения: сборник научных трудов междунар. науч.–практ. конф., Минск, 25 апр. 2003 г. / 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. 97-104.

27. 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 научных трудов междунар. науч.–практ. конф., Минск, 25 апр. 2003 г. / 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.

28. Аверин, В.С. Оценка параметров перехода ^{90}Sr в молоко коров при разном 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.

29. Аверин, В.С. Проблемы ведения сельскохозяйственного производства на загрязненной радионуклидами территории в Республике Беларусь / В.С. Аверин // Проблемы устойчивого развития на радиационно-загрязненных территориях Брянской области. – М., 2000. – С.34-40.

30. Аверин, В.С. Радиологическая оценка производственной деятельности субъектов хозяйствования при выборе направления специализации / В.С. Аверин [и др.]. // 17 лет после Чернобыля: Проблемы и решения: сб. науч. трудов междунар. науч.–практ. конф., Минск, 25 апр. 2003 г. / 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. 91-92.

31. Аверин, В.С.. Влияние интенсивности стравливания травостоя лактирующим коровам на уровни перехода радионуклидов в молоко / Проблемы радиологии загрязненных территорий / В.С. Аверин [и др.]. // Проблемы радиологии загрязненных территорий: юбилейный тем. сб./ РНИУП «Институт радиологии»; под ред. В.Ю. Агейца. – Минск, 2001. – С. 105-113.

32. Аверьянова, А.В. Что нужно знать о радиации / А.В. Аверьянова, В.П. Луговский, И.М. Русак. – Минск: Вышэйшая школа, 1992. – 238 с.

33. Агеева Т.Н. Уровень радиоэкологической безопасности учащихся школ Славгородского района Могилевской области Республики Беларусь / Т.Н. Агеева, А.В. Щур, В.И. Гуменюк // Неделя науки Санкт-Петербургского политехнического ун-та : материалы научного форума с международным участием. Институт военно-технического образования и безопасности. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – С. 25-28.

34. Агеева, Т.Н. Влияние фактора леса на содержание ^{137}Cs в организме сельского населения, проживающего на территории радиоактивного загрязнения / Т.Н. Агеева, Т.И. Чегерова, А.В. Щур // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: Сборник тезисов докладов V Международной научно-практической конференции. В 3 т. Т.1 / Ред. кол.: Э.Р. Бариев и др. – Мн., 2009. – С. 29-31.

35. Агеева, Т.Н. Дозы внутреннего облучения детей Славгородского района Могилевской области / Т.Н. Агеева, А.Л. Мостовенко, А.В. Щур, Т.И. Чегерова // Чернобыльские чтения – 2012 (г. Гомель, 19-20 апреля 2012 г.): материалы Международной научно-практической конференции / ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека»; Под общ. ред. доктора мед. наук, доц. А.В. Рожко. – Гомель, Гомель: ГУ «РНПЦ РМиЭЧ», 2012. – С. 51-53.

36. Агеева, Т.Н. Оценка доз внутреннего облучения сельских жителей «критических» населенных пунктов Могилевской области / Т.Н. Агеева, А.В. Щур, А.В. Ермоленко // Международная конференция «Чернобыль 20 лет спустя. Стратегия восстановления и устойчивого развития пострадавших регионов». Сборник тезисов. – Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2006. – С. 132.

37. Агеева, Т.Н. Радиоэкологическая оценка пойменных лугов реки Днепр на территории Быховского района // Т.Н. Агеева, С.С. Лазаревич, Т.П. Шапшеева, А.В. Щур // Экологический вестник. – 2014. – №3 (29). – С. 15-21.

38. Агеева, Т.Н. Результаты комплексного радиационно-гигиенического обследования реперных населенных пунктов Могилевской области / Т.Н. Агеева, Т.И. Чегерова, А.В. Щур, Л.В. Липницкий, Т.П. Шапшеева // Экологический вестник, – 2011, № 2 (16), – С. 33-40.

39. Агеева, Т.Н. Результаты СИЧ-измерений различных социальных и профессиональных групп сельского населения территории радиоактивного загрязнения Могилевской области / Т.Н. Агеева, Т.И. Чегерова, А.В. Щур, Е.С. Бураченко, С.Н. Ветошкина // Сахаровские чтения 2008 года: экологические проблемы XXI века: материалы 8-й междунар. науч. конф., 22-23 мая 2008 г., г. Минск, Республика Беларусь / под ред. С.П. Кундаса, С.Б. Мельнова, С.С. Позняка. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2008. – С. 178.

40. Агеева, Т.Н. Результаты СИЧ-измерений разных возрастных групп сельских жителей территории радиоактивного загрязнения Могилевской области / Т.Н. Агеева, Т.П. Шапшеева, А.В. Щур // Инновационные технологии защиты от чрезвычайных ситуаций: сб. тезисов докладов междунар. науч.-практ. конференции. Минск, 2-3 октября 2008 г./ редкол.: Э.Р. Бариев [и др.]. – Минск: Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь, 2008. – С. 256-257

41. Агеева, Т.Н. Результаты СИЧ-измерений сельских жителей загрязненной радионуклидами территории Могилевской области / Т.Н. Агеева, Т.И. Чегерова, А.В. Щур // Проблемы радиологии загрязненных территорий / Юбилейный тематический сборник. Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Институт радиологии». Минск, 2006. – Вып. 2. – С. 53-59.

42. Агеева, Т.Н. Роль радиоэкологических и социальных факторов в формировании доз внутреннего облучения сельских жителей территории радиоактивного загрязнения / Т.Н. Агеева, Т.И. Чегерова, А.В. Щур, Т.П. Шапшеева // Экологический вестник. - 2010, № 2 (12). – С. 40-49.

43. Агеева, Т.Н. Сезонная динамика доз внутреннего облучения сельского населения различных социальных и профессиональных групп, проживающего на территории радиоактивного загрязнения Могилевской области / Т.Н. Агеева, Т.И. Чегерова, А.В. Щур // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: Сборник тезисов докладов IV Международной научно-практической конференции. / Ред.кол.: Э.Р. Бариев и др. – Мн., 2007. – В 3 т. Т. 1. – С. 37-39.

44. Агеева, Т.Н., Оценка возможности использования, загрязненных радионуклидами пойменных лугов реки Днепр / Т.Н. Агеева, А.В. Щур, Т.П. Шапшеева //

Инновационное развитие АПК: проблемы и перспективы: сборник материалов международной научно-практической конференции (9 декабря 2015 года): в 2-х ч.: Ч. II. – Смоленск: ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, 2015. – С. 297-302.

45. Агеец, В. Мероприятия по рекультивации земель, загрязненных радионуклидами / В. Агеец, Т. Серая, Ю. Путятин // Ахова працы. – 1996. – № 9. – С. 9-11.

46. Агеец, В.Ю. Контрмеры в агропромышленном комплексе после аварии на ЧАЭС / В.Ю. Агеец, В.С. Аверин, Ю.Н. Пятнов // Сельскохозяйственная деятельность в условиях радиоактивного загрязнения: материалы междунар. науч.-практ. конф., Горки, 29 июня – 2 июля 1998 г. / Мин-во с.-х. и прод. РБ, Глав. управ. образ. и кадров, Белор. с.-х. акад.; редкол.: А.Р. Цыганов [и др.]. – Горки, 1998. – С. 8-10.

47. Агеец, В.Ю. Система радиологических контрмер в агросфере Беларуси / В.Ю. Агеец. – Минск: Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Институт радиологии», 2001. – 250 с.

48. Агрикультура в памятниках западного средневековья. – М.-Л. : Изд-во АН СССР, 1936. – С. 17-28.

49. Агропромышленный комплекс Республики Беларусь / И.Ф. Аверченко [и др.]; под общ. ред. И.П. Шаколо. – Минск: Ураджай, 1998. – 67 с.

50. Агроэкология / В.А. Черников [и др.]; под общ. ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 536 с.

51. Адаптивные системы земледелия в Беларуси / В.Г. Гусаков [и др.]; под общ. ред. А.А. Попков. – Минск: БелНИИАЭ, 2001. – 308 с.

52. Алборов, Р.А. Критерии эффективного развития АПК / Р.А. Алборов, Б.Н. Хосиев // Междунар. сельскохозяйств. журнал. – 1996. – №3. – С.10-15.

53. Александров, Н.П. Как провести экономическую оценку кормовых культур / Н.П. Александров, А.И. Тютюнников // Корма. – 1972. – №5. – С. 9-21.

54. 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.

55. Алексахин, Р.М. Радиоэкологические вопросы Чернобыля / Р.М. Алексахин // Радиобиология. – 1993. – Т. 33. № 1. – С. 3-14.

56. Андреев, Н.Г. Интенсификация лугопастбищного хозяйства / Н.Г. Андреев. – М.: Агропромиздат, 1985. – 208 с.
57. Андрианов, Б. В. Земледелие наших предков. / Б.В. Андрианов/ – М. : Наука, 1978. – 173 с.
58. 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.
59. Антоненко, Н.Н. Оценка эффективности противорадиационных мероприятий в сельском хозяйстве / Н.Н. Антоненко [и др.] // Экономическое развитие сельского хозяйства Республики Беларусь: межвед. темат. сборник / БелНИИЭП АПК, под ред. И.П. Шаколо. – Минск, 1993. – С. 174-181.
60. Аристовская, Т.В. Микробиология процессов почвообразования. / Т.В. Аристовская / – Л. : Наука, 1980. – 187 с.
61. Аристовская, Т.В. Современные критерии количественной оценки роли почвенных микроорганизмов в функционировании экосистем. / Т.В. Аристовская //Сб. тезисов докл. V съезда Всес. микроб. общества, секц. эколог. микроорганизмов. Ереван, 1975. – С. 3-4.
62. Артамонов, В.А. Комплексная оценка экономической эффективности кормопроизводства: дис. ... к-та экон. наук: 08.00.05 / В.А. Артамонов. – Пушкин, 2001. – 164 л.
63. Асеева, И.В. Свободные аминокислоты. / И. В.Асеева, М.М.Умарова. – М. : МГУ, 1979. – 19 с.
64. Багаутдинов, Ф.Я. Гумусное состояние некоторых почв Южного Урала и приемы их регулирования / Ф.Я. Багаутдинов, Ф.Х. Хазиев, Т.Т. Гарипов // Почвоведение. 1997, - № 9. – С. 1087-1095.
65. Балаян, Т.В. Биологическая активность дерновоподзолистой почвы и урожай сельскохозяйственных культур / Т.В. Балаян // Почвоведение. – 1993. – № 12. – С.65-71.
66. Бамбалов, Н. Н. Состав негидролизуемого остатка торфяных почв / Н.Н. Бамбалов // Почвоведение. – 1993. – № 8. – С. 41-45.

67. Барашенко, В.В. Обеспечение безопасности жизнедеятельности населения, проживающего на загрязненной радионуклидами территории Могилевской области / В.В. Барашенко [и др.] // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: материалы II междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 150-летию пожар. службы РБ, Минск, 23–25 июля. 2003 г.: в 2ч. / Науч. иссл. ин-т пожар. безоп. и пробл. чрезвычай. ситуац. МЧС РБ; редкол.: А.Н. Кудряшов [и др.]. – Минск, 2003. – Ч. 2. – С. 137–168.

68. Барашенко, В.В. Плодородие почв и их продуктивность как факторы, определяющие получение зерна, отвечающего требованиям РДУ-99 по содержанию стронция-90 / В.В. Барашенко [и др.] // Чернобыльская катастрофа 15 лет спустя: научно-практические аспекты проблемы: материалы обл. науч.-практ. конф., Могилев, 26 апр. 2001 г. / Комитет по проблемам последствий катастрофы на Черн. АЭС при Сов. Мин. РБ, Мин-во здравоохран. РБ; редкол.: Н.Г. Кручинский [и др.]. – Минск, 2001. – С. 215–219.

69. Бардышев, М.А. Ферментативная активность и азотно-фосфорный режим дерново-подзолистой супесчаной почвы / М.А. Бардышев, Г.А. Павловская, В.А. Яцевич // Проблемы экспериментальной ботаники: к 100-летию со дня рождения В.Ф. Купревича. – Минск : Беларуская навука. 1997. – С. 313 – 321.

70. Бартольд, В.В. История культурной жизни Туркестана. / В.В. Бартольд / Л : изд. Акад. Наук СССР. 1927. – 256 с.

71. Беларусь и Чернобыль: второе десятилетие / МЧС Беларуси; редкол.: И.А. Кеник [и др.]. – Барановичи: Укрупн. типогр., 1998. – 92с.

72. Беларусь: Обзор последствий аварии на ЧАЭС и программ по их преодолению, 15 июля 2002: отчет о НИР / Всемирный банк. Отдел Украины, Молдовы, и Беларуси. Регион Европы и Центральной Азии, 2002. – 141 с.

73. 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.

74. Берестецкий О.А. Изменение состава микробных сообществ под влиянием окультуривания почв в условиях прогрессивной системы земледелия. /В кн.: Экология почвенных микроорганизмов и микробиологические аспекты применения пестицидов в сельском хозяйстве. //АН СССР. М., 1975. – С. 33-35.
75. Берестецкий О.А., Торжевский В.И. Микробиологическая индикация почвенного плодородия при выращивании сельскохозяйственных культур в севообороте и бессменно. /В кн.: Биологическая диагностика почв. М., 1976. – С. 328-329.
76. Берестецкий, О.А. Влияние растительных остатков на почвенно-микробиологические процессы в полях севооборота / О.А.Берестецкий, Ю.М.Возняковская // Труды ВНИИСХМ: Роль микроорганизмов в с.-х. производстве. – 1983. – Т. 53. – С. 5-15
77. Берестецкий, О.А. Влияние сельскохозяйственных культур на численность микрофлоры и биологическую активность дерново-подзолистой почвы / О.А. Берестецкий, Т.Г. Зубец // Почвоведение. – 1981. – № 1. – С. 94-101.
78. Бернал, Дж. Наука в истории общества / Дж. Бернал // пер. с англ. – М. : Изд-во иностр. лит. – 1956. – 743 с.
79. Бобров, А.А. Влияние окультуривания на биологическую активность дерново-подзолистых почв. / А.А. Бобров, Ю.Г. Гельцер / В кн.: Структура и функции микробных сообществ почв с различной антропогенной нагрузкой. Киев: Наукова думка, 1973. – С. 146-150.
80. Богдевич, И.М. Влияние радиоактивного загрязнения земель Беларуси на производство и качество сельскохозяйственной продукции / И.М. Богдевич, В.А. Щербаков // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь. – 1997. – № 1. – С. 30–40.
81. Богдевич, И.М. Зависимость периода полураспада верхнего слоя почвы (0-5 см), загрязненных ^{137}Cs , от степени их увлажнения / И.М. Богдевич [и др.] // Сельскохозяйственная деятельность в условиях радиоактивного загрязнения: материалы междунар. науч.-практ. конф., Горки, 29 июня – 2 июля 1998 г. / Мин-во с.-х. и прод. РБ, Глав. управ. образ. и кадров, Белор. с.-х. акад.; редкол.: А.Р. Цыганов [и др.]. – Горки, 1998. – С. 21–25.

82. Богдевич, И.М. Защитные меры в агропромышленном комплексе Беларуси / И.М. Богдевич // Проблемы ликвидации в Республике Беларусь последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС: докл. на парламент. слушаниях Палаты представителей и Совета Респ. Нац. собрания Респ. Беларусь, Минск, 21 апр. 1999 г. / М-во по чрезвычай. ситуациям Респ. Беларусь, Комитет по пробл. последствий катастрофы на Черноб. АЭС; под ред. И.В. Ролевича. – Барановичи, 1999. – С.83–87.

83. Богдевич, И.М. Особенности применения удобрений на землях, загрязненных радионуклидами / И.М. Богдевич // Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапы. – Минск, 2007. – С. с. 269-294.

84. Богдевич, И.М. Повышение эффективности защитных мер в агропромышленном комплексе / И.М. Богдевич // О решении чернобыльских проблем в Могилевской области: сб. материалов выездного заседания коллегии Комчернобыля, Костюковичи, 30 мая 2003 г. / Президиума НАН Беларуси и Могилевского облисполкома. – Могилев. 2003. – С. 12–16.

85. Богдевич, И.М. Роль плодородия почв в поступлении радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию и в снижении дозовых нагрузок на население / И.М. Богдевич // 17 лет после Чернобыля: Проблемы и решения: сборник научных трудов междунар. науч. – практ. конф., Минск, 25 апр. 2003 г. / 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. 109–121.

86. Богдевич, И.М. Эффективность комплекса защитных мероприятий при реабилитации радиоактивно загрязненных земель / И.М. Богдевич, Ю.В. Путятин, Т.М. Серая // Приемы повышения плодородия почв, эффективности удобрений и средств защиты растений: материалы межд. науч.-практ. конф., Горки 27-29 мая 2003 г.: в 2 ч./ Белор. госуд. с.-х. акад.: редкол. В.Б. Воробьев [и др.]. – Горки, 2003. –Ч. 1. – С. 30–32.

87. Боев, В.Р. О социально-экономических результатов реформ в агропромышленном производстве / В.Р. Боев [и др.]; под ред. В.Р. Боева. – М.: РАСХН, Отделение экономики и земельных отношений, 1996. – 106 с.

88. 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., Горки, 24 июня 1992 г. / Белор. госуд. с.-х. акад.; редкол. А.И. Горбылева [и др.]. – Горки, 1992. – С. 154–155.

89. Бублик, В.М. Экономическая эффективность создания долголетних культурных пастбищ в хозяйствах Смоленской области / В.М. Бублик // Проблемы развития новых форм хозяйствования на селе: материалы науч.-прак. конф., Смоленск, 15-16 сент. 1994 г. / Смол. с.-х. инст.; под ред. А.П. Крылова. – Смоленск, 1994. – С. 15–18.

90. Булавин Л. А. Агрономические аспекты адаптивной интенсификации земледелия : автореф. дис. ... на соиск. учен. степ. д-ра с.-х. наук. – Жодино, 2001.

91. Вавуло, Ф.П. Микрофлора основных типов почв БССР и их плодородии. / Ф.П. Вавуло / – Мн. : Ураджай, 1972. – 231 с.

92. Ваксман, С.А. Гумус: происхождение, химический состав и значение его в природе / пер. с англ. /С.А. Ваксман /– М. : Сельхозгиз, 1937. – 470 с.

93. Валько В.П. Особенности биотехнологического земледелия / В.П. Валько, А.В. Щур// Минск: БГАТУ, 2011. – 192 с.

94. Валько, В.П. Влияние удобрений и способов обработки почвы на численность и групповой состав микробных сообществ в дерново-подзолистой супесчаной почве / В.П. Валько // Междунар. аграр. журн. – 2001. – № 7. – С. 27-28.

95. Валько, В.П. К вопросу обработки почвы и ее плодородия / В.П. Валько // Наука – производству : материалы 3-й Междунар. конф. – Гродно, 1999. – С. 106-109.

96. Валько, В.П. Сельскому хозяйству – биогеоценотическую основу / В.П. Валько // Наука – производству : материалы 2-й Междунар. конф. – Гродно, 1998. – С. 329-332.

97. Валько, В. П. Эффективность возделывания многоукосных смесей с использованием райграсса однолетнего / В.П. Валько // Вопросы агротехники, семеноводства и селекции полевых культур. – Жодино, 1982. – Вып. 3. – С. 151-156.

98. Валько, В.П. Биотехнологическое земледелие – основа эффективного сельскохозяйственного производства / В.П. Валько, А.В. Щур // Исследования, результаты (научный журнал). – Казахский национальный аграрный университет: Алматы. - №2 (058). – 2013. – С. 84-89.
99. Валько, В.П. Как правильно обрабатывать почву / В.П. Валько, А.В. Щур, О.В. Валько // Агропанорама. – 2006. - №4. – С. 27-31.
100. Валько, В.П. Неиспользуемые резервы, или как повысить эффективность сельскохозяйственного производства / В.П. Валько, А.В. Щур, И.Н. Макар, О.В. Валько // Сб. науч. Статей 4-й Межд. науч.-практ. конф. 20–21 мая 2010 г., ., г. Минск, Республика Беларусь. В 2 ч. – Минск: БГАТУ, 2010. Ч.2. – С. 15–19.
101. Валько, В.П. Некоторые экономико-биологические проблемы интенсификации земледелия / В.П. Валько, А.В. Щур, О.В. Валько // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. - №5. – С. 38-42.
102. Валько, В.П. О некоторых вопросах повышения плодородия почв / В.П. Валько, А.В. Щур, О.В. Валько // Белорусское сельское хозяйство. – 2009. - №7 (87). – С. 35-37.
103. Валько, В.П. О некоторых проблемах современного сельскохозяйственного производства / В.П. Валько, А.В. Щур // Научно-инновационная деятельность в агропромышленном комплексе: сборник научных статей 6-й межд. науч.- практ. конф. (21–22 апреля 2014 г., г. Минск, Республика Беларусь) / БГАТУ, под общ.ред. Л.Ф.Догиля [и др.] – Минск: БГАТУ, 2014. – С. 112-118.
104. Валько, В.П. Роль управленческих решений в повышении эффективности сельскохозяйственного производства / В.П. Валько, А.В. Щур, И.Н. Макар // Научно-инновационная деятельность в агропромышленном комплексе: сборник статей 5-й межд. науч.-практ. конф. (21–22 апреля 2011 г., г. Минск, Республика Беларусь) / БГАТУ, под общ. Ред. Л.Ф. Догиля [и др.] – В 2 ч. – Минск: БГАТУ, 2011. Ч.2.– С. 33-35.
105. Валько, В.П. Эколого-экономические проблемы интенсивного земледелия в республике / В.П. Валько, А.В. Щур // Научно-инновационная деятельность в агропромышленном комплексе: сборник научных статей 6-й межд. науч.- практ.

конф. (21–22 апреля 2014 г., г. Минск, Республика Беларусь) /БГАТУ, под общ. ред.Л.Ф. Догиля [и др.] –Минск: БГАТУ, 2014.– С. 96-111.

106. Валько, В.П. Экономическая эффективность адаптивных технологий в земледелии / В.П. Валько, А.В. Щур, О.В. Валько // Научный поиск и инновационные преобразования в агропромышленном комплексе: сборник научных статей / под общ. Ред. Л.Ф. Догиля [и др.] – Минск: БГАТУ, 2009. – С. 61–63.

107. Валько, В.П. Экономические и экологические проблемы обработки почвы / В.П. Валько, А.В. Щур, О.В. Валько // Научно-инновационная деятельность и предпринимательство в АПК: проблемы эффективности и управления: Материалы Межд. Науч.-практ. конф. (16-18 февраля 2006 г.) – Минск: УО «БГАТУ», 2006. – С.54-57.

108. Василюк, Г.В. Ликвидация последствий Чернобыльской аварии в АПК Беларуси / Г.В. Василюк [и др.] // Агрохим. вестник. – 2001. – №3. – С. 12–16.

109. Василюк, Г.В. Оценка эффективности применения минеральных и органических удобрений / В.Г. Василюк // Ахова раслін. – 2002. – №4. – С. 35–37.

110. Веденеева, Т.В. Накопление радионуклидов основной и побочной продукцией бобовых культур в зависимости от видовых и сортовых особенностей / Т.В. Веденеева [и др.] // Сельскохозяйственная деятельность в условиях радиоактивного загрязнения: материалы междунар. науч.-практ. конф., Горки, 29 июня – 2 июля 1998 г. / Мин-во с.-х. и прод. РБ, Глав. управ. образ. и кадров, Белор. с.-х. акад.; редкол.: А.Р. Цыганов [и др.]. – Горки, 1998. – С. 27–29.

111. Вильямс, В.Р. Общее земледелие с основами почвоведения. / В.Р. Вильямс / – М. : Новый агроном, 1931. – 390 с.

112. Вильямс, В.Р. Перегнойные вещества и теория питания растений в науке XVI–XIX столетий / В.Р. Вильямс, Н.И. Савинов // В.Р.Вильямс. Собр. соч. в 12 т. – М. : Сельхозгиз, 1948-1953. – Т. 3.

113. Витроховский, П.И. Особенности земледелия на радиоактивно загрязненных землях / П.И. Витроховский, О.В. Ступенко // Вопросы сельскохозяйственной радиологии. Темат. подборка. – Выпуск № 12. – Минск, 1997. – С. 21–25.

114. Вовкотруб, Н.Ф. Химизация и агроэкология / Н.Ф. Вовкотруб // Химизация и агроэкология: сб. науч. тр. / Изд-во УСХА.– Киев, 1991. – С. 4-9.
115. Гаврилкина, Н.В. Деятельность микроорганизмов и состав свободных аминокислот в торфяно-болотных и минеральных почвах. / Н.В. Гаврилкина, Г.А. Апанасенко // Экология почвенных микроорганизмов. – Минск : Наука и техника, 1974. Мн., – С. 130-136.
116. География Могилевской области: пособие / Под. ред. И.Н. Шаруха. – Могилев: МГУ им. А.А. Кулешова, 2007. – 328 с.
117. Гиляров, М.С. Зоологический метод диагностики почв. /М.С. Гиляров /– М. : Наука, 1965. – 281 с.
118. Голоха, В.В. Изменение биологической активности чернозема оподзоленного тяжелосуглинистого в многолетнем стационарном опыте с удобрениями : автореф. дис. ... на соиск. учен. степ. канд. с.-х. наук. / В.В.Голоха / – Л. : Пушкин, 1979. – 17 с.
119. Гончаров, Н.Ф. Способы использования и биологическая активность почвы / Н.Ф. Гончаров, А.В. Попов, Н.Г. Митина // Совершенствование технологических средств и технологий возделывания с.-х. культур : материалы науч.-практ. конф., Курск, 1–4 февраля 1994. – Курск, 1995.
120. Гончаров, Б.П. Минимализация системы обработки почвы в паровом и пропашном звеньях севооборота : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Б. П. Гончаров – Кишинев, 1981. – 55 с.
121. Григорьев, Г.К. О радиоактивном загрязнении молока и способах его снижения в личных подсобных хозяйствах в зимнее-стойловый период содержания коров / Г.К. Григорьев, А.С. Судас // Чернобыльская катастрофа 15 лет спустя: научно-практические аспекты проблемы: материалы обл. науч.-практ. конф., Могилев, 26 апр. 2001 г. / Комитет по проблемам последствий катастрофы на Черн. АЭС при Сов. Мин. РБ, Мин-во здравоохран. РБ; редкол.: Н.Г Кручинский [и др.]. – Минск, 2001. – С. 241–243.
122. Громыко Г.Л. Теория статистики: учебник / Г.Л. Громыко [и др.]; под ред. Г.Л. Громыко. – 2-е изд. – М.: ИНФРА, 2006. – 476 с.

123. Грузинская, Е. Влияние плодородия почв на себестоимость продукции / Е. Грузинская // Агроэкономика. – 2001. – №7. – С. 13–14.
124. Гусаков, В.Г. Аграрная экологическая стратегия Беларуси. Какой ей быть? / В.Г. Гусаков // Белорусское сельское хозяйство. – 2005. – № 9. – С. 4–8.
125. Гусаков, В.Г. Комплекс организационно-экономических мер по повышению эффективности и конкурентоспособности агропромышленного производства / В.Г. Гусаков, А.П. Шпак // Белорусская экономика: анализ, прогноз, регулирование. – 2003. – №12. – С. 3–13.
126. Гусаков, В.Г. Организационно-экономический механизм эффективного производства сельскохозяйственной продукции на загрязненной радионуклидами территории / В.Г. Гусаков // О решении черныбыльских проблем в Могилевской области: сб. материалов выездного заседания коллегии Комчернобыля, Костюковичи, 30 мая 2003 г. / Президиума НАН Беларуси и Могилевского облисполкома. – Могилев. 2003. – С. 25–31.
127. Гусаков, В.Г. Резервы повышения эффективности лугопастбищного кормопроизводства на основе интенсификации / В.Г. Гусаков, А.П. Святогор // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2007. – № 3. – С. 39-46.
128. Гусаков, В.Г. Стратегия государственного регулирования АПК Беларуси / В.Г. Гусаков // Агроэкономика. – 2004. – №8. – С.3–6.
129. Демичев, Д.М. Чернобыльская катастрофа: государственно-правовые проблемы преодоления последствий / Д.М. Демичев. – Минск: Экоинформ, 1997. – 270с.
130. Добровольский, Г.В. Сохранение почв и их плодородия – важнейшая экологическая проблема XXI века / Г.В. Добровольский // Почвы и их плодородие на рубеже столетий : материалы II съезда белорус. общества почвоведов. — Минск, 2001. – Кн. 1. – С. 74-75.
131. Довбан, К.И. Зеленое удобрение / К.И. Довбан. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 58-66.
132. Докучаев, В.В. Русский чернозем. Отчет Вольному экономическому обществу. / В.В. Докучаев / – СПб., 1883. – 376 с.

133. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). / Б.А. Доспехов / – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
134. Елисеева, И.И. Общая теория статистики: учеб. пособие / И.И. Елисеев, М.М. Юзбашев; под ред. И.И. Елисеевой. – 4-е изд. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 480 с.
135. Елсуков, М.П. Райграс однолетний ценная кормовая трава. / М.П. Елсуков, А.И. Шишкин /М: Московский рабочий. - 1954. – 30 с.
136. Ефремов, А.Л. Биологическая активность и динамика разложения аппликационных материалов в почвах лесных биогеоценозов в связи с их радионуклидным загрязнением / А.Л. Ефремов // Почвоведение. – 1999. – № 10. – С. 1273-1279.
137. Ефремов, А.Л. Зонально-типологический анализ биогенных процессов в почвах сосновых лесов Беларуси : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. / А.Л. Ефремов – Минск, 1999. – 40 с.
138. Ефремов, А.Л. Состав и содержание свободных аминокислот в почвах мелколиственных лесов Припятского Полесья / А.Л. Ефремов // Почвоведение. – 1987. – №6. – С. 95-101.
139. 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.
140. Захаров, С.А. Профессор П. С. Коссович как ученый и учитель / С.А. Захаров // Русский почвовед. – 1915. – № 11, 12.
141. Звягинцев, Д.Г. Биология почв и их диагностика. / Д.Г. Звягинцев / В кн.: Проблемы и методы биологической диагностики в исследовании почв. М.: Наука, 1976. – С. 175-189.
142. Звягинцев, Д.Г. Почва и микроорганизмы. / Д.Г. Звягинцев / – М. : МГУ, 1977. – 256 с.

143. Звягинцев, Д.Г. Динамика численности, биомассы и продуктивности микробных сообществ в почвах / Д.Г. Звягинцев, В.Е.Голимбет // Успехи микробиологии. – М. : Наука, 1983. – Т. 18. – С.215-231.
144. Зименко, Т.Г. Взаимосвязь между деятельностью микроорганизмов и содержанием свободных аминокислот в торфяно-болотных почвах / Т. Г. Зименко, Н.В. Гаврилкина, Л.С. Ревинская // Использование микроорганизмов и их метаболитов в народном хозяйстве. – Мн. : Наука и техника, 1973.
145. 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., Горки 27-29 мая 2003 г.: в 2 ч./ Белор. госуд. с.-х. акад.: редкол. В.Б. Воробьев [и др.]. – Горки, 2003. –Ч. 1. – С. 74–75.
146. 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., Горки, 29 июня – 2 июля 1998 г. / Мин-во с.-х. и прод. РБ, Глав. управ. образ. и кадров, Белор. с.-х. акад.; редкол.: А.Р. Цыганов [и др.]. – Горки, 1998. – С. 50–51.
147. Ивьев, Н.М. ЭМ – технологии: проблемы и решения / Н.М. Ивьев, Т.П. Скуро, Ж.К. Любян. – Улан-Уде: Издательство Бурятского Университета. – 2003. – 172 с.
148. Ильин, В.Б. Элементный химический состав растений / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1985 – 129 с.
149. Инновационные разработки БГСХА / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия ; сост.: А. Р. Цыганов, М. В. Шалак, В. М. Лившиц. – Могилев : Могилевская обл. укр. типография им. Спиридона Соболя, 2005. – 239 с.
150. История плодородия почв: сборник важнейших работ. : Издательство Академии Наук СССР., Ч.I : Учение о перегное почв в XIX веке / Академия Наук СССР) ; сост. Н. И. Саввинов ; ред.: В. Р. Вильямс, М. И. Бурский. – М. ; Л. : Издательство Академии Наук СССР, 1940. – 413с.

151. Кадыров, М.А. Стратегия экономически целесообразной адаптивной интенсификации системы земледелия Беларуси. / М.А.Кадыров // Институт земледелия и селекции НАН Беларуси. – Минск : В.И.З.А., 2004. – 64 с.
152. Карягина, Л.А. Микробиологические основы повышения плодородия почв. / Л.А. Карягина // Наука и техника. Минск, 1983. 181 с.
153. Карягина, Л.А. Свободные аминокислоты как показатель обеспеченности почвы подвижным азотом // Использование микроорганизмов и их метаболитов в народном хозяйстве. – Мн. : Наука и техника, 1973. – С. 139-143.
154. Кант, Г. Земледелие без плуга: предпосылки, способы и границы прямого посева при возделывании зерновых культур / Г. Кант / Перевод с нем. Е. И. Кошкина. – М. : Колос, 1980. – 158 с.
155. Каталог новых сортов и гибридов Института земледелия и селекции НАН Беларуси. – РУП «Издательский дом «Белорусская наука», г. Минск., 2006 г. С. 24–25.
156. Катон, Варрон, Колумелла, Плиний. О сельском хозяйстве / под ред. М.И. Бурского. – М.-Л. : Сельхозгиз, 1937. – 307 с.
157. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия. / В.И.Кирюшин / – М. : Колос, 1996. – 367 с.
158. Ковда, В.А. Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса. / В.А. Ковда / М.: Наука, 1973. – Кн. 1. – 468 с.
159. Комисаров И.Д. Обработка почвы и трансформация органического вещества в ней / И.Д. Комиссаров // Проблемы земледелия. – М. : Колос, 1978. – С. 161-168.
160. Комов, И.М. О земледелии. / И.М. Комов / 2-е изд. – М., 1989. – 162 с.
161. Кононова, М.М. Органическое вещество почвы. / М.М. Кононова / – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – 315 с.
162. Крицкий, М.Н. Культура эспарцета в Беларуси / М.Н. Крицкий [и др.] // Производство растениеводческой продукции: резервы снижения затрат и повышения качества: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Жодино, 10-11 июля 2008 г.

/ РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ «Минфина», 2008. – С. 104-107.

163. Крупеников, И.А. История почвоведения. / И.А. Крупенников / – М. : Наука, 1981. – 328 с.

164. Крупеников, И.А. Севергин В. М. и его роль в истории почвоведения / И.А. Крупенников // Почвоведение. – 1952. – № 7.

165. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных угодий Беларуси. Методические указания / Под ред. И.М. Богдевича. – Минск: Бел. Изд. Тов-во «Хата», 2001. – 60 с.

166. Кукреш, Л.В. Высокобелковые зернофуражные смеси / Л.В.Кукреш, Н.П. Лукашевич, З.Я. Брагинец // Пути повышения урожайности полевых культур. – 1990. – Вып. 21. С. 59-63, 70-76.

167. Кулаковская, Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев. / Т.Н. Кулаковская / – Мн. : Ураджай, 1978. – 272 с.

168. Курчевский, С.М. Влияние различных доз минерального грунта на агрохимические показатели и продуктивность торфяных почв / С.М. Курчевский, Д.В. Виноградов, А.В. Щур // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2015. – №1 (25). – С.27-31.

169. Мальцев, Т.С. Система безотвального земледелия. /Т.С. Мальцев /– М. : Агропромиздат, 1988. – 126 с.

170. Манжосов, В.Г. Изменение целлюлозолитической способности дерново-подзолистой почвы при ее обработке и удобрении / В.Г.Манжосов, В.Н. Маймусов // Почвоведение. – 1993. – № 5. – С. 92-95.

171. Манжосов, В.Г. Нитрификационная способность дерново-подзолистой почвы и урожайность полевых культур / В.Г. Манжосов, В.Н.Маймусов // Почвоведение. – 1993. – № 8. – С. 54-59.

172. Марфенина, О.Е. Микроскопические грибы при антропогенном воздействии на почву / О.Е. Марфенина, Т.Г. Мирчинк // Почвоведение. – 1988. – № 9. – С. 107-112.

173. Методика определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и известковых удобрений – Минск: Бел. НИИ почвоведения и агрохимии, 1996. – 50 с.
174. Михновский, В.К. Эффективность некоторых приемов углубления пахотного слоя дерново-подзолистых почв : автореф. дис. ... на соиск. учен. степ. канд. с.-х. наук / Акад. наук СССР. Почв. ин-т им. В. В. Докучаева. / В.К. Михновский / – М., 1954.
175. Мишустин, Е.Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов. / Е.Н. Мишустин / – М. : Наука, 1975. – 114 с.
176. Мишустин, Е.Н. Предисловие к сб. научн. тр.: Экология и земледелие. / Е.Н. Мишустин / – 1980. – 327 с.
177. Мишустин, Е.Н. Ценозы почвенных микроорганизмов // Почвенные организмы как компоненты биогеоценоза. / Е.Н. Мишустин / – М. : Наука, 1984. – 248 с.
178. Никитин, Е.Д. Берегите почву. / Е.Д. Никитин / – М. : Знание, 1990. – 60 с.
179. Никитина, З.И. Микробиологический мониторинг наземных экосистем. /З.И. Никитина / – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 218 с.
180. Никончик, П.И. Интенсивное использование пашни. / П.И.Никончик / – Мн. : Ураджай, 1995. – 192 с.
181. Одум Ю. Экология: собр. соч.: в 2 т. / Ю. Одум. – М. : Мир, 1986. – Т. 1. – 326 с.; Т. 2. – 376 с.
182. Одум, Г. Энергетический базис человека и природы / Г. Одум, Э. Одум. – М. : Прогресс, 1978. – 379 с.
183. Одум, Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М., 1975. – 744 с.
184. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов. / Ин. аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Бел. наука, 2005. – С. 391-404.

185. Паринкина, О.М. Микробиологические аспекты уменьшения естественного плодородия почв при их сельскохозяйственном использовании / О.М. Паринкина, Н.В. Ключева // Почвоведение. – 1995. – № 5. – С. 573-581.
186. Пейве, Я.В. Биохимия почв. / Я.В. Пейве / – М. : Сельхозгиз, 1961. – 87 с.
187. Переход радионуклидов через наземную окружающую среду в сельскохозяйственные продукты, включая оценку агрохимических приемов. – Люксембург, Брюссель: Комиссия Европейского сообщества, 1996. – 116 с.
188. Полянская, Л.М. Биомасса грибов в различных типах почв / Л.М.Полянская, В.В. Гейдефехт, Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1995. – № 5. – С. 566-572.
189. Привалов Ф. И. Актуальные проблемы устойчивого развития земледелия Беларуси / Ф.И. Привалов // Белорусское сельское хозяйство.– 2008. – № 9. – С. 3-6.
190. Применение diaзотропных и фосфатмобилизующих бактериальных препаратов при возделывании основных сельскохозяйственных культур : рекомендации для колхозов, совхозов и фермерских хозяйств / под ред. Т. Ф. Персиковой. – Горки, 2003. – 26 с.
191. Применение регуляторов роста растений при возделывании основных сельскохозяйственных культур : рекомендации для колхозов, совхозов и фермерских хозяйств / под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Горки, 2002. – 28 с.
192. Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР. / Под ред. акад. ВАСХНИЛ А.Н.Каштанова. – М.: Колос, 1983. – 336 с.
193. Ресурсосберегающая технология повышения плодородия почв комплексных объектов мелиорации с максимальным сохранением природного равновесия / Касьянчик С.А. [и др.] // НТИ и рынок. – 1996.— №11. – С. 21-23.
194. Санковский, В.И. Чизельная обработка почв и урожай. / В. И. Санковский. – Минск : Ураджай, 1989. – 39 с.
195. Сборник нормативных, методических, организационно-распорядительных документов Республики Беларусь в области радиационного кон-

троля и безопасности / Комитет по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС при Совете Министров РБ, РНИУП «Институт радиологии». – 4-е изд., перераб. и доп. – Гомель, 2005. – 331 с.

196. Севернев, М.М. Интенсификация сельскохозяйственного производства и материально-энергетические ресурсы Беларуси. / М.М. Севернев – Мн., 1989. – 22 с.

197. Сиваченко, Л.А., Технология и оборудование для производства сорбентов из природных цеолитов с целью иммобилизации поллютантов в биосфере / Л.А. Сиваченко., А.В. Щур, Н.В. Курочкин, Т.П. Шапшеева // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Белгород, 24-25 нояб., 2015 г. – Белгород: Изд-во БГТУ, – 2015 . Ч.3. – С. 324-333.

198. Симченков, Г. В. Совершенствование обработки почвы в Белоруссии/ Г.В. Симченков // Земледелие. – 1991. – № 12. – С. 44-47.

199. Справочник агрохимика / В.В.Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск : Белорусская наука, 2007. – 390 с.

200. Титлянова, А.А. Режимы биологического круговорота. / А.А.Титлянова, М. Терсажова – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-е, 1991. – 150 с.

201. Уголев, А.Н. Теория адекватного питания и трофология / А.Н.Уголев – Л. : Наука, 1991. – 272 с.

202. Фадькин, Г.Н. Влияние нанокристаллического порошка железа на выход посадочного материала сосны обыкновенной, пригодного для механизированной посадки / Г. Н. Фадькин, Д. В. Виноградов, А. В. Щур // Вестник Белорусско-Российского ун-та. – 2015. – №2 (47). – С. 136-142.

203. Фадькин, Г.Н. Миграция азота в системе «удобрение-почва-растение» под влиянием длительного применения удобрений [Электронный ресурс]. /Г.Н. Фадькин, Д.В. Виноградов, А.В. Щур // АгроЭкоИнфо. – 2015. – №4. Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/st_15/doc.

204. Фадькин, Г.Н. Нанокристаллический порошок железа как компонент современной технологии создания лесных культур сосны обыкновенной [Электронный ресурс]. / Г.Н. Фадькин, Д.В. Виноградов, А.В. Нестеренко, А.В. Щур // Агро-

ЭкоИнфо. – 2015, №5. Режим доступа:
http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/5/st_21.doc.

205. Федоренчик, А.А. Создание микробно-растительной ассоциации для фиторемедиации почвы, загрязненной нефтью и продуктами ее переработки / А. А. Федоренчик, Н. В. Мельникова, З. М. Алещенкова, А. В. Щур // Биотехнология и качество жизни: материалы междунар.науч.-практ. конференции, Москва, 18-20 марта 2014 г. – М.: Изд-во: Закрытое акционерное общество «Экспобиохимтехнологии», 2014. – С.426-427.

206. Фолкнер, Э. Безумие пахаря. / Э. Фолкнер – М. : Сельхозиздат, 1959. – 192 с.

207. Чернуха, Г.А. О целесообразности применения микробиологического препарата «Байкал ЭМ-1» для снижения накопления радионуклидов зерновыми культурами / Г.А. Чернуха, А.В. Щур, В.В. Линьков, Н.С. Чернуха // Проблемы сельскохозяйственной радиологии и пути их решения: Сб. науч. тр. «Агроэкология» / УО «Белорусская сельскохозяйственная академия». – Горки, 2004. – Вып. 1. – С. 204-207.

208. Шенявский, А. Л. «Минимальная», «нулевая» и другие способы обработки почвы : обзорная информация / А.Л. Шенявский – Москва: Издательство ВИНТИСХ, 1965. - 85 с.

209. Шикула, Н.К. Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия. / Н. К. Шикула, Г. В. Назаренко – М. : Агропромиздат, 1990. – 321 с.

210. Шкель, М.П. Применение удобрений в интенсивном земледелии / М.П. Шкель, В.А. Прудников, В. М. Перепилица [и др.]. Справ. пособие. – Минск: Ураджай, 1989. – 216 с.

211. Шлапунов, В.Н. Райграс однолетний / В.Н. Шлапунов // Кормопроизводство. – 1982. – №10. – С. 17-19.

212. Шлапунов, В.Н. Полевое кормопроизводство/ Шлапунов В.Н. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Минск : Ураджай, 1991. – 288 с.

213. Шофман, Л.И. Однолетние кормовые культуры в составе смесей. / Л.И. Шофман – Мн., 1997. – 175 с.

214. Щербакова, Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества. / Т.А. Щербакова – Минск : Наука и техника, 1983. – 222 с.

215. Щур А.В Видовая специфика накопления ^{137}Cs лесной флорой нижнего яруса / А.В. Щур, О.В. Валько, В.П. Валько, Е.Н. Вульвач // Почва, удобрение, урожай: мат. межд. науч. конф. в рамках межд. науч.-практ. форума «Наука и агропромышленный комплекс на современном этапе, посвященного 170-летию УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» / Отв. ред. И.Р. Вильдфлуш. – г. Горки, 23-25 июня 2010 г. – С. 269-272.

216. Щур А.В. Параметры накопления радионуклидов в бобовых культурах радиоактивно загрязненных территорий Республики Беларусь / А.В. Щур, Д.В. Виноградов, В. П. Валько, О.В. Валько, И.И. Куницкий, В.И. Гуменюк, К.А. Дубаренко, К.Р. Малоян // Безопасность в чрезвычайных ситуациях : сб. науч. тр. Всероссийской науч.-практ. конф. 23-25 апреля 2015 года. - СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – С. 3-5.

217. Щур А.В. Экологическая безопасность строительных материалов / А.В. Щур, О.В. Валько, П.С. Орловский, О.П. Белоногова // Неделя науки Санкт-Петербургского политехнического ун-та : материалы научного форума с международным участием. Институт военно-технического образования и безопасности. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – С. 96-99.

218. Щур, А.В Накопление ^{137}Cs в зеленой массе донника белого (*Melilotus albus* Med.) и эспарцета (*Onobrychis* Mill.), возделываемых на радиоактивно загрязненных территориях Республики Беларусь / А.В. Щур, Е.Н. Вульвач, Т.М. Маджуга // Актуальные и новые направления сельскохозяйственной науки» // Материалы VIII Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 75-летию профессора А.Т. Фарниева. Часть 1. – Владикавказ, Изд. «Горский госагроуниверситет», 2012. – С. 219-222.

219. Щур, А.В Трофическая структура почвенных беспозвоночных животных лесных экосистем на фоне применения биологически активных препаратов в условиях радиоактивного загрязнения территорий / А.В. Щур, О.В. Валько, В.П. Валько, И.И. Куницкий, Е.Н. Вульвач, Т.М. Маджуга // Сахаровские чтения 2011 года: эко-

логические проблемы XXI века: материалы 11-й междунар. науч. конф., 19-20 мая 2011 г., г. Минск, Республика Беларусь / под ред. С.П. Кундаса, С.С. Позняка. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2011. – С. 218-219.

220. Щур, А.В. Агроэкологические особенности возделывания донника белого (*Melilotus albus* Med.) и эспарцета (*Onobrychis* Mill.) на радиоактивно загрязненных территориях Республики Беларусь / А.В. Щур, Е.Н. Вульвач, Т.М. Маджуга // Актуальные вопросы применения удобрений в сельском хозяйстве» // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию профессора С.Х. Дзанагова. – Владикавказ, Изд. «Горский госагроуниверситет», 2012. – С. 317-319.

221. Щур, А.В. Агроэкологические особенности возделывания рапса в Беларуси / А.В. Щур, В.П. Валько // Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных и эфиромасличных культур: материалы Международной научно-практической конференции, РГАТУ, Рязань, 3-4 марта 2016. / Под общ. ред. Д.В. Виноградова. – Рязань: РГАТУ, 2016. – С. 311-315.

222. Щур, А.В. Агроэкологические особенности донника белого в условиях радиоактивно загрязненных территорий Беларуси [Электронный ресурс]. / А.В. Щур, В.П. Валько, Д.В. Виноградов // АгроЭкоИнфо. – 2016, №1. Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/1/st_52.doc.

223. Щур, А.В. Агроэкологические особенности многолетних бобовых трав в условиях радиоактивного загрязнения территории Могилевской области при применении микробиологических препаратов / А.В. Щур, О.В. Валько, З.М. Алещенкова, В.П. Валько, Л.Е. Картыжова // Проблемы устойчивого развития регионов Республики Беларусь и сопредельных стран: сборник научных статей Второй Международной научно-практической конференции. 27-29 марта 2012 г., МГУ им. А.А. Кулешова, г. Могилев: в 2 ч. / под ред. И.Н. Шаруха, И.И. Пирожника, И.И. Бариновой. – Могилев: УО «МГУ имени А.А. Кулешова», 2012. – Ч.2. – С. 313-316

224. Щур, А.В. Агроэкологические особенности многолетних бобовых трав в условиях радиоактивного загрязнения территории Могилевской области Республики Беларусь / А. В. Щур // Плодородие. – 2016, №2 (89). – С. 48-50

225. Щур, А.В. Агроэкологические особенности применения биологически активных препаратов условиях радиоактивно загрязненных территорий Республики Беларусь / А.В. Щур, В.П. Валько, О.В. Валько // Исследования, результаты (научный журнал). – Казахский национальный аграрный университет: Алматы. - №1. – 2014. – С. 205-212.

226. Щур, А.В. Агроэкологическое воздействие многоукосных бобово-злаковых смесей с подсевом райграса однолетнего на накопление органических остатков, содержание в них азота и структуру почвы [Электронный ресурс]. / А.В. Щур, В.П. Валько, Д.В. Виноградов // АгроЭкоИнфо. – 2016, №2. Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/2/st_208.doc.

227. Щур, А.В. Аккумуляции радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в кормовых травах / А.В. Щур, А.О. Чижик, А.А. Понятов / 49-я студенческая научно-техническая конференция Белорусско-Российского университета : материалы конф. /М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол. : И.С.Сазонов (гл.ред) [и др.]. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2013. – С. 228.

228. Щур, А.В. Альтернатива клеверу для загрязненных почв / А.В. Щур, Т.Н. Агеева, В.В. Головешкин, А.М. Самусев // Белорусское сельское хозяйство, – 2012, № 7 (123) – С. 38-41.

229. Щур, А.В. Биологически активные препараты для повышения урожайности культур и снижения накопления в них радионуклидов / А.В. Щур, В.П. Валько, О.В. Валько // Белорусское сельское хозяйство. – 2010, № 10 (102) – С.22-25.

230. Щур, А.В. Влияние биологически активных препаратов на доступность ^{137}Cs растениям природных экосистем радиоактивно загрязненных районов Могилевской области / А.В. Щур, О.В. Валько, Е.Н. Вульвач, И.А. Климович, М.А. Бедуленко, Т.Н. Кузьмина // Сахаровские чтения 2009 года: экологические проблемы XXI века: материалы 9-й междунар. науч. конф., 21-22 мая 2009 г., г. Минск, Республика Беларусь / под ред. С.П. Кундаса, С.Б. Мельнова, С.С. Позняка. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009. – С. 201-202.

231. Щур, А.В. Влияние биологически активных препаратов на переход ^{137}Cs в лесную растительность / А.В. Щур, О.В. Валько, В.П. Валько, Н.В. Васильев // Ак-

туальные проблемы защиты растений : мат. Межд. Науч. конф., посвященной 65-летию кафедры защиты растений (г. Горки, 23-25 июня 2010 г.) / гл.ред. А.П. Курдеко. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. – С. 51-54.

232. Щур, А.В. Влияние биологически активных препаратов на структуру сообщества почвенных беспозвоночных радиоактивно загрязненных лесных экосистем / А.В. Щур, О.В. Валько, В.П. Валько // Современные проблемы радиобиологии: Мат. межд. науч. конф. (Гомель, 14-15 окт. 2010 г.) / ред.кол.: А.Д. Наумов [и др.]. – Минск: Институт радиологии, 2010. – С. 124-126.

233. Щур, А.В. Влияние биологически активных препаратов на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях радиоактивного загрязнения / А.В. Щур, О.В. Валько, Г.А. Чернуха // Производство растениеводческой продукции: резервы снижения затрат и повышения качества: сборник материалов Международной научно-практической конференции; 10-11 июля 2008 г., г. Жодино, / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск ИВЦ Минфина, 2008. В 2 т., Т.2 – С. 86-90

234. Щур, А.В. Влияние биологически активных препаратов на урожайность и накопление радионуклидов сельскохозяйственными культурами в условиях радиоактивного загрязнения / А.В. Щур, В.П. Валько, О.В. Валько, Г.А. Чернуха // Земляробства і ахова раслін. – 2009., №4. – С. 23-26.

235. Щур, А.В. Влияние микробиологического препарата «Байкал ЭМ 1» на содержание радионуклидов в зерне овса / А.В. Щур, Г.А. Чернуха // Экологические проблемы полесья и сопредельных территорий: Материалы VI Межд. Науч.-практич. конф., Гомель, октябрь 2004 г. – Гомель, 2004. – С. 273-274.

236. Щур, А.В. Влияние микробиологического препарата «Байкал ЭМ-1» на урожайность овса и содержание в нем радионуклидов / А.В. Щур, О.В. Валько, Г.А. Чернуха, Н.С. Чернуха // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений: Мат. Межд. Науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения засл. деят. науки БССР, д.с.-х.н., проф. Р.Т. Вильдфлуша / гл.ред. А.Р. Цыганов. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – С. 234-237.

237. Щур, А.В. Влияние препарата «Байкал ЭМ-1» на сукцессию микробоценоза загрязненной радионуклидами почвы / А.В. Щур, Г.А. Чернуха, О.В. Валько // Международная конференция «Чернобыль 20 лет спустя. Стратегия восстановления и устойчивого развития пострадавших регионов». Сборник тезисов. – Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2006. – С.64.

238. Щур, А.В. Влияние радиоэкологической ситуации в приселитебных лесных массивах на дозы внутреннего облучения сельских жителей / А.В. Щур, Д.В. Виноградов, Т.Н. Агеева, Т.П. Шапшеева, В.А. Грязин – Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование – 2016. № 1(29). – С. 79-86.

239. Щур, А.В. Влияние способов обработки почвы и внесения удобрений на численность и состав микроорганизмов /А. В. Щур, В.П. Валько, Д.В. Виноградов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №3. – С. 41-44.

240. Щур, А.В. Влияние эдафотопы на переход из почвы ^{137}Cs в растительность нижнего яруса лесных экосистем Чериковского района Могилевской области / А.В. Щур, О.В. Валько, Е.Н. Вульвач, И.А. Климович, М.А. Бедуленко // Современные экологические проблемы устойчивого развития Полесского региона и сопредельных территорий: наука, образование, культура: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Мозырь, 24-25 сент. 2009 г. / УО МГПУ имени И.П. Шамякина; редкол.: Н.А. Лебедев [и др.]; под общ. Ред. В.В. Валетова. – Мозырь, 2009. – С. 86-88.

241. Щур, А.В. Динамические процессы в микробоценозах лесной экосистемы при применении биологически активных препаратов в условиях радиоактивного загрязнения / А.В. Щур, В.П. Валько, О.В. Валько, И.И. Куницкий, А.А. Шумигай // Современные экологические проблемы устойчивого развития Полесского региона и сопредельных территорий: наука, образование, культура материалы V междунар. науч.-практ. конф. (Мозырь, 25-26 окт. 2012 г.) редкол.: О.Г. Акушко [и др.], Мозырь : УО МГПУ им. И.П. Шамякина, 2012. – С. 99-102.

242. Щур, А.В. Динамические процессы в популяциях ризосферных микроорганизмов естественных лесных экосистем в условиях радиоактивного загрязнения

/ А.В. Щур, А.А. Шумигай // Научный поиск молодежи XXI века: сборник научных статей по материалам XIII междунар. науч. конф. студентов и магистрантов (г. Горки, 27–29 ноября 2012 г.) редкол.: А. П. Курдеко (гл. ред.) [и др.], Горки: УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2013. В 6 ч. Ч. 1. – С. 273-278.

243. Щур, А.В. Динамические процессы почвенного микробоценоза в условиях радиоактивного загрязнения под воздействием препарата «Байкал ЭМ-1» / А.В. Щур, Г.А. Чернуха, О.В. Валько, С.Н. Ветошкина, Ю.В. Шипилов // Сахаровские чтения 2006 года: экологические проблемы XXI века: Материалы 6-й междунар. науч. конф., 18-19 мая 2006 г., г. Минск, РБ / под ред. С.П. Кундаса, А.Е. Океанова, С.С. Позняка. – Мн.: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2006. – Ч. 1. – С. 267-270

244. Щур, А.В. Динамические процессы содержания свободных почвенных аминокислот на различных уровнях агротехнического воздействия при возделывании пелюшко-овсяно-райграсовой смеси в условиях Беларуси [Электронный ресурс] / А.В. Щур, Д.В. Виноградов, Г.Д. Гогмачадзе, В.П. Валько // АгроЭкоИнфо. – 2014. – №2. Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2014/st_15/doc.

245. Щур, А.В. Загрязнение дикорастущих лекарственных растений ^{137}Cs / А.В. Щур, О.В. Валько, В.П. Валько, Е.Н. Вульвач, Т.М. Маджуга // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: Сборник тезисов докладов VI Международной научно-практической конференции. В 2 т. Т.2 / Ред. кол.: А.Ю. Лупей и др. – Мн., 2011. – С. 348-349.

246. Щур, А.В. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами / А.В. Щур, П.С. Орловский, О.П. Белоногова, И.С. Селезнева, С.Ф. Шашенко, О.В. Валько, А.А. Щур, В.О. Бураков // Техногенные системы и экологический риск: Тезисы докладов XIII Региональной научной конференции / Под общ. ред. А.А. Удаловой. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ. 2016. – С. 122-123.

247. Щур, А.В. Изменение состава микробоценоза почвы под действием препарата «Байкал ЭМ-1» / А.В. Щур, Г.А. Чернуха, Н.С. Чернуха, О.В. Валько // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В; Промышленность. Прикладные науки. – 2006. – №9. – С. 154-157.

248. Щур, А.В. Изучение влияния биологически активных препаратов на доступность цезия-137 растениям лесных экосистем Чериковского района Могилевской области / А.В. Щур, О.В. Валько Т.Н. Агеева, В.П. Валько, // Экологический вестник, – 2009, № 3/4 (9/10), – С. 16-24.

249. Щур, А.В. Индуцированная сукцессия ризосферных микробоценозов интактных экосистем в условиях радиоактивного загрязнения / А.В. Щур, А.А Шумигай // 48-я студенческая научно-техническая конференция Белорусско-Российского университета: материалы конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол. : И.С. Сазонов (гл. ред.) [и др.] – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2012. – С. 223.

250. Щур, А.В. Инициализация сукцессионных процессов педиосферного микробоценоза в условиях радиоактивного загрязнения при применении биологически активных препаратов/ А.В. Щур, О.В. Валько, Г.А. Чернуха // Сахаровские чтения 2008 года: экологические проблемы XXI века: материалы 8-й междунар. науч. конф., 22-23 мая 2008 г., г. Минск, Республика Беларусь / под ред. С.П. Кундаса, С.Б. Мельнова, С.С. Позняка. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2008. – С. 222-223

251. Щур, А.В. Использование биологического препарата «Байкал ЭМ -1» для снижения содержания радионуклидов в продукции растениеводства / А.В. Щур, Г.А. Чернуха, О.В. Валько // Региональные проблемы природопользования и охраны природных ресурсов Верхнего Поднепровья и сопредельных территорий. Межд. науч.-практ. конф. (27-28 октября 2005 г.) : тезисы докладов. – Могилев: МГУ им. А.А.Кулешова, 2005. – С.192-194.

252. Щур, А.В. Исследование микробиоты почв в условиях радиоактивного загрязнения территории Республики Беларусь при применении биологически активных препаратов / А.В. Щур // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2016, №1. – С. 120-125.

253. Щур, А.В. Мониторинг сообщества почвенных беспозвоночных животных лесных экосистем при применении биологически активных препаратов в условиях радиоактивного загрязнения территорий / А.В. Щур, О.В. Валько, А.А Шумигай // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы

науч.-технич. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол. : И.С. Сазонов (гл. ред.) [и др.] – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2013. – С. 203-204.

254. Щур, А.В. Накопление ^{137}Cs растительностью лесных экосистем Чериковского района Могилевской области при разных уровнях радиоактивного загрязнения почвы / А.В. Щур, О.В. Валько, Е.Н. Вульвач, И.А. Климович // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: Сборник тезисов докладов V Международной научно-практической конференции. В 3 т. Т.3 / Ред. кол.: Э.Р. Бариев и др. – Мн., 2009. – С. 312-315.

255. Щур, А.В. Накопление корневых и пожнивных остатков под картофелем при использовании различных агротехнологий в условиях Республики Беларусь / А. В. Щур, Д. В. Виноградов, В. П. Валько // Научно-практические аспекты инновационных технологий возделывания и переработки картофеля: материалы междунар.науч.-практ. конференции, Рязань, 19 февраля 2015 г. – Рязань: РГАТУ, 2015. – С. 461-466.

256. Щур, А.В. Накопление радионуклидов в зеленой массе овса при различных уровнях минерального питания / А.В. Щур, В.О. Подорожко, А.А. Понятов, И.А. Карпечина, О.В. Валько, // Молодая наука – 2013 : материалы региональной научно-практической конференции студентов и аспирантов вузов Могилевской области, 25 апреля 2013 г., г. Могилев, МГУ имени А.А. Кулешова / под ред. А.В. Бирюкова. – Могилев: МГУ имени А.А. Кулешова, 2013. – С. 39-40.

257. Щур, А.В. Накопление радионуклидов в настойках лекарственных растений, собранных на территориях радиоактивного загрязнения / А.В. Щур, В.О. Подорожко // 49-я студенческая научно-техническая конференция Белорусско-Российского университета : материалы конф. /М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол. : И.С. Сазонов (гл.ред) [и др.]. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2013. – С. 158.

258. Щур, А.В. Некоторые направления фиторемедиации техногенно поврежденных территорий в Республике Беларусь /А.В. Щур, В.П. Валько, Д.В. Виногра-

дов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. – 2015. – №2 (26). – С. 14-20.

259. Щур, А.В. Нитрификационная активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия / А.В. Щур, Д.В. Виноградов, В.П. Валько // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2015. – №2 (26). – С. 21-26.

260. Щур, А.В. Основы экологии : Курс лекций для студентов всех специальностей / А.В. Щур, А.Ю. Скриган, Т.Н. Агеева, И.В. Шилова, И.Н. Фойницкая, В.М. Пускова, И.С. Селезнева – Могилев : Белорусско-Российский университет, 2014. – 142 с.

261. Щур, А.В. Особенности аккумуляции радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в растительности нижнего яруса при применении биологически активных препаратов / А.В. Щур, А.О. Чижик, А.А. Понятов, О.В. Валько // Молодая наука – 2013 : материалы региональной научно-практической конференции студентов и аспирантов вузов Могилевской области, 25 апреля 2013 г., г. Могилев, МГУ имени А.А. Кулешова / под ред. А.В. Бирюкова. – Могилев: МГУ имени А.А. Кулешова, 2013. – С. 45-46.

262. Щур, А.В. Особенности перехода радионуклидов в хозяйственно-ценную растительность / А.В. Щур, В.П. Валько // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии (Теоретический и научно-практический журнал), 2014. – №2. – С. 37-42.

263. Щур, А.В. Отраслевая экология: учебно-методический комплекс для студентов строительных специальностей / А.В. Щур, С.Д. Макаревич, Т.Н. Агеева, А.Г. Поляков – Могилев : Белорусско-Российский университет, 2014. – 113 с.

264. Щур, А.В. Оценка зависимостей содержания ^{137}Cs в почве и растительных образцах / А.В. Щур, О.В. Валько, В.П. Валько, Н.В. Васильев, Е.Н. Вульвач, М.А. Бедуленко // Сахаровские чтения 2010 года : экологические проблемы XXI века: материалы 10-й междунар. науч. конф., 20-21 мая 2010 г., г. Минск, Республика Беларусь В 2 ч./ под ред. С.П. Кундаса, С.Б. Мельнова, С.С. Позняка. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2010. Ч.2.– С. 58–59.

265. Щур, А.В. Оценка перехода ^{137}Cs из почвы в лесную растительность Че-

риковского района Могилевской области / А.В. Щур, О.В. Валько, Е.Н. Вульвач, И.А. Климович // Чернобыльские чтения – 2009 (г. Гомель, 16-17 апреля 2009 г.) : материалы Международной научно-практической конференции / Под общ. ред. канд. мед. наук, доц. А.В. Рожко. – Гомель, ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», Гомель: КИПУП «Сож», 2009. – С. 244-245.

266. Щур, А.В. Плотность популяций почвенных беспозвоночных животных лесных экосистем на фоне применения биологически активных препаратов в условиях радиоактивного загрязнения территорий / А.В. Щур, О.В. Валько, В.П. Валько, И.И. Куницкий, М.А. Бедуленко / Актуальные проблемы экологии – 2010 : Материалы VI междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 27-29 окт. 2010 г.) / ГрГУ им. Я. Купалы; редкол.: И.Б. Заводник (отв. ред) [и др.], - Гродно: ГрГУ, 2010. – С. 291-292.

267. Щур, А.В. Почвенные микоценозы лесной экосистемы при применении биологически активных препаратов в условиях радиоактивного загрязнения / А.В. Щур, В.П. Валько, О.В. Валько, И.И. Куницкий, И.А. Карпечина, В.О. Подорожко, А.А. Шумигай // Актуальные проблемы экологии: материалы VIII междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 24-26 окт. 2012 г.). В 2 ч. Ч. 2/ ГрГУ им. Я. Купалы ; редкол.: И.Б. Заводник (гл. ред.) [и др.], Гродно : ГрГУ, 2012. – С. 170-172.

268. Щур, А.В. Применение биологически активных препаратов в условиях радиоактивного загрязнения для снижения перехода радионуклидов в сельскохозяйственные культуры / А.В. Щур, О.В. Валько, Г.А. Чернуха // Современное состояние растительного и животного мира стран еврорегиона «Днепр», их охрана и рациональное использование: Материалы VI Межд. Науч.-практич. конф., Гомель, 14-16 ноября 2007 г. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2007. – С. 372-377

269. Щур, А.В. Применение фиторемедиации в условиях Беларуси / А.В. Щур, М.В. Альхимович // 51-я студенческая научно-техническая конференция Белорусско-Российского университета : материалы конф. /М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол. : И.С. Сазонов (гл.ред) [и др.]. - Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2015. – С. 6.

270. Щур, А.В. Радиоэкологическая безопасность кормовых культур / А.В.

Щур, А.О. Чижик // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы : сб. материалов VIII международной научно-практической конференции молодых ученых: курсантов (студентов), слушателей магистратуры и адъюнктов (аспирантов) : В 2 ч. Ч. 2. – Минск: КИИ, 2014. – С. 39-40.

271. Щур, А.В. Радиоэкологическая эффективность биологически активных препаратов в условиях Беларуси [Электронный ресурс]. / А.В. Щур, Д.В. Виноградов, В.П. Валько, О.В. Валько, Г.Н. Фадькин // АгроЭкоИнфо. – 2015, №5. Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/5/st_20.doc.

272. Щур, А.В. Радиоэкологические аспекты производства сельхозпродукции / А.В. Щур, А.О. Чижик // 50-я студенческая научно-техническая конференция Белорусско-Российского университета : материалы конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол. : И.С.Сазонов (гл.ред) [и др.].-Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2014. – С. 202.

273. Щур, А.В. Радиоэкологические риски и направления их снижения в агропромышленном комплексе Могилевской области Республики Беларусь [Электронный ресурс]. / А.В. Щур, Д.В. Виноградов, Т.Н. Агеева, Т.П. Шапшеева, Г.Н. Фадькин // АгроЭкоИнфо. – 2015, №5. Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/5/st_19.doc.

274. Щур, А.В. Резервы повышения эффективности сельскохозяйственного производства / А.В. Щур, В.П. Валько // Белорусское сельское хозяйство. – 2010, №8 (100). – С. 37–41.

275. Щур, А.В. Система «Растения-микроорганизмы» как основа для восстановления техногенно-поврежденных территорий / А.В. Щур, М.В. Альхимович, Е.А. Павелко // Научный поиск молодежи XXI века. Сборник науч. статей по материалам XV Международной науч. конференции студентов и магистрантов (Горки, 25-27 ноября 2014 г.) в 4 частях. Горки: БГСХА, 2015, Ч.1. – С. 65-68.

276. Щур, А.В. Сообщество почвенных беспозвоночных животных лесных экосистем на фоне применения биологически активных препаратов в условиях радиоактивного загрязнения территорий / А.В. Щур, О.В. Валько, Т.Н. Агеева, В.П. Валько, И.И. Куницкий, М.А. Бедуленко, О.В. Шкабров // Экологический вестник, –

2010, № 4 (14), – С. 14-20.

277. Щур, А.В. Сопряженность варьирования содержания ^{137}Cs в почве и растительных образцах / А.В. Щур, А.О. Чижик, А.А. Понятов // Научный поиск молодежи XXI века: сборник научных статей по материалам XIII междунар. науч. конф. студентов и магистрантов (г. Горки, 27–29 ноября 2012 г.) редкол.: А. П. Курдеко (гл. ред.) [и др.], Горки: УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2013. В 6 ч. Ч. 1. – С. 269-272.

278. Щур, А.В. Сукцессия педиосферного микробоценоза в условиях радиоактивного загрязнения при применении биологически активных препаратов / А.В. Щур, О.В. Валько, Г.А. Чернуха // Региональные проблемы экологии: пути решения: Материалы. IV международного экологического симпозиума: – Полоцк: УО «ПГУ», 2007. В 2 т., – Т. I. – С. 291-295.

279. Щур, А.В. Технологии фиторемедиации техногенно поврежденных территорий / А. В. Щур, В. П. Валько, Д.В. Виноградов // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т ; редкол. : И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2015. – С. 12-16.

280. Щур, А.В. Ферментативная активность почвы на различных уровнях агротехнических вмешательств при возделывании картофеля / А.В. Щур, В.П. Валько, Д.В. Виноградов // Международный технико-экономический журнал. – 2014. – № 6. – С. 72-80.

281. Щур, А.В. Фиторемедиация – биотехнологии восстановления окружающей среды / А.В. Щур, О.В. Валько, М.В. Альхимович, К.Д. Миронов, И.С. Селезнева // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов X Международной научн.-техн. конференции, 23–24 апреля 2015 г., Могилев / Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»; редкол.: А.В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев: МГУП, 2015. – С. 410.

282. Щур, А.В. Фиторемедиация техногенно поврежденных территорий с использованием систем «растения-микроорганизмы» А.В. Щур, М.В. Альхимович //

50-я студенческая научно-техническая конференция Белорусско-Российского университета : материалы конф. /М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол. : И.С. Сазонов (гл.ред) [и др.]. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2014. – С. 15-17.

283. Щур, А.В. Фиторемедиация техногенно-поврежденных территорий как метод обеспечения экологической безопасности после ликвидации чрезвычайных ситуаций / А.В. Щур, М.В. Альхимович, О.В. Валько, И.С. Селезнева // Обеспечение безопасности жизнедеятельности : проблемы и перспективы : сб. материалов IX международной научно-практической конференции молодых ученых: курсантов (студентов), слушателей магистратуры и адъюнктов (аспирантов) : В 2-х ч.– Минск: КИИ, 2015. – Ч. 2. – С. 8.

284. Щур, А.В. Формы содержания ^{137}Cs в лесных почвах Чериковского района Могилевской области / А.В. Щур, О.В. Валько, Е.Н. Вульвач, И.А. Климович, М.А. Бедуленко, Т.Н. Кузьмина // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения А.М. Брагина, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного работника высшей школы БССР / отв. Редактор В.Б. Воробьев. – Горки, 2009. – С. 195-197.

285. Щур, А.В. Целлюлозолитическая активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия / А.В. Щур, Д. В. Виноградов, В. П. Валько // Вестник КрасГАУ. – 2015. – №7. – С. 45-49.

286. Щур, А.В. Экологические особенности микробиоты почв в условиях радиоактивного загрязнения территории Республики Беларусь при применении биологически активных препаратов [Электронный ресурс]. / А.В. Щур, Д.В. Виноградов // АгроЭкоИнфо. – 2016, №1. Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/1/st_51.doc.

287. Щур, А.В. Экологические особенности эспарцета при выращивании на радиоактивно загрязненных территориях Беларуси / А. В. Щур // Плодородие. – 2016, №1 (88). – С. 44-47.

288. Щур, А.В. Экологические проблемы строительных технологий / А.В.

Щур, А.Г. Поляков, И.В. Ильиных // 51-я научно-техническая конференция БРУ : материалы конф. /М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки РФ, БРУ; редкол. : И.С. Сазонов (гл.ред) [и др.]. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2015. – С. 86.

289. Юнг, Л.А. Микробиологические анализы в почвенно-агрономических исследованиях. /В кн.: Наука производству. / Л.А. Юнг – Киров, 1963. – С. 93-107.

290. Ярилов А. А. Что дал науке о почве М. В. Ломоносов. – Учен. зап. МГУ. Юбилейн. сер. – 1940а. – Вып. LVI.

291. Absalom, JP Predicting soil to plant transfer of radiocesium using soil characteristics. / JP Absalom, SD Young, NMJ Crout, AF Nisbet, RFM Woodman, E Smolders, AG Gillett – Environ Sci Technol, 1999. – 33: P. 1218-1223.

292. Alexander, M. Aging, bioavailability, and overestimation of risk from environmental pollutants / M. Alexander // Environmental Science and Technology. – 2000. – V. 34. – P. 4259-4265.

293. Al-Mutairi, N. Ecorisk evaluation and treatability potential of soils contaminated with petroleum hydrocarbon-based fuels / N. Al-Mutairi, A. Bufarsan, F. Al-Rukaibi // Chemosphere. – 2008. – V. 74. – P. 142-148.

294. Anderson, T.A. Bioremediation in the rhizosphere: plant roots and associated microbes clean contaminated soil / T.A. Anderson, E.A. Guthrie, B.T. Walton // Environmental Science and Technology – 1993. – V. 27. – P. 2630-2636.

295. Andreoni, V. Bacterial communities and enzyme activities of PAHs polluted soils / V. Andreoni, L. Cavalca, M.A. Rao, G. Nocerino, S. Bernasconi, E. Dell'Amico, M. Colombo, L. Gianfreda // Chemosphere. – 2004. – V. 57. – P. 401-412.

296. Barnard, J.E. No-till renovation of meadows / J.E. Barnard, L.Y. Davis, Y.D. Ledaron // Utah Sci. – 1985, – Vol. № 4. – P. 135–139.

297. Bell, W. Verfahren zur Wertstoffgewinnung aus Kieselgurschlamm / W. Bell // Brauindustrie. – 1992. – B. 77. – 4. – S 315-317.

298. Bogdevich, I.M. Accumulation of radionuclides of cesium-137 and strontium-90 by farm crops depending on soil properties / I.M. Bogdevich, V.Yu. Ageyets, I.D. Shmigelskaya // Acute and Late Consequences of Nuclear Catastrophes: Hiroshima-

Nagasaki and Chernobyl: Belarus-Japan Symposium, 3-5 October, 1994. – Minsk, 1994. – P.20.

299. Casalicchio G. A comparison of the chemical properties of compost and worm casting from solid municipal waste and sewage sludge / G. Casalicchio and P. L. Graziano // *On Earthworms* / eds. A. M. B. Pagliai and P. Omodeo. – Mucchi editore, Modena, Italy, 1987. – P. 437–457.

300. Choi, YH Transfer of ^{137}Cs to rice plants from various paddy soils contaminated under flooded conditions at different growth stages. / YH Choi, KM Lim, HG Park, DW Park, HS Kang, HS Lee / *J Environ Radioact.* – 2005. №80. P. 45-58.

301. Flaig W. Effects of the microorganisms on the transformation of lignin to humic substances // *Geochim. Cosmochim. Acta.* – 1964. – Vol. 28. – P. 1523.

302. Flaig W. H. Chemical composition and physical properties of humus substances / W. Flaig, Beutelspacher, E. Rietz // *Soil components. Vol. 1. Organic components.* – N. Y., Heidelberg–Berlin : Springer Verlag, 1975. – P. 1–211.

303. Forsyth W. G. C. Studies on the more soluble complexes of soil organic matter // *Biochem. J.* – (L), 1947. – Vol. 41, N 2. – 176 p.

304. Glebko L. I. A Semi-micro Method for the Determination of Quinoid Groups in Humic Acids / L. I. Glebko, J. U. Ulkina, O. B. Maximov // *Microchimica Acta [Wien]*. – Springer-Verlag, 1970. – P. 1247–1254.

305. Grishina L. A. A system of indices of the humus status of soils. *Problemy Pochvovedeniyw* / L. A. Grishina, D. S. Orlov. – M., 1978. – P. 42–47.

306. Gupta, M. Barley for brewing: characteristic changes during malting, brewing and applications of its by-products / M. Gupta, N. Abu-Ghannam, E. Gallagher // *Comprehensive reviews in food science and food safety.* – 2010. – V. 9. – P. 318-328.

307. Hayes M. H. B. Nature and properties of humus-mineral complexes / M. H. B. Hayes, F. L. Himes // *Interaction of soil minerals with natural organics and microbes* / ed. by P. M. Hinrich L, Bohn, Brian L. McNeal, Georg A. O'Connor // *Soil Chemistry.* – 3-rd ed. – USA, John Wiley & Sons, Inc., 2001. – 320 p.

308. Huang P. M. SSSA Special Publication N 17. Madison / P. M. Huang, M. Schnitzer. – Wisconsin : Soil Science Society of America, 1986. – P. 103–158.

309. Humic substances as natural detoxicants / I. V. Perminova [et al.] // Humic substances and organic matter in soil and water environments: characterization, transformation and interactions / eds.: C. E. Clapp, M. H. B. Hayes, N. Senesi, S. M. Griffith. – St. Paul, MN, USA, 1996. – P. 399–406.

310. Jackson, D. The effect of fertilizer treatment, soil pH and grazing on the transfer radionuclides to Upland Fell vegetation / D. Jackson, A.F. Nisbet // Transfer of radionuclides in natural and semi-natural environments / Edited by G. Desmet, P.L. Nassibbeni & M. Belli, Elsevier. – London, 1990. – P. 395–402.

311. Kodama H. Further investigation on fulvic acid-Cu²⁺- montmorillonite interactions / H. Kodama, M. Schnitzer // Clays Clay Miner. – 1974. – Vol. 22, N 2. – P. 107–110.

312. Kononova M. M. Soil organic matter: Its nature, its role in soil formation and in soil fertility / M. M. Kononova. – 2nd eng. Ed. Pergamon Press Ltd. – London, 1966. – 505 p.

313. Kumada K. On the fractionation of humic acids by a fractional precipitation technique / K. Kumada, G. Kawamura // Soil Sci. Plant Nutrition. – 1968. – Vol. 14, N 5. – P. 198–200.

314. Lambert, M.G. Influence of fertilizer and grading management on North Island moist hill country. Performance of introduced and resident legumes / M.G. Lambert [et al.]. – 1986, № 8.

315. Maillard L. Formation de matières humiques par action de polipeptides sur sucres // Comp. Rend. Acad. Sci. – 1913. – Vol. 156. – P. 1554–1556. Mortvedt J.J. Hypothetical structure of Humic acid // Micronutrients in agriculture / eds. J.J. Mortvedt, P. M. Giordano, W.L. Lindsay ; American Society of Agronomy. – Madison, WI, 1972.

316. Nisbet, A.F. Soil-to-plant transfer factors for radiocaesium and radiostrontium in agricultural systems / A.F. Nisbet, F.M. Woodman // HealthPhysics. – 2000. – V. 78, № 3. – P. 279–288.

317. Perrot K. W. Surface charge characteristics of amorphous aluminosilicates // Clays and Clay Miner. – 1977. – Vol. 25, N 6. – P. 417–421.

318. Piccolo A. Influence of humic acids on laurel growth, associated rhizospheric microorganisms, and mycorrhizal fungi / A. Picc Aolo, G. Celano, G. Pietramellara. – Biol. Fertil. Soils, 16. – 1993. – P. 11–15.
319. Piccolo A. The supramolecular structure of humic substances // Advances in Agronomy. – 2002. – Vol. 75. – P. 57–134.
320. Попов А. И. Soil organic matter and contents of oxygen in atmosphere // Но-осферные изменения в почвенном покрове : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летнему юбилею Ивлева Анатолия Михайловича (Владивосток, 14–22 сент. 2007 г.). – Владивосток, 2007. – С. 222–226.
321. Попов А. И. The Probable Mechanism of Biological Effect of Humic Substances // From Molecular Understanding to Innovative Applications of Humic Substances : Proceeding of the 14th International Meeting of the International Humic Substances Society (September 14–19, 2008, Moscow – Saint Petersburg Russia) / eds.: I. V. Perminova, N. A. Kulikova. Vol. II. – Moscow, 2008. – P. 453–456.
322. Ritcheie, W.R. Pasture renovation byoverdrilling. Grassland / W.R. Ritcheie // Assn. Wellington. – 1986, Proc. № 7.
323. Sanzharova, N.I. Behaviour of radionuclides in meadows and efficiency of countermeasures. / N.I. Sanzharova, S.V. Fesenko, V.A. Kotik, and S.I. Spiridonov / Radiation Protection Dosimetry. – 1996. – Vol. 64. No 1 / 2. – P. 43-48.
324. Shilev, S. Composting of food and agricultural wastes / S. Shilev, M. Naydenov, V. Vancheva, A. Aladjadjiyan // Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry. – New York: Springer Science+Business Media, LLC, 2007. – P. 283-301.
325. Scheffer F. Humus and Humusdungung / F. Scheffer, B. Ulrich. – Stuttgart, 1960. Schnitzer M. Humus Substances: Chemistry and Reactions // Soil Organic Matter / eds. M Schnitzer and S. U. Khan / Development of Soil Science (N 8). – Ottawa, 1978. – P. 1–64.
326. Schnitzer M. Reactions of minerals with soil humic substances / M. Schnitzer, H. Kodama // Minerals in soil environment / ed. by J. B. Dixon, S. B. Weed. – Madison : WI. Soil Science Society of America, 1977. – P. 741–770.

327. Sequi P. A new index of humification / P. Sequi, M. DeNobili, L. Leita, G. Cercignani // *Agrochimica*. – 1986. – Vol. 30. – P. 175–179.
328. Steinberg C. E. W. Dissolved Humic Substances: Interactions with Organisms / C. E. W. Steinberg, M. A. Timofeyev, R. Menzel // Gene E. Likens, (Editor) *Encyclopedia of Inland Waters*. – Oxford : Elsevier volume 2. – 2009. – P. 747-753.
329. Stevenson F. J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions / F. J. Stevenson. – 2nd ed. – N. Y. : John Wiley and Sons, 1994. – 496 p.
330. Zemaitis, V. Kiekreikiazoliu seklos / V. Zemaitis // *Z.u.*: 1983. – 1.1. – P.10-11.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Урожайность культур

		ПОВТОРЕНИЯ						отклонения			
ВАРИАНТЫ		-----				СРЕДНЕЕ		от			
		I	II	III	IV			контроля			

1		62.0	64.5	61.0	57.0	61.125					
2		82.0	117.0	80.5	106.5	96.500		35.375	57.873%		
3		63.0	52.0	86.5	108.0	77.375		16.250	26.585%		
4		66.0	64.5	69.0	61.0	65.125		4.000	6.544%		
5		81.0	65.5	60.0	86.0	73.125		12.000	19.632%		
6		84.0	122.0	64.0	46.0	79.000		17.875	29.243%		
7		51.0	81.5	135.0	72.5	85.000		23.875	39.059%		
8		73.0	69.5	102.0	76.0	80.125		19.000	31.084%		

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Гф.	Гтабл.
	квадратов	степ.свободы	квадрат		
Общая	37236.923	51			
Повторностей	590.846	3			
Вариантов	19040.423	12	1586.702	3.24	
Остаточная	17605.654	36	489.046		

Средняя ошибка опыта: 11.057

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 15.637

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Коэффициенты перехода Cs-137

		ПОВТОРЕНИЯ				отклонения			
ВАРИАНТЫ		-----		СРЕДНЕЕ				от	
		I II						контроля	

1		0.0429 0.0451		0.044					
2		0.0600 0.0513		0.056		0.012		26.473%	
3		0.0400 0.0667		0.053		0.009		21.233%	
4		0.0747 0.0863		0.080		0.036		82.872%	
5		0.0459 0.0431		0.044		0.000		1.048%	
6		0.0448 0.0495		0.047		0.003		7.131%	
7		0.0457 0.0429		0.044		0.000		0.682%	
8		0.0326 0.0310		0.032		-0.012		27.814%	

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Фф.	Фтабл.
	квадратов	степ.свободы	квадрат		

Общая	0.005	25			
Повторностей	0.000	1			
Вариантов	0.004	12	0.000	3.42	
Остаточная	0.001	12	0.000		

Средняя ошибка опыта: 0.007

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 0.010

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Коэффициенты перехода Sr-90

ВАРИАНТЫ	ПОВТОРЕНИЯ		СРЕДНЕЕ	отклонения	
	I	II		от	контроля
1	0.4601	0.5211	0.491		
2	0.4649	0.4765	0.471	-0.020	4.056%
3	0.3800	0.3864	0.383	-0.107	21.892%
4	0.4051	0.3722	0.389	-0.102	20.781%
5	0.3544	0.4584	0.406	-0.084	17.163%
6	0.7685	0.6947	0.732	0.241	49.123%
7	0.5604	0.3903	0.475	-0.015	3.107%
8	0.3861	0.4482	0.417	-0.073	14.970%
9	0.3445	0.2810	0.313	-0.178	36.252%
10	0.4101	0.5642	0.487	-0.003	0.699%
11	0.7065	0.7065	0.706	0.216	44.003%
12	0.5173	0.3653	0.441	-0.049	10.049%
13	0.7634	0.5136	0.639	0.148	30.147%

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Фф.	Фтабл
	квадратов	степ.свободы	квадрат		

Общая	0.475	25			
Повторностей	0.005	1			
Вариантов	0.391	12	0.033	4.94	
Остаточная	0.079	12	0.007		

Средняя ошибка опыта: 0.057

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 0.081

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Урожайности

ВАРИАНТЫ	ПОВТОРЕНИЯ				СРЕДНЕЕ	ОТКЛОНЕНИЯ	
						ОТ	
	I	II	III	IV		КОНТРОЛЯ	
1	218.4	203.6	259.5	181.0	215.625		
2	244.5	356.9	207.0	350.0	289.600	73.975	34.307%
3	162.0	237.5	380.0	385.2	291.175	75.550	35.038%
4	155.0	190.2	205.5	209.4	190.025	-25.600	11.872%
5	189.4	210.0	215.3	297.0	227.925	12.300	5.704%
6	224.0	206.0	202.0	267.0	224.750	9.125	4.232%
7	251.5	189.0	215.5	273.0	232.250	16.625	7.710%

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Фф.	Фтабл.
	квадратов	степ.свободы	квадрат		
Общая	391432.913	51			
Повторностей	5682.568	3			
Вариантов	252116.843	12	21009.737	5.66	
Остаточная	133633.502	36	3712.042		

Средняя ошибка опыта: 30.463

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 43.082

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Урожайность зерна

ВАРИАНТЫ	ПОВТОРЕНИЯ				СРЕДНЕЕ	ОТКЛОНЕНИЯ	
	-----					ОТ	
	I	II	III	IV		КОНТРОЛЯ	

1	39.5	40.0	40.6	39.1	39.800		
2	38.9	42.2	38.4	37.7	39.300	-0.500	1.256%
3	36.0	44.5	38.1	35.3	38.475	-1.325	3.329%
4	42.6	37.4	45.0	38.0	40.750	0.950	2.387%
5	45.8	46.0	38.2	40.1	42.525	2.725	6.847%
6	38.8	41.0	37.0	39.2	39.000	-0.800	2.010%
7	39.1	38.3	40.3	37.9	38.900	-0.900	2.261%

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Фф.	Фтабл.
	квадратов	степ.свободы	квадрат		

Общая	487.098	51			
Повторностей	26.111	3			
Вариантов	134.125	12	11.177	1.23	
Остаточная	326.861	36	9.079		

Средняя ошибка опыта: 1.507

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 2.131

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Содержание цезия-137 в зерне

		ПОВТОРЕНИЯ						отклонения				
ВАРИАНТЫ		-----				СРЕДНЕЕ		от				
		I	II	III	IV			контроля				

1		17.8	17.9	15.7	15.5	16.725						
2		18.8	13.2	15.5	14.5	15.500		-1.225	7.324%			
3		15.1	15.5	17.8	16.1	16.125		-0.600	3.587%			
4		16.0	18.8	15.1	16.7	16.650		-0.075	0.448%			
5		14.8	20.1	16.8	21.1	18.200		1.475	8.819%			
6		18.9	14.6	16.9	20.8	17.800		1.075	6.428%			
7		17.1	13.2	16.8	12.6	14.925		-1.800	10.762%			

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Фф.	Фтабл.
	квадратов	степ.свободы	квадрат		

Общая	232.448	51			
Повторностей	8.887	3			
Вариантов	96.131	12	8.011	2.26	
Остаточная	127.431	36	3.540		

Средняя ошибка опыта: 0.941

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 1.330

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Коэффициенты перехода Cs-137 в зерно

ВАРИАНТЫ	ПОВТОРЕНИЯ				СРЕДНЕЕ	отклонения	
	I	II	III	IV		от	контроля
1	0.051	0.052	0.045	0.045	0.048		
2	0.046	0.037	0.038	0.040	0.040	-0.008	16.580%
3	0.042	0.044	0.049	0.048	0.046	-0.003	5.181%
4	0.044	0.057	0.038	0.051	0.048	-0.001	1.554%
5	0.037	0.057	0.038	0.051	0.046	-0.003	5.181%
6	0.054	0.042	0.047	0.060	0.051	0.002	5.181%
7	0.047	0.036	0.046	0.034	0.041	-0.007	15.544%

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Fф.	Fтабл.
	квадратов	степ.свободы	квадрат		
Общая	0.003	51			
Повторностей	0.000	3			
Вариантов	0.001	12	0.000	3.07	
Остаточная	0.001	36	0.000		

Средняя ошибка опыта: 0.003

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 0.004

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Содержание Sr-90 в зерне

		ПОВТОРЕНИЯ						ОТКЛОНЕНИЯ		
ВАРИАНТЫ		-----				СРЕДНЕЕ		ОТ		
		I	II	III	IV			КОНТРОЛЯ		

1		4.3	3.7	5.7	4.8		4.625			
2		3.0	3.3	3.5	3.4		3.300	-1.325	28.649%	
3		3.9	3.7	3.0	5.1		3.925	-0.700	15.135%	
4		3.5	4.3	3.6	3.3		3.675	-0.950	20.541%	
5		4.0	3.3	3.1	3.4		3.450	-1.175	25.405%	
6		3.5	3.1	3.8	3.6		3.500	-1.125	24.324%	
7		4.4	3.7	5.1	4.7		4.475	-0.150	3.243%	

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Фф.	Фтабл.
	квадратов	степ.свободы	квадрат		
Общая	30.002	51			
Повторностей	0.462	3			
Вариантов	15.357	12	1.280	3.25	
Остаточная	14.183	36	0.394		

Средняя ошибка опыта: 0.314

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 0.444

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Коэффициенты перехода Sr-90 в зерно

		ПОВТОРЕНИЯ						ОТКЛОНЕНИЯ				
ВАРИАНТЫ	-----					СРЕДНЕЕ	ОТ					
	I	II	III	IV			КОНТРОЛЯ					

1	0.46	0.45	0.62	0.59		0.530						
2	0.51	0.46	0.60	0.47		0.510	-0.020	3.774%				
3	0.46	0.42	0.35	0.58		0.453	-0.078	14.623%				
4	0.59	0.42	0.60	0.33		0.485	-0.045	8.491%				
5	0.54	0.42	0.42	0.43		0.453	-0.078	14.623%				
6	0.48	0.31	0.52	0.37		0.420	-0.110	20.755%				
7	0.48	0.59	0.55	0.70		0.580	0.050	9.434%				

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Fф.	Fтабл.
	квадратов	степ.свободы	квадрат		
Общая	0.424	51			
Повторностей	0.013	3			
Вариантов	0.142	12	0.012	1.59	
Остаточная	0.269	36	0.007		

Средняя ошибка опыта: 0.043

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 0.061

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

ПОВТОРЕНИЯ			ОТКЛОНЕНИЯ						
ВАРИАНТЫ -----			СРЕДНЕЕ		ОТ				
I II					КОНТРОЛЯ				

1	6.45	6.50	6.475						
2	6.45	6.45	6.450		-0.025	0.386%			
3	6.30	6.35	6.325		-0.150	2.317%			
4	6.40	6.15	6.275		-0.200	3.089%			
5	6.20	6.40	6.300		-0.175	2.703%			
6	6.45	6.35	6.400		-0.075	1.158%			
7	6.40	6.35	6.375		-0.100	1.544%			

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Фф.	Фтабл.
	квадратов	степ.свободы	квадрат		

Общая	0.195	25			
Повторностей	0.000	1			
Вариантов	0.121	12	0.010	1.65	
Остаточная	0.074	12	0.006		

Средняя ошибка опыта: 0.055

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 0.078

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

		ПОВТОРЕНИЯ				отклонения	
		ВАРИАНТЫ -----		СРЕДНЕЕ		от	
		I II				контроля	

	1		2.32 1.74		2.030		
	2		1.89 1.94		1.915		-0.115 5.665%
	3		1.88 2.17		2.025		-0.005 0.246%
	4		2.08 1.88		1.980		-0.050 2.463%
	5		1.92 1.92		1.920		-0.110 5.419%
	6		1.94 1.79		1.865		-0.165 8.128%
	7		1.84 2.06		1.950		-0.080 3.941%

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Фф.	Фтабл.
	квадратов	степ.свободы	квадрат		

Общая	0.496	25			
Повторностей	0.001	1			
Вариантов	0.214	12	0.018	0.76	
Остаточная	0.281	12	0.023		

Средняя ошибка опыта: 0.108

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 0.153

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

		ПОВТОРЕНИЯ				отклонения			
		ВАРИАНТЫ -----		СРЕДНЕЕ				от	
		I II						контроля	

		1		15.8 23.0		19.400			
		2		18.5 18.5		18.500			-0.900 4.639%
		3		17.1 19.4		18.250			-1.150 5.928%
		4		16.3 16.3		16.300			-3.100 15.979%
		5		19.4 16.7		18.050			-1.350 6.959%
		6		16.7 18.5		17.600			-1.800 9.278%
		7		15.7 16.3		16.000			-3.400 17.526%

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Фф.	Фтабл.
	квадратов	степ.свободы	квадрат		

Общая	79.267	25			
Повторностей	4.403	1			
Вариантов	42.662	12	3.555	1.32	
Остаточная	32.202	12	2.683		

Средняя ошибка опыта: 1.158

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 1.638

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

		ПОВТОРЕНИЯ				ОТКЛОНЕНИЯ	
		ВАРИАНТЫ -----		СРЕДНЕЕ		ОТ	
		I II				КОНТРОЛЯ	

	1		15.8 18.7		17.250		
	2		22.4 20.5		21.450		4.200 24.348%
	3		24.5 18.7		21.600		4.350 25.217%
	4		16.6 16.8		16.700		-0.550 3.188%
	5		22.2 17.5		19.850		2.600 15.072%
	6		15.8 22.2		19.000		1.750 10.145%
	7		17.5 17.5		17.500		0.250 1.449%

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Гф.	Гтабл.
			квадратов	степ.свободы	квадрат

Общая			194.365	25	
Повторностей			6.702	1	
Вариантов			95.885	12	7.990 1.04
Остаточная			91.778	12	7.648

Средняя ошибка опыта: 1.956

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 2.766

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Содержание сырого протеина

		ПОВТОРЕНИЯ				отклонения	
		ВАРИАНТЫ -----		СРЕДНЕЕ		от	
		I II				контроля	

	1		12.86 11.09		11.975		
	2		13.30 13.65		13.475	1.500	12.526%
	3		12.89 12.00		12.445	0.470	3.925%
	4		11.54 11.98		11.760	-0.215	1.795%
	5		12.29 12.16		12.225	0.250	2.088%
	6		12.32 12.02		12.170	0.195	1.628%

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Фф.	Фтабл.
	квадратов	степ.свободы	квадрат		

Общая	5.796	11			
Повторностей	0.441	1			
Вариантов	3.622	5	0.724	2.09	
Остаточная	1.733	5	0.347		

Средняя ошибка опыта: 0.416

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 0.589

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Содержание жира в зерне

ПОВТОРЕНИЯ			ОТКЛОНЕНИЯ						
ВАРИАНТЫ -----			СРЕДНЕЕ		ОТ				
I II					КОНТРОЛЯ				

1	3.47	4.10	3.785						
2	3.56	3.69	3.625		-0.160	4.227%			
3	3.59	3.59	3.590		-0.195	5.152%			
4	3.70	3.57	3.635		-0.150	3.963%			
5	3.55	3.60	3.575		-0.210	5.548%			
6	3.75	3.21	3.480		-0.305	8.058%			

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Гф.	Гтабл.
-----------	-------	-------	---------	-----	--------

квадратов	степ.свободы	квадрат
-----------	--------------	---------

Общая	0.462	11		
Повторностей	0.002	1		
Вариантов	0.100	5	0.020	0.28
Остаточная	0.361	5	0.072	

Средняя ошибка опыта: 0.190

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 0.269

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Содержание клетчатки в зерне

		ПОВТОРЕНИЯ				ОТКЛОНЕНИЯ			
ВАРИАНТЫ		-----		СРЕДНЕЕ				ОТ	
		I II						КОНТРОЛЯ	

1		11.76 12.10		11.930					
2		11.77 11.69		11.730		-0.200		1.676%	
3		11.66 11.56		11.610		-0.320		2.682%	
4		11.32 11.76		11.540		-0.390		3.269%	
5		11.41 12.05		11.730		-0.200		1.676%	
6		11.84 11.15		11.495		-0.435		3.646%	

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Гф.	Гтабл.
			квадратов	степ.свободы	квадрат

Общая			0.857	11	
Повторностей			0.025	1	
Вариантов			0.252	5	0.050 0.43
Остаточная			0.580	5	0.116

Средняя ошибка опыта: 0.241

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 0.341

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Содержание золы в зерне

ПОВТОРЕНИЯ			отклонения						
ВАРИАНТЫ -----			СРЕДНЕЕ			от			
I II						контроля			

1			2.17 2.41	2.290					
2			2.40 2.32	2.360			0.070	3.057%	
3			2.20 2.30	2.250			-0.040	1.747%	
4			2.10 2.41	2.255			-0.035	1.528%	
5			2.07 2.63	2.350			0.060	2.620%	
6			2.48 2.03	2.255			-0.035	1.528%	

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Fф.	Fтабл.
	квадратов	степ. свободы	квадрат		

Общая	0.368	11			
Повторностей	0.039	1			
Вариантов	0.025	5	0.005	0.08	
Остаточная	0.305	5	0.061		

Средняя ошибка опыта: 0.175

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 0.247

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Содержание фосфора в зерне

		ПОВТОРЕНИЯ				отклонения	
		ВАРИАНТЫ -----		СРЕДНЕЕ			
		I II				от	
						контроля	

	1		0.33 0.30		0.315		
	2		0.32 0.32		0.320		0.005 1.587%
	3		0.32 0.31		0.315		0.000 0.000%
	4		0.30 0.31		0.305		-0.010 3.175%
	5		0.31 0.30		0.305		-0.010 3.175%
	6		0.33 0.30		0.315		0.000 0.000%

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Фф.	Фтабл.
	квадратов	степ.свободы	квадрат		

Общая	0.001	11			
Повторностей	0.000	1			
Вариантов	0.000	5	0.000	0.58	
Остаточная	0.001	5	0.000		

Средняя ошибка опыта: 0.008

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 0.011

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Содержание калия в зерне

ПОВТОРЕНИЯ			ОТКЛОНЕНИЯ						
ВАРИАНТЫ -----			СРЕДНЕЕ		ОТ				
	I	II			КОНТРОЛЯ				

1	0.42	0.45		0.435					
2	0.42	0.45		0.435	0.000	0.000%			
3	0.39	0.41		0.400	-0.035	8.046%			
4	0.42	0.38		0.400	-0.035	8.046%			
5	0.41	0.40		0.405	-0.030	6.897%			
6	0.40	0.37		0.385	-0.050	11.494%			

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Fф.	Fтабл.
			квадратов	степ.свободы	квадрат

Общая			0.007	11	
Повторностей			-0.000	1	
Вариантов			0.004	5	0.001 1.75
Остаточная			0.002	5	0.000

Средняя ошибка опыта: 0.015

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 0.022

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Содержание кальция в зерне

ПОВТОРЕНИЯ			ОТКЛОНЕНИЯ				
ВАРИАНТЫ		-----		СРЕДНЕЕ		ОТ	
I II						КОНТРОЛЯ	

1		0.48 0.51		0.495			
2		0.42 0.45		0.435		-0.060 12.121%	
3		0.52 0.50		0.510		0.015 3.030%	
4		0.54 0.50		0.520		0.025 5.051%	
5		0.50 0.49		0.495		-0.000 0.000%	
6		0.48 0.49		0.485		-0.010 2.020%	

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Фф.	Фтабл.
	квадратов	степ.свободы	квадрат		

Общая	0.011	11			
Повторностей	0.000	1			
Вариантов	0.009	5	0.002	4.40	
Остаточная	0.002	5	0.000		

Средняя ошибка опыта: 0.014

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 0.020

Продолжение приложения А

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

ВАРИАНТЫ	ПОВТОРЕНИЯ				СРЕДНЕЕ	ОТКЛОНЕНИЯ	
	-----					ОТ	
	I	II	III	IV		КОНТРОЛЯ	
1	75.0	58.2	61.3	63.5	64.500		
2	70.0	50.0	54.8	37.7	53.125	-11.375	17.636%
3	90.3	61.9	70.4	40.6	65.800	1.300	2.016%
4	78.5	51.4	65.5	48.7	61.025	-3.475	5.388%
5	64.3	58.1	47.5	58.0	56.975	-7.525	11.667%
6	56.0	66.0	47.9	47.5	54.350	-10.150	15.736%
7	52.8	59.7	38.2	40.2	47.725	-16.775	26.008%

ТАБЛИЦА ДИСПЕРСИЙ

Дисперсия	Сумма	Число	Средний	Фф.	Фтабл.
	квадратов	степ.свободы	квадрат		
Общая	7928.417	51			
Повторностей	2201.229	3			
Вариантов	2331.622	12	194.302	2.06	
Остаточная	3395.566	36	94.321		

Средняя ошибка опыта: 4.856

Ошибка разности средних для оценки частных разностей: 6.867

Продолжение приложения А

Результаты дисперсионного анализа по изучаемым показателям

№ п/п	Признаки	Средние квадраты	
		Показателя	Случайные
1.	Содержание ^{137}Cs в почве под травянистой растительностью	814031,07**	11353,3
2.	Содержание ^{137}Cs в почве под кустарничковой растительностью	470171,8**	8999,7
3.	Содержание ^{137}Cs в травянистой растительности	878731,5**	17963,1
4.	Содержание ^{137}Cs в кустарничковой растительности	317415,2**	9871,3
5.	Коэффициенты накопления ^{137}Cs в травянистой растительности	317,97**	34,17
6.	Коэффициенты накопления ^{137}Cs в кустарничковой растительности	213,1**	19,13
7.	Коэффициенты перехода ^{137}Cs в травянистой растительности	0,3411**	0,0091
8.	Коэффициенты перехода ^{137}Cs в кустарничковой растительности	0,3775**	0,0097

Примечание: * существенно при $p = 0,05$; ** существенно при $p = 0,01$.

Приложение Б

**РЕСПУБЛИКАНСКИЕ ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ СОДЕРЖАНИЯ
РАДИОНУКЛИДОВ ЦЕЗИЯ-137 И СТРОНЦИЯ-90 В
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ СЫРЬЕ И КОРМАХ**

Нормируемые величины:

1.1. Для переработки на пищевые цели допускается прием на перерабатывающие предприятия:

Продукция	Содержание, Бк/кг	
	Цезий-137	Стронций-90
Молоко для переработки на:		
сливочное масло	370	18
цельномолочные продукты, сыры и творог	100	3,7
молоко сухое и концентрированное	30	3,7
Мясо:		
говядина, баранина	500	Не нормируется
свинина, птица	180	Не нормируется
Растительное сырьё:		
овощи	100	Не нормируется
фрукты	40	Не нормируется
садовые ягоды	70	Не нормируется
Зерно	90	11
Зерно на детское питание	55	3,7
Прочее сырьё	370	Не нормируется

1.2. Прием хранения и использование для посева семян зерновых, зернобобовых, крестоцветных культур, однолетних и многолетних трав разрешается с содержанием цезия-137 до 1850 Бк/кг.

1.3. Прием семян рапса для переработки на продовольственные и технические

цели допускается с содержанием цезия-137 до 1500 Бк/кг.

1.4. Для переработки на спирт допускается использования сырья с содержанием цезия-137 до 3700 Бк/кг.

1.5. Допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в основных видах кормов предусмотрены для получения различных видов конечной продукции:

- цельного молока (и молока-сырья для переработки на сыры и творог);
- молока-сырья для переработки на масло;
- мяса говядины и баранины (заключительная стадия откорма).

Виды кормов	Содержание, Бк/кг				
	Цезий-137			Стронций-90	
	Молоко цельное	Молоко сырье для перераб. на масло	Мясо, заключительный откорм	Молоко цельное	Молоко сырье для перераб. на масло
Сено	1300	1850	1300	260	1300
Солома	330	900	700	185	900
Сенаж	500	900	500	100	500
Силос	240	600	240	50	250
Корнеплоды	160	600	300	37	185
Зерно на фураж, комбикорм	180	600	480	100	500
Зеленая масса	165	600	240	37	185
Хвойная, травяная мука, дробина пивная, жом, патока, барда, мясокостная мука	900	-	-	-	-
Мезга, молочные продукты, (обрат)	600	-	-	-	-
Прочие виды кормов	900				

Приложение В

В-1 - Населенные пункты, где за последние пять лет, отмечались случаи регистрации молоко с содержанием ^{137}Cs от 100 Бк/л и выше

Район	Населенный пункт	Количество проб по годам					Численность населения на 01.01.2008 г.
		2003	2004	2005	2006	2007	
Быховский	Борколабово		1				482
	Бовки		5				55
	Косичи	14	3	1	3		97
	Красница 1	1					122
	Селец	1				5	429
	Хомичи	5	1				196
	Чечевичи		1				324
Кличевский	Брилевка	2	1				13
	Должанка		2	1			11
	Новая Слободка	4	1	2			71
Костюковичский	Белая Дуброва	2	1		2		757
	Великий бор	2	1				нет
	Егоровка	1	1				10
	Негино	1					124
	Норкино	4					37
	Прудок	1	1				6
Краснопольский	Березуга	1					8
	Боровая	5	5	2	6	4	3
	Выдренка	8	2	2		1	77
	Глыбов	1					65
	Кожемякино	3					120
	Лещенка	1					45
	Маринополе	1					11
	Палуж-2	3					68
	Победа	1					20
	Соболи	2					65
	Струменск	2					7
	Топкое	1					нет
Могилевский	Бовшево		1				74
	Гуслище	1	1				183
Славгородский	Александровка-2		1	1			9
	Дубно		2	2			26
	Кургановка		5	1			124
	Михайлов		1				59
	Новая Слобода	1					320
	Прудок		1				217
	Свенск		1				592
	Славгород		1		1		8311
	Славня			3			178
	Старая Каменка		4	1			60
	Сычин			1			19
	Телешы	3	2				284
Чериковский	Баков	1					57
	Пильня	5	4				25
	Соколовка		2				463
	Итого	78	52	17	12	10	
	Итого деревень	29	27	11	4	3	

В 2- Населенные пункты, где за последние пять лет, отмечались случаи регистрации молоко с содержанием ^{137}Cs выше 50 Бк/л, но не зарегистрировалось молоко от 100 Бк/л и выше

Район	Населенный пункт	Количество проб по годам					Численность населения на 01.01.2008 г.
		2003	2004	2005	2006	2007	
1	2	3	4	5	6	7	8
Белынический	Больш.Мощаница	2	2	8			572
	Ослевка		2				21
	Рудня			1			25
Быховский	Болоновка	1					66
	Воронино		1		1		609
	Золотва		1				159
	Красница 2	1					20
	Липовка	2					44
	Вязьма	2	4				119
	Никоновичи		1				383
	Новая Боярщина		1				11
	Проточное	1					14
	Красный Берег	1					270
	Сорочино	1					30
Кировский	Галыновка	7	3	2			21
	Дубцы					13	34
	Подселы					17	99
	Стайки					3	300
	Чербомир					1	11
	Чигиринка	2	1	3			447
	Шмаки	9	7				46
Климовичский	Дубровица		1				13
	Попехинка		1				8
Кличевский	Гулы	1					9
Костюковичский	Забычанье	3					374
	Кавычицы	2					34
	Силичи	3					17
	Трояновка			1			8
Краснопольский	Курбаки	1					68
	Палуж-1	1					219
	Передовой	1					48
	Холмы	3				1	295
Могилевский	Досова Селиба	1					33
	Боровка	1					125
	Понизов		1				5
	Синюга			1			18
Славгородский	Машецкая Слобода		1		1		10
	Поповка		2	1			212
	Ректа	1					338
	Роги	1	1				133
	Рудня				3		192
	Ходорово	1					41
	Чечоровка	1					33

Продолжение В-2

1	2	3	4	5	6	7	8
Чериковский	Головчицы	1	1				19
	Драгунские Хутора	2					7
	Езера	1	3				788
	Гронов	5	4				335
	Полипень	7	2	1	2		34
	Припечино			1			62
	Итого проб	51	28	18	5	35	
	Итого деревень	26	17	8	3	5	

Приложение Г

Результаты оценки качества и полноты инфраструктуры (Dinf) и наличия промышленной или производственной зоны (Dpr)

	магазин	д/сад	школа	почта	ФАП	клуб	столовая	Гл. дороги	Асф. покрытие	Жел. дорога	центр хоз.з.	Dinf	пром. зона	пром. зона	Dpr	Усредненная до- за, мЗв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Баков	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,623	0	0	0,6	0,142
Полипень	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,623	0	0	0,6	0,099
Сычин	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,623	0	0	0,6	0,116
Перегон	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,623	0	0	0,6	0,093
Силичи	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,623	0	0	0,6	0,018
Старая Каменка	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0,635	0	0	0,6	0,204
Дубно	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0,629	0	0	0,6	0,196
Бовки	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,629	1		1	0,103
Холоблин	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,629	0	0	0,6	0,101
Какойск	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,629	1	0	1	0,696
Самотевичи	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,629	0	0	0,6	0,325
Роги	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,775	1	0	0,6	0,069
Кожемякино	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0,775	1	1	1	0,069
Шеломы	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,767	1	0	1	0,197
Александровка 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,767	0	0	0,6	0,168
Норкино	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,767	1	0	1	0,072
Негино	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,767	1	0	1	0,057
Козелье	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,767	1	0	1	0,038
Выдренка	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0,775	0	0	0,6	0,237
Палуж 2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0,775	1	0	1	0,205
Заводь Вировая	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0,775	1	0	1	0,130
Палки	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0,775	1	0	1	0,041
Устье	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,775	0	0	0	0,110
Медведовка	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,775	1	0	1	0,053
Рабовичи	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0,775	1	0	1	0,069
Вязьма	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0,783	0	0	0	0,001
Вилиховка	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,783	0	0	0	0,158
Верхняя Тошица	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0,782	0	0	0	0,079
Кабина Гора	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0,782	1	0	1	0,114
Ходорово	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0,791	1	0	1	0,269
Красница 1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0,791	1	0	1	0,001
Устиновичи	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0,791	1	0		0,001
Васьковичи	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0,791	1	1	1	0,026
Гайшин	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0,798	1	0	1	0,139
Косичи	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0,798	1	0	1	0,033
Восточное	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0,798	1	0	1	0,018
Зори	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0,798	0	0	0,6	0,047
Ухлясть	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0,798	0	0	0,6	0,009
Прудок	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0,817	1	0	1	0,037
Гронов	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0,817	1	1	1	0,060
Видуйцы	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0,807	1	0	1	0,065
Глинь	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0,856	0	0	0	0,017
Уречье	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0,868	1	0	1	0,010

Продолжение приложения Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Телешы	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0,878	1	1	1	0,026
Красный Берег	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0,891	1	1	1	0,091
Кр.Восход	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,896	1	0	1	0,064
Майский	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0,968	1	1	1	0,082
Палуж 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,980	1	0	1	0,168
Речица	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0,968	1	0	1	0,076
Селец	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,980	1	0	1	0,065
Забычанье	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0,968	1	1	1	0,010
Новая Слобода	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0,940	1	0	1	0,094
Козелье М	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0,940	1	0	1	0,153
Барколабово	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,000	1	1	1	0,006
Воронино	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1,000	1	0	1	0,017
Белая Дуброва	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1,000	1	1	1	0,049
Ректа	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1,000	1	1	1	0,237
Свенск	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1,000	1	1	1	0,033
Лесная	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1,000	1	1	1	0,037
Яновка	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1,000	1	0	1	0,070
Гиженка	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1,000	1	0	1	0,037
Езеры	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1,000	1	1	1	0,021

Приложение Д

Д-1 - Динамика загрязнения сельскохозяйственных земель Могилевской области ^{137}Cs

Год	Наличие сельскохозяйственных земель, тыс. га	Загрязнено ¹³⁷ Cs 1 Ки/км ² и более, на 01.01.								
		всего		1-5 Ки/км ²		5-15 Ки/км ²		15-40 Ки/км ²		Более 40 Ки/км ² тыс. га
		тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	
1988	1461,60	501,63	34,3	278,01	19,0	131,54	9,0	73,08	5,0	19,00
1998	1271,23	365,88	28,8	229,38	18,0	116,73	9,2	19,77	1,6	-
2001	1238,46	332,72	26,8	212,17	17,1	105,20	8,5	15,35	1,2	-
2002	1238,41	329,09	26,6	211,44	17,1	102,96	8,3	14,69	1,2	-
2003	1210,96	308,62	25,5	214,63	17,7	81,76	6,8	11,2	0,9	-
2005	1142,47	289,77	25,4	198,89	17,4	79,13	6,9	11,75	1,0	-
2006	1147,55	284,06	24,8	197,12	17,2	75,79	6,6	11,15	0,9	-
2007	1137,32	277,65	24,4	197,69	17,4	71,40	6,2	8,56	0,75	-
2008	1147,29	276,20	24,1	196,64	17,3	70,95	6,2	8,60	0,74	-

Д-2 - Динамика загрязнения сельскохозяйственных земель Могилевской области ^{90}Sr

Год	Наличие сельскохозяйственных земель, тыс. га	Загрязнено ^{90}Sr 0,15 Ки/км ² и более, на 01.01.							
		всего		0,15-0,3 Ки/км ²		0,3-0,5 Ки/км ²		Больше 0,5 Ки/км ²	
		тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
2001	1238,46	23,96	1,9	20,53	1,6	3,43	0,3	-	-
2002	1238,41	23,96	1,9	20,53	1,6	3,43	0,3		
2003	1210,96	19,13	1,6	16,86	1,4	2,26	0,2	-	
2005	1142,47	22,10	1,9	19,29	1,7	2,81	0,25		
2006	1147,55	20,88	1,8	18,21	1,6	2,67	0,23	-	
2007	1137,32	16,84	1,5	16,23	1,4	0,61	0,05		
2008	1147,29	16,87	1,5	16,26	1,4	0,61	0,05	-	

Д-3 – Динамика плотности загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий в разрезе районов Могилевской области

Районы	1998 год				2001 год				2003 год				2005 год				2008 год			
	Всего тыс.га 1 Ки/км ² и более	% от 1 Ки/км ² и более	% от 5 Ки/км ² и более	% от 15 Ки/км ² и более	Всего тыс.га 1 Ки/км ² и более	% от 1 Ки/км ² и более	% от 5 Ки/км ² и более	% от 15 Ки/км ² и более	Всего тыс.га 1 Ки/км ² и более	% от 1 Ки/км ² и более	% от 5 Ки/км ² и более	% от 15 Ки/км ² и более	Всего тыс.га 1 Ки/км ² и более	% от 1 Ки/км ² и более	% от 5 Ки/км ² и более	% от 15 Ки/км ² и более	Всего тыс.га 1 Ки/км ² и более	% от 1 Ки/км ² и более	% от 5 Ки/км ² и более	% от 15 Ки/км ² и более
Белыничский	16,8	30,1	0,9	-	12,8	23,7	0,4	-	6,5	13,3	0,1	-	6,4	14,1	0,1	-	5,2	10,4	-	-
Бобруйский	1,5	2,2	0,3	-	1,2	1,8	0,3	-	1,2	1,7	0,3	-	0,9	1,4	0,1	-	0,9	1,4	0,1	-
Быховский	86,5	100	23,4	-	84,5	100	22,8	-	84,6	100	0,5	-	72,6	100	12,3	-	74,5	99,3	10,3	-
Кировский	8,8	15,5	-	-	6,6	11,6	-	-	4,7	8,8	-	-	3,9	7,4	-	-	1,1	2,0	-	-
Климовичский	5,3	7,5	2,1	0,04	3,6	5,1	0,8	1,1	2,7	4,0	1,0	0,6	3,7	5,9	2,5	1,6	3,1	4,9	2,0	1,1
Кличевский	3,1	6,0	-	-	3,1	6,2	-	-	2,5	5,4	-	-	2,5	5,8	-	-	2,2	4,9	-	-
Костюковичский	22,0	39,4	25,8	10,2	20,6	37,8	24,4	9,0	17,8	34,2	20,6	6,5	22,6	43,7	30,9	10,4	19,0	37,5	23,5	7,6
Краснопольский	40,7	100	65,4	15,7	35,9	100	58,2	9,2	33,6	100	35,7	5,4	31,7	100	33,7	4,0	28,9	100	28,5	2,2
Кричевский	12,6	30,6	10,2	0,2	12,3	31,1	1,0	0,5	11,3	31,5	4,7	-	11,2	31,8	4,7	-	10,7	29,9	2,9	-
Круглянский	0,6	1,2	-	-	0,4	0,9	-	-	0,2	0,4	-	-	0,2	0,5	-	-	-	-	-	-
Могилевский	36,3	36,1	3,0	-	32,3	32,4	2,3	-	26,5	26,6	1,2	-	26,0	27,1	1,3	-	24,8	25,3	1,2	-
Мстиславский	0,8	0,9	0,05	-	0,5	0,6	-	-	0,5	0,6	-	-	0,4	0,5	-	-	0,4	0,5	-	-
Славгородский	51,7	100	80,3	8,7	48,2	100	78,4	26,8	48,2	100	78,4	7,1	44,5	100	74,6	4,4	44,4	100	74,0	4,5
Чаусский	48,2	61,0	9,5	-	39,7	52,1	6,8	-	36,2	47,5	5,1	-	35,9	48,2	5,2	-	33,7	46,8	4,8	-
Чериковский	32,2	100	52,8	9,6	31,1	100	51,4	8,7	31,1	100	46,3	7,1	27,2	100	50,2	7,8	27,3	100	43,2	5,2

Д-4 – Динамика плотности загрязнения ^{90}Sr сельскохозяйственных угодий в разрезе районов Могилевской области

Районы	2001 год			2003 год			2005 год			2008 год		
	Всего тыс. га 0,15 Ки/км ² и более	% от 0,15 Ки/км ² и бо- лее	% от 0,3 Ки/км ² и более	Всего тыс. га 0,15 Ки/км ² и более	% от 0,15 Ки/км ² и более	% от 0,3 Ки/км ² и более	Всего тыс. га 0,15 Ки/км ² и более	% от 0,15 Ки/км ² и более	% от 0,3 Ки/км ² и более	Всего тыс. га 0,15 Ки/км ² и более	% от 0,15 Ки/км ² и бо- лее	% от 0,3 Ки/км ² и более
Быховский	0,2	0,2	-	0,2	0,2	-	0,2	0,3	-	0,1	0,1	-
Климовичский	0,8	1,1	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0,6	0,5	0,7	1,1	0,6
Костюковичский	6,1	11,2	3,5	5,4	10,4	2,1	10,4	20,2	3,2	7,5	14,8	0,5
Краснопольский	4,6	12,8	3,3	3,8	11,3	2,4	2,9	9,2	2,5	1,0	3,5	-
Кричевский	0,2	0,5	-	0,03	0,1	-	0,03	0,1	-	0,03	0,1	-
Славгородский	5,5	11,4	0,2	3,8	7,9	-	3,4	7,6	-	3,2	7,2	
Чаусский	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-	-	-	
Чериковский	5,2	16,7	0,1	5,2	16,7	0,1	4,7	17,3	0,1	4,3	15,7	

Приложение Е
Е-1 – Результаты измерений уровня загрязнения ^{137}Cs продукции лесного хозяйства по Могилевскому ПЛХО за 2001-2006 гг.

Наименование продукции	2001 г.			2002 г.			2003 г.			2004 г.			2005 г.			2006 г.			2007 г.		
	Всего проб	Выше РДУ	%	Всего проб	Выше РДУ	%	Всего проб	Выше РДУ	%	Всего проб	Выше РДУ	%	Всего проб	Выше РДУ	%	Всего проб	Выше РДУ	%	Всего проб	Выше РДУ	%
Деловая древесина	3872	5	0,13	3705	1	0,03	3770	6	0,16	412	–	–	4814	15	0,31	5189	6	0,1	5757	33	0,7
Дровяная древесина	4290	22	0,5	4035	5	0,12	5640	50	0,9	9961	36	0,36	6462	73	1,1	6848	109	1,6	7600	132	1,7
Пиломатериалы	2055	-	-	1775	-	-	1968	-	-	1429	–	–	1136	-	-	1481	–	–	1077	-	-
Мясо диких животных	169	29	17,2	142	58	40,8	88	41	46,6	128	62	48	59	-	-	118	28	23,7	184	28	15,2
Грибы	440	216	49,1	93	23	24,7	498	166	33,3	405	163	40,2	291	120	41,2	610	313	51,3	388	177	45,6
Сок березовый	46	-	-	54	-	-	66	-	-	51	–	–	97	-	-	92	–	–	45	-	-
Лектехсырье	-	-	-	-	-	-	13	-	-	–	–	–	3	2	66,7	–	–	–	2	2	100
Клюква	64	31	48,4	65	41	63	52	21	38,5	43	16	37	59	32	54,2	33	14	42,4	66	26	39,4
Черника	168	43	25,6	171	47	27,5	70	39	55,7	15	46	40	78	28	35,9	115	48	41,7	172	55	32
Прочие ягоды	89	29	32,6	94	22	23,4	22	3	13,6	55	7	12,7	117	29	24,8	133	24	18	72	29	40,3
Молоко	238	4	1,7	43	-	-	264	6	2,3	43	1	2,3	277	7	2,5	59	–	–	198	-	-
Сено	273	9	3,3	37	-	-	162	5	3,1	48	–	–	236	7	3,0	11	–	–	107	-	-
Прочие пробы	345	-		191	-	-	609	4	0,7	398	3	0,8	852	-	-	572	40	7	722		
Почва	2556			2000			123			71	–	–	–	–	–	335	–	–	782	-	-
Всего	14605	388		12405	197		13345	341		13059	334		14481	313		15596	582		17172	482	

Е-2 - Результаты измерений уровня загрязнения ^{137}Cs сельхозпродукции с 2001 по 2007 годы данным ВСУ «Могилевская облветлаборатория»

Наименование продукции	2001 г.			2002 г.			2003 г.			2005 г.			2006 г.			2007 г.		
	Всего проб	Выше РДУ	%	Всего проб	Выше РДУ	%	Всего проб	Выше РДУ	%	Всего проб	Выше РДУ	%	Всего проб	Выше РДУ	%	Всего проб	Выше РДУ	%
Молоко и молоч- ные продукты	19526	5	0,03	17158	8	0,05	13296	10	0	15375	2	0,01	13589	0	0	13754	0	0
Мясо и мясные продукты	31157	39	0,1	33425	57	0,2	27983	53	0,2	36472	45	0,1	40308	46	0,1	44764	130	0,3
Грубые корма	2997	4	0,1	3202	2	0,06	5233	6	0,11	7692	18	0,2	6944	4	0,1	6722	1	0,01
Сочные корма	3578	19	0,5	2865	26	0,9	5401	92	1,7	6163	71	1,2	5563	28	0,5	5228	12	0,2
Корнеплоды	8015	0	0	14258	0	0	11515	0	0	9083	0	0	12170	0	0	15602	0	0
Концкорма	1679	0	0	1968	0	0	3509	0	0	4968	0	0	4905	0	0	4839	0	0
Овощи и фрукты	26721	0	0	32508	0	0	20891	0	0	20809	0	0	26888	0	0	32405	0	0
Ягоды и грибы	14193	772	5,4	8398	239	2,8	6827	233	3,4	6298	173	2,7	8433	264	3,1	5806	127	2,2
Яйца	5118	0	0	12010	0	0	12748	0	0	1628	0	0	7938	0	0	11796	0	0
Мед	306	0	0	173	0	0	118	0	0	262	0	0	320	0	0	274	0	0
Рыба	1867	1	0,05	1737	2	0,1	1741	0	0	2574	1	0,04	2393	0	0	3547	0	0
Вода	6	0	0	31	0	0	26	0	0	28	0	0	32	0	0	35	0	0
Прочее	9006	1	0	12846	8	0,1	6925	5	0,1	4654	0	0	6446	3	0,05	7738	5	0,1
Итого	124169	841		140579	342		116213	399		116006	310		135929	345		152510	275	

Е-3- Результаты измерений уровня загрязнения ^{137}Cs пищевых продуктов производственного сектора с 2001 по 2007 годы данным радиационного контроля УЗ «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья»

Вид продукта	2001 г.			2002 г.			2003 г.			2004 г.			2005 г.			2006 г.			2007 г.		
	Количество проб	Выше РДУ	% превышения	Количество проб	Выше РДУ	% превышения	Количество проб	Выше РДУ	% превышения	Количество проб	Выше РДУ	% превышения	Количество проб	Выше РДУ	% превышения	Количество проб	Выше РДУ	% превышения	Количество проб	Выше РДУ	% превышения
Молоко	1982	0	0	1339	0	0	815	0	0	675	0	0	538	0	0	536	0	0	417		
Мол. продукты	881	0	0	772	0	0	522	0	0	456	0	0	316	0	0	249	0	0	181	0	0
Мясо, мясопродукты	1010	0	0	1211	0	0	1307	0	0	1066	0	0	833	0	0	720	0	0	479	0	0
Картофель	382	0	0	361	0	0	501	0	0	452	0	0	444	0	0	394	0	0	412	0	0
Овощи	1120	0	0	1034	0	0	1689	0	0	1314	0	0	1460	0	0	1624	0	0	1673	0	0
Рыба	357	0	0	455	0	0	473	0	0	287	0	0	233	0	0	217	0	0	192	0	0
Ягоды садовые	14	0	0	15	0	0	13	0	0	24	0	0	25	0	0	39	0	0	37	0	0
Хлеб	1070	0	0	918	0	0	952	0	0	855	0	0	645	0	0	577	0	0	464	0	0
Фрукты	450	0	0	527	0	0	402	0	0	619	0	0	495	0	0	648	0	0	656	0	0
Яйцо	52	0	0	44	0	0	53	0	0	43	0	0	37	0	0	52	0	0	38	0	0
Детское питание	271	0	0	340	0	0	333	0	0	266	0	0	112	0	0	107	0	0	100	0	0
Ягоды лесные	13	1	7,69	20	4	20	10	0	0	16	0	0	78	1	1,3	100	0	0	70	0	0
Грибы	6	0	0	5	0	0	15	0	0	35	1	2,8	34	0	0	68	0	0	57	0	0
Мясо дичь	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Лекарств. сырье	10	0	0	15	2	13	41	0	0	64	0	0	82	0	0	56	0	0	70	0	0
Прочие продукты питания	1616	0	0	1385	0	0	1564	0	0	1633	0	0	1303	0	0	1578	0	0	1507	0	0

Е-4 - Результаты измерений уровня загрязнения ^{137}Cs пищевых продуктов частного сектора с 2001 по 2007 годы данным радиационного контроля УЗ «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья»

Вид продукта	2001 г.			2002 год			2003 год			2004 год			2005 год			2006 год			2007 год		
	Количество проб	Выше РДУ	% превышения	Количество проб	Выше РДУ	% превышения	Количество проб	Выше РДУ	% превышения	Количество проб	Выше РДУ	% превышения	Количество проб	Выше РДУ	% превышения	Количество проб	Выше РДУ	% превышения	Количество проб	Выше РДУ	% превышения
Молоко	6933	269	3,88	7332	83	1,1	5876	78	1,3	6365	52	0,8	5052	20	0,4	4657	12	0,25	4347	10	0,2
Мол. продукты	71	0	0	62	1	1,6	61	0	0	93	0	0	79	0	0	25	0	0	33	0	0
Мясо, мясопродукты	184	3	1,63	158	1	0,6	156	0	0	123	0	0	178	0	0	186	0	0	203	0	0
Картофель	1775	0	0	1815	0	0	2195	0	0	1811	0	0	1485	0	0	1853	0	0	1819	0	0
Овощи	1871	0	0	2019	2	0,1	1959	0	0	1913	0	0	1712	0	0	2066	0	0	2003	0	0
Рыба	117	5	4,27	93	2	2,2	91	3	3,3	89	1	1,1	91	3	3,3	68	1	1,5	93	1	1,1
Ягоды садовые	251	0	0	233	0	0	156	0	0	217	0	0	150	0	0	171	0	0	159	0	0
Хлеб	10	0	0	7	0	0	5	0	0	36	0	0	26	0	0	2	0	0	0	0	0
Фрукты	154	0	0	472	0	0	166	0	0	247	0	0	332	0	0	525	0	0	229	0	0
Яйцо	44	0	0	79	0	0	95	0	0	71	0	0	83	0	0	25	0	0	42	0	0
Детское питание	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ягоды лесные	1148	359	31,3	852	281	33	540	141	26,1	712	144	20,2	1000	204	20,4	830	178	21,4	698	160	22,9
Грибы	1854	602	32,5	370	53	14	1891	522	27,6	1675	552	32,9	818	172	21	1477	446	30,2	596	164	27,5
Мясо дичь	86	47	54,7	100	51	51	76	42	55,2	62	32	51,6	62	29	46,8	41	12	29,3	38	12	31,6
Лекарств. сырье	111	1	0,9	169	3	1,8	108	3	2,8	100	2	2	98	7	7,1	90	4	4,4	107	2	1,9
Прочие продукты питания	460	0	0	260	0	0	257	0	0	284	0	0	288	0	0	258	0	0	268	2	0,7

Приложение Ж

Ж-1 – Прогнозные площади загрязнения сельскохозяйственных земель ^{137}Cs с 2008 г. по 2016 г.

Годы	Наличие земель, га			Из них в разрезе плотности загрязнения								
	сельскохозяйственные земли	пахотные земли и многолетние на- саждения	луговые земли	менее 1 Ки/км ²			1 Ки/км ² и более			из них		
				сельскохозяйственные земли	пахотные земли и многолетние на- саждения	луговые земли	сельскохозяйственные земли	пахотные земли и многолетние на- саждения	луговые земли	1-5 Ки/км ²		
										сельскохозяйственные земли	пахотные земли и многолетние на- саждения	луговые земли
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Быховский район												
2008	71844,7	38793,3	33051,4	1009,8	346,7	663,1	70834,9	38446,6	32388,3	65837,4	35487,3	30350,1
2009	71844,7	38793,3	33051,4	1308,7	457,1	851,6	70536,0	38336,2	32199,8	66198,9	35797,3	30401,6
2010	71844,7	38793,3	33051,4	3695,8	1485,9	2209,9	68148,9	37307,4	30841,5	64346,5	35061,4	29285,1
2011	71844,7	38793,3	33051,4	4353,5	1856,7	2496,8	67491,2	36936,6	30554,6	64051,4	34889,5	29161,9
2012	71844,7	38793,3	33051,4	5577,1	2441,3	3135,8	66267,6	36352,0	29915,6	63251,5	34534,6	28716,9
2013	71844,7	38793,3	33051,4	6493,6	2854,9	3638,7	65351,1	35938,4	29412,7	62724,4	34330,6	28393,8
2014	70844,7	38793,3	32051,4	7155,2	3127,9	4027,3	63689,5	35665,4	28024,1	61337,6	34191,8	27145,8
2015	71844,7	38793,3	33051,4	7845,1	3427,8	4417,3	63999,6	35365,5	28634,1	61984,1	34151,2	27832,9
2016	71844,7	38793,3	33051,4	8707,6	3903,4	4804,2	63137,1	34889,9	28247,2	61230,2	33716,2	27514,0
Климовичский район												
2008	55431,3	43497,9	11933,4	54040,1	42325,1	11715,0	1391,2	1159,8	218,4	1295,2	1076,8	218,4
2009	55431,3	43497,9	11933,4	54086,4	42325,1	11761,3	1344,9	1172,8	172,1	1248,9	1076,8	172,1
2010	55431,3	43497,9	11933,4	54099,4	42338,1	11761,3	1331,9	1159,8	172,1	1235,9	1063,8	172,1
2011	55431,3	43497,9	11933,4	54166,1	42404,8	11761,3	1265,2	1093,1	172,1	1169,2	997,1	172,1
2012	55431,3	43497,9	11933,4	54198,6	42437,3	11761,3	1232,7	1060,6	172,1	1136,7	964,6	172,1
2013	55431,3	43497,9	11933,4	54251,4	42490,1	11761,3	1179,9	1007,8	172,1	1083,9	911,8	172,1
2014	55431,3	43497,9	11933,4	54287,4	42526,1	11761,3	1143,9	971,8	172,1	1047,9	875,8	172,1
2015	55431,3	43497,9	11933,4	54309,4	42548,1	11761,3	1121,9	949,8	172,1	1025,9	853,8	172,1
2016	55431,3	43497,9	11933,4	54333,4	42572,1	11761,3	1097,9	925,8	172,1	1001,9	829,8	172,1
Кличевский район												
2008	45845,6	23591,2	22254,4	43879,4	22449,8	21429,6	1966,2	1141,4	824,8	1966,2	1141,4	824,8
2009	45845,6	23591,2	22254,4	43917,6	22460,7	21456,9	1928,0	1130,5	797,5	1928,0	1130,5	797,5
2010	45845,6	23591,2	22254,4	43999,9	22494,6	21505,3	1845,7	1096,6	749,1	1845,7	1096,6	749,1
2011	45845,6	23591,2	22254,4	44071,3	22512,4	21558,9	1774,3	1078,8	695,5	1774,3	1078,8	695,5

Продолжение Ж-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2012	45845,6	23591,2	22254,4	44133,8	22547,2	21586,6	1711,8	1044,0	667,8	1711,8	1044,0	667,8
2013	45845,6	23591,2	22254,4	44168,4	22554,0	21614,4	1677,2	1037,2	640,0	1677,2	1037,2	640,0
2014	45845,6	23591,2	22254,4	44235,8	22603,7	21632,1	1609,8	987,5	622,3	1609,8	987,5	622,3
2015	45845,6	23591,2	22254,4	44307,8	22642,9	21664,9	1537,8	948,3	589,5	1537,8	948,3	589,5
2016	45845,6	23591,2	22254,4	44397,1	22680,2	21716,9	1448,5	911,0	537,5	1448,5	911,0	537,5
Костюковичский район												
2008	51264,1	25646,1	25618,0	32894,6	14746,2	18148,4	18369,5	10899,9	7469,6	7887,2	4540,6	3346,6
2009	51264,1	25646,1	25618,0	33083,2	14879,4	18203,8	18180,9	10766,7	7414,2	7895,0	4516,0	3379,0
2010	51264,1	25646,1	25618,0	33153,0	14931,7	18221,3	18111,1	10714,4	7396,7	8039,7	4538,1	3501,6
2011	51264,1	25646,1	25618,0	33214,1	14978,7	18235,4	18050,0	10667,4	7382,6	8154,1	4571,1	3583,0
2012	51264,1	25646,1	25618,0	33364,1	15051,9	18312,2	17900,0	10594,2	7305,8	8207,4	4588,9	3618,5
2013	51264,1	25646,1	25618,0	33529,7	15159,7	18370,0	17734,4	10486,4	7248,0	8259,6	4588,1	3671,5
2014	51264,1	25646,1	25618,0	33685,0	15235,8	18449,2	17579,1	10410,3	7168,8	8291,5	4629,4	3662,1
2015	51264,1	25646,1	25618,0	33763,8	15266,3	18497,5	17500,3	10379,8	7120,5	8394,4	4700,3	3694,1
2016	51264,1	25646,1	25618,0	33828,2	15288,8	18539,4	17435,9	10357,3	7078,6	8584,8	4829,1	3755,7
Краснопольский район												
2008	31511,0	13428,0	18083,0	87,2	21,6	65,6	31423,8	13406,4	18017,4	22758,2	10508,4	12249,8
2009	31511,0	13428,0	18083,0	154,4	21,6	132,8	31356,6	13406,4	17950,2	23033,9	10664,6	12369,3
2010	31511,0	13428,0	18083,0	178,9	31,6	147,3	31332,1	13396,4	17935,7	23427,4	10788,4	12639,0
2011	31511,0	13428,0	18083,0	260,1	39,1	221,0	31250,9	13388,9	17862,0	23730,9	10894,4	12836,5
2012	31511,0	13428,0	18083,0	312,2	46,6	265,6	31198,8	13381,4	17817,4	23946,6	11003,8	12942,8
2013	31511,0	13428,0	18083,0	355,4	55,1	300,3	31155,6	13372,9	17782,7	24254,2	11113,0	13141,2
2014	31511,0	13428,0	18083,0	407,8	81,5	326,3	31103,2	13346,5	17756,7	24570,7	11217,2	13353,5
2015	31511,0	13428,0	18083,0	432,7	81,5	351,2	31078,3	13346,5	17731,8	24797,2	11327,4	13469,8
2016	31511,0	13428,0	18083,0	502,4	105,5	396,9	31008,6	13322,5	17686,1	25002,1	11409,2	13592,9
Могилевский район												
2008	88232,9	73617,7	14615,2	71673,9	61162,1	10511,8	16559,0	12455,6	4103,4	16291,7	12308,8	3982,9
2009	88232,9	73617,7	14615,2	72507,7	61806,7	10701,0	15725,2	11811,0	3914,2	15480,9	11687,2	3793,7
2010	88232,9	73617,7	14615,2	73028,6	62285,0	10743,6	15204,3	11332,7	3871,6	14991,8	11240,7	3751,1
2011	88232,9	73617,7	14615,2	73617,0	62699,9	10917,1	14615,9	10917,8	3698,1	14442,7	10836,8	3605,9
2012	88232,9	73617,7	14615,2	74149,0	63100,7	11048,3	14083,9	10517,0	3566,9	13920,4	10441,0	3479,4
2013	88232,9	73617,7	14615,2	74624,5	63530,4	11094,1	13608,4	10087,3	3521,1	13451,6	10011,3	3440,3
2014	88232,9	73617,7	14615,2	75067,8	63845,1	11222,7	13165,1	9772,6	3392,5	13036,1	9706,5	3329,6
2015	88232,9	73617,7	14615,2	75402,5	64121,0	11281,5	12830,4	9496,7	3333,7	12720,8	9440,1	3280,7
2016	88232,9	73617,7	14615,2	75845,6	64475,2	11370,4	12387,3	9142,5	3244,8	12308,7	9107,9	3200,8

Продолжение Ж-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Славгородский район												
2008	44828,0	28986,0	15842,0	130,0	118,5	11,5	44698,0	28867,5	15830,5	18313,0	12290,6	6022,4
2009	44828,0	28986,0	15842,0	340,1	285,5	54,6	44487,9	28700,5	15787,4	19107,7	12748,7	6359,0
2010	44828,0	28986,0	15842,0	488,2	428,9	59,3	44339,8	28557,1	15782,7	19966,8	13265,0	6701,8
2011	44828,0	28986,0	15842,0	610,3	497,4	112,9	44217,7	28488,6	15729,1	20850,1	13930,7	6919,4
2012	44828,0	28986,0	15842,0	722,4	567,7	154,7	44105,6	28418,3	15687,3	21522,9	14437,6	7085,3
2013	44828,0	28986,0	15842,0	893,1	715,8	177,3	43934,9	28270,2	15664,7	22322,9	14974,0	7348,9
2014	44828,0	28986,0	15842,0	1019,8	818,5	201,3	43808,2	28167,5	15640,7	23029,3	15486,8	7542,5
2015	44828,0	28986,0	15842,0	1166,5	918,6	247,9	43661,5	28067,4	15594,1	23440,6	15760,0	7680,6
2016	44828,0	28986,0	15842,0	1311,3	1023,1	288,2	43516,7	27962,9	15553,8	24007,2	16112,9	7894,3
Чериковский район												
2008	26708,9	20013,9	6695,0	100,5	64,0	36,5	26608,4	19949,9	6626,0	16369,5	12905,4	3464,1
2009	26708,9	20013,9	6695,0	215,9	142,0	73,9	26493,0	19871,9	6588,6	16548,8	13057,6	3491,2
2010	26708,9	20013,9	6695,0	345,1	253,8	91,3	26363,8	19760,1	6571,2	16641,8	13093,4	3548,4
2011	26708,9	20013,9	6695,0	481,3	343,4	137,9	26227,6	19670,5	6534,1	16708,7	13155,5	3553,2
2012	26708,9	20013,9	6695,0	643,2	478,7	164,5	26065,7	19535,2	6530,5	16915,2	13304,7	3610,5
2013	26908,9	20213,9	6695,0	800,4	621,6	178,8	26108,5	19592,3	6516,2	17032,2	13405,8	3626,4
2014	26708,9	20013,9	6695,0	962,5	749,6	212,9	25746,4	19264,3	6482,1	17070,1	13426,5	3643,6
2015	26708,9	20013,9	6695,0	1226,9	991,4	235,5	25482,0	19022,5	6459,5	17002,8	13329,6	3673,2
2016	26708,9	20013,9	6695,0	1409,4	1143,3	266,1	25299,5	18870,6	6428,9	16993,6	13308,8	3684,8

Продолжение Ж-1

Годы	Из них в разрезе плотности загрязнения											
	5-15 Ки/км ²			15-30 Ки/км ²			30-40 Ки/км ²			более 40 Ки/км ²		
	сельскохозяйственные земли	пахотные земли и многолетние насаждения	луговые земли	сельскохозяйственные земли	пахотные земли и многолетние насаждения	луговые земли	сельскохозяйственные земли	пахотные земли и многолетние насаждения	луговые земли	сельскохозяйственные земли	пахотные земли и многолетние насаждения	луговые земли
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Быховский район												
2008	4997,5	2959,3	2038,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	4337,1	2538,9	1798,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	3802,4	2246,0	1556,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	3439,8	2047,1	1392,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	3016,1	1817,4	1198,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	2626,7	1607,8	1018,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	2351,9	1473,6	878,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	2015,5	1214,3	801,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	1906,9	1173,7	733,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Климовичский район												
2008	83,0	83,0	-	13,0	13,0	-	-	-	-	-	-	-
2009	96,0	96,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	96,0	96,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	96,0	96,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	96,0	96,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	96,0	96,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	96,0	96,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	96,0	96,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	96,0	96,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Костюковичский район												
2008	7926,9	4979,1	2947,8	2555,4	1380,2	1175,2	-	-	-	-	-	-
2009	8008,7	5062,2	2946,5	2277,2	1188,5	1088,7	-	-	-	-	-	-
2010	7981,1	5108,5	2872,6	2090,3	1067,8	1022,5	-	-	-	-	-	-
2011	8003,0	5140,0	2863,0	1892,9	956,3	936,6	-	-	-	-	-	-
2012	8011,2	5217,0	2794,2	1681,4	788,3	893,1	-	-	-	-	-	-
2013	7954,7	5201,0	2753,7	1520,1	697,3	822,8	-	-	-	-	-	-

Продолжение Ж-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2014	8038,4	5242,7	2795,7	1249,2	538,2	711,0	-	-	-	-	-	-
2015	8061,1	5244,2	2816,9	1044,8	435,3	609,5	-	-	-	-	-	-
2016	7884,6	5149,5	2735,1	966,5	378,7	587,8	-	-	-	-	-	-
Краснопольский район												
2008	7016,9	2346,0	4670,9	1539,2	477,5	1061,7	109,5	74,5	35,0	-	-	-
2009	6734,1	2222,8	4511,3	1487,6	453,0	1034,6	101,0	66,0	35,0	-	-	-
2010	6387,7	2116,7	4271,0	1424,0	425,3	998,7	93,0	66,0	27,0	-	-	-
2011	6106,0	2030,2	4075,8	1335,5	398,3	937,2	78,5	66,0	12,5	-	-	-
2012	5871,4	1913,3	3958,1	1314,1	410,1	904,0	66,7	54,2	12,5	-	-	-
2013	5601,7	1832,2	3769,5	1233,0	373,5	859,5	66,7	54,2	12,5	-	-	-
2014	5359,8	1743,6	3616,2	1115,3	340,8	774,5	57,4	44,9	12,5	-	-	-
2015	5166,4	1640,4	3526,0	1063,3	333,8	729,5	51,4	44,9	6,5	-	-	-
2016	4937,7	1540,6	3397,1	1017,4	327,8	689,6	51,4	44,9	6,5	-	-	-
Могилевский район												
2008	267,3	146,8	120,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	244,3	123,8	120,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	212,5	92,0	120,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	173,2	81,0	92,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	163,5	76,0	87,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	156,8	76,0	80,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	129,0	66,1	62,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	109,6	56,6	53,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	78,6	34,6	44,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Славгородский район												
2008	25488,3	16180,8	9307,5	896,7	396,1	500,6	-	-	-	-	-	-
2009	24582,0	15606,1	8975,9	798,2	345,7	452,5	-	-	-	-	-	-
2010	23628,5	14966,8	8661,7	744,5	325,3	419,2	-	-	-	-	-	-
2011	22710,0	14280,3	8429,7	657,6	277,6	380,0	-	-	-	-	-	-
2012	22052,1	13772,9	8279,2	530,6	207,8	322,8	-	-	-	-	-	-
2013	21110,8	13097,4	8013,4	501,2	198,8	302,4	-	-	-	-	-	-
2014	20347,7	12530,4	7817,3	431,2	150,3	280,9	-	-	-	-	-	-
2015	19850,6	12172,2	7678,4	370,3	135,2	235,1	-	-	-	-	-	-
2016	19181,0	11724,0	7457,0	328,5	126,0	202,5	-	-	-	-	-	-

Продолжение Ж-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Чериковский район												
2008	9181,4	6570,5	2610,9	1025,0	474,0	551,0	32,5	-	32,5	-	-	-
2009	8896,7	6340,3	2556,4	1015,0	474,0	541,0	32,5	-	32,5	-	-	-
2010	8714,3	6210,2	2504,1	975,2	456,5	518,7	32,5	-	32,5	-	-	-
2011	8591,8	6128,0	2463,8	904,1	387,0	517,1	23,0	-	23,0	-	-	-
2012	8255,2	5843,5	2411,7	895,3	387,0	508,3	-	-	-	-	-	-
2013	8255,2	5835,5	2419,7	821,1	351,0	470,1	-	-	-	-	-	-
2014	7873,7	5486,8	2386,9	802,6	351,0	451,6	-	-	-	-	-	-
2015	7704,2	5361,4	2342,8	775,0	331,5	443,5	-	-	-	-	-	-
2016	7582,5	5258,3	2324,2	723,4	303,5	419,9	-	-	-	-	-	-

Ж-2 - Прогнозные площади загрязнения сельскохозяйственных земель ^{90}Sr с 2008 г. по 2016 г.

Годы	Наличие земель, га			Из них в разрезе плотности загрязнения											
	сельско- хозяй- ственные земли	пахотные земли и многоле- тние на- саждения	луго- вые земли	менее 0,15 Ки/км ²			0,15 Ки/км ² и более			из них					
				сельско- хозяй- ственные зем- ли	пахотные земли и многоле- тние на- саждения	луго- вые земли	сельско- хозяйст- венные земли	пахотные земли и многоле- тние на- саждения	луго- вые земли	0,15-0,30 Ки/км ²			0,31-,050 Ки/км ²		
										сельско- хозяйст- венные земли	пахотные земли и многоле- тние на- саждения	луго- вые зем- ли	сельско- хозяйст- венные земли	пахотные земли и многоле- тние на- саждения	луго- вые земли
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Костюковичский район															
2008	5050,9	2940,0	2110,9	1955,4	1107,2	848,2	3095,5	1832,8	1262,7	3095,5	1832,8	1262,7	0,0	0,0	0,0
2009	5050,9	2940,0	2110,9	2428,8	1432,9	995,9	2622,1	1507,1	1115,0	2622,1	1507,1	1115,0	0,0	0,0	0,0
2010	5050,9	2940,0	2110,9	2428,8	1432,9	995,9	2622,1	1507,1	1115,0	2622,1	1507,1	1115,0	0,0	0,0	0,0
2011	5050,9	2940,0	2110,9	2428,8	1432,9	995,9	2622,1	1507,1	1115,0	2622,1	1507,1	1115,0	0,0	0,0	0,0
2012	5050,9	2940,0	2110,9	2793,2	1788,3	1004,9	2257,7	1151,7	1106,0	2257,7	1151,7	1106,0	0,0	0,0	0,0
2013	5050,9	2940,0	2110,9	2793,2	1788,3	1004,9	2257,7	1151,7	1106,0	2257,7	1151,7	1106,0	0,0	0,0	0,0
2014	5050,9	2940,0	2110,9	3307,9	2216,4	1091,5	1743,0	723,6	1019,4	1743,0	723,6	1019,4	0,0	0,0	0,0
2015	5050,9	2940,0	2110,9	3307,9	2216,4	1091,5	1743,0	723,6	1019,4	1743,0	723,6	1019,4	0,0	0,0	0,0
2016	5050,9	2940,0	2110,9	3507,4	2332,9	1174,5	1543,5	607,1	936,4	1543,5	607,1	936,4	0,0	0,0	0,0
Краснопольский район															
2008	3517,1	1115,0	2402,1	1271,5	421,7	849,8	2245,6	693,3	1552,3	1861,5	546,9	1314,6	384,1	146,4	237,7
2009	3517,1	1115,0	2402,1	1487,0	486,0	1001,0	2030,1	629,0	1401,1	1646,0	482,6	1163,4	384,1	146,4	237,7
2010	3517,1	1115,0	2402,1	1487,0	486,0	1001,0	2030,1	629,0	1401,1	1707,9	544,5	1163,4	322,2	84,5	237,7
2011	3517,1	1115,0	2402,1	1546,0	486,0	1060,0	1971,1	629,0	1342,1	1648,9	544,5	1104,4	322,2	84,5	237,7
2012	3517,1	1115,0	2402,1	1546,0	486,0	1060,0	1971,1	629,0	1342,1	1648,9	544,5	1104,4	322,2	84,5	237,7
2013	3517,1	1115,0	2402,1	1546,0	486,0	1060,0	1971,1	629,0	1342,1	1648,9	544,5	1104,4	322,2	84,5	237,7
2014	3517,2	1115,0	2402,2	1618,3	494,5	1123,8	1898,9	620,5	1278,4	1576,7	536,0	1040,7	322,2	84,5	237,7
2015	3517,1	1115,0	2402,1	1618,2	494,5	1123,7	1898,9	620,5	1278,4	1681,3	536,0	1145,3	217,6	84,5	133,1
2016	3517,0	1115,0	2402,0	1682,2	494,5	1187,7	1834,8	620,5	1214,3	1638,7	536,0	1102,7	196,1	84,5	111,6

Продолжение Д-2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Славгородский район															
2008	3328,7	1828,5	1500,2	2301,8	1377,3	924,5	1026,9	451,2	575,7	1026,9	451,2	575,7	0,0	0,0	0,0
2009	3328,7	1828,5	1500,2	2301,8	1377,3	924,5	1026,9	451,2	575,7	1026,9	451,2	575,7	0,0	0,0	0,0
2010	3328,7	1828,5	1500,2	2594,9	1474,5	1120,4	733,8	354,0	379,8	733,8	354,0	379,8	0,0	0,0	0,0
2011	3328,7	1828,5	1500,2	2594,9	1474,5	1120,4	733,8	354,0	379,8	733,8	354,0	379,8	0,0	0,0	0,0
2012	3328,7	1828,5	1500,2	2851,6	1587,5	1264,1	477,1	241,0	236,1	477,1	241,0	236,1	0,0	0,0	0,0
2013	3328,7	1828,5	1500,2	2851,6	1587,5	1264,1	477,1	241,0	236,1	477,1	241,0	236,1	0,0	0,0	0,0
2014	3328,7	1828,5	1500,2	3148,9	1772,3	1376,6	179,8	56,2	123,6	179,8	56,2	123,6	0,0	0,0	0,0
2015	3328,7	1828,5	1500,2	3148,9	1772,3	1376,6	179,8	56,2	123,6	179,8	56,2	123,6	0,0	0,0	0,0
2016	3328,7	1828,5	1500,2	3271,9	1828,5	1443,4	56,8	0,0	56,8	56,8	0,0	56,8	0,0	0,0	0,0
Чериковский район															
2008	3623,2	2341,3	436,0	2463,2	1617,3	845,9	1160,0	724,0	436,0	1160,0	724,0	436,0	0,0	0,0	0,0
2009	3623,2	2341,3	436,0	2463,2	1617,3	845,9	1160,0	724,0	436,0	1160,0	724,0	436,0	0,0	0,0	0,0
2010	3623,2	2341,3	436,0	2463,2	1617,3	845,9	1160,0	724,0	436,0	1160,0	724,0	436,0	0,0	0,0	0,0
2011	3615,2	2333,3	326,2	2732,5	1776,8	955,7	882,7	556,5	326,2	882,7	556,5	326,2	0,0	0,0	0,0
2012	3615,2	2333,3	326,2	2732,5	1776,8	955,7	882,7	556,5	326,2	882,7	556,5	326,2	0,0	0,0	0,0
2013	3615,2	2333,3	282,6	2861,8	1862,5	999,3	753,4	470,8	282,6	753,4	470,8	282,6	0,0	0,0	0,0
2014	3615,2	2333,3	282,6	2861,8	1862,5	999,3	753,4	470,8	282,6	753,4	470,8	282,6	0,0	0,0	0,0
2015	3623,2	2341,3	253,3	2972,6	1944,0	1028,6	650,6	397,3	253,3	650,6	397,3	253,3	0,0	0,0	0,0
2016	3623,2	2341,3	253,3	2972,6	1944,0	1028,6	650,6	397,3	253,3	650,6	397,3	253,3	0,0	0,0	0,0

Приложение И

И-1 - Населенные пункты, которые по прогнозу к 2016 г. выйдут из зоны радиоактивного загрязнения

Населенный пункт	Численность жителей в населенном пункте, человек	Год
1	2	3
Белыничский район		
Запольский сельсовет		
Замочулье	92	2014
Маковка	20	2013
Падевичи	70	2008
Ланьковский сельсовет		
Выйлово	45	2006
Искра	250	2009
Крайний	6	2014
Лубяны	87	2012
Лебедянский сельсовет		
Антонова Буда	44	2013
Борок	45	2012
Гута	52	2013
Мощаницкий сельсовет		
Бискупка	35	2011
Ослевка	21	2005
Техтинский сельсовет		
Гута	3	2011
Забавы	36	2006
Калиновка	68	2007
Красный Бор	1	2006
Мазки	2	2009
Моневка	5	2009
Техтин	938	2008
Быховский район		
Борколабовский сельсовет		
Калинин	70	2015
Нижняя Тошица	156	2014
Первое Мая	16	2015
Черноборский сельсовет		
Грудичино	12	2010
Короткие	16	2013
Ямницкий сельсовет		
Красная Беларусь	353	2015
Кировский район		
Грибовецкий сельсовет		
Збышин	124	2005
Старый Юзин	2	2010
Добосненский сельсовет		
Добротино	22	2005
Скрипицкий сельсовет		
Новое Залитвинье	19	2009

Продолжение И-1

1	2	3
Стайковский сельсовет		
Веленка	6	2013
Галыновка	20	2011
Дубцы	36	2010
Зеленая Роща	9	2005
Прибор	2	2012
Селиба	18	2012
Стайки	305	2014
Черобомир	17	2005
Чигиринка	471	2014
Кличевский район		
Долговский сельсовет		
Терехов Бор	14	2013
Костюковичский район		
Белодубровский сельсовет		
Колодливо	47	2014
Бороньковский сельсовет		
Говриленка	252	2007
Могилевский район		
Вендорожский сельсовет		
Вендорож	335	2010
Веселый	18	2012
Концы	4	2015
Корчемка	57	2013
Маяк	2	2005
Новоселки	50	2005
Понизов	5	2015
Заводскослободский сельсовет		
Батунь	35	2014
Малинник	17	2010
Старина	6	2010
Княжицкий сельсовет		
Бобровичи	66	2012
Боброво	5	2005
Щеглица	88	2013
Семукачский сельсовет		
Александров	42	2011
Большие Белевичи	385	2013
Возрождение	7	2008
Мстиславский район		
Заболотский сельсовет		
Черная Сосна	6	2011
Чаусский район		
Благовичский сельсовет		
Бординичи	43	2012
Волковичский сельсовет		
Бесчинье	116	2010
Дужевский сельсовет		
Дужевка	236	2005
Желивский сельсовет		
Ряниновая Слободка	4	2010

И-2 - Населенные пункты, которые по прогнозу к 2016 г. перейдут из зоны загрязнения ^{137}Cs выше 5 Ки/ км² на территорию до 5 Ки/ км²

Населенный пункт	Численность жителей в населенном пункте, человек	Год
1	2	3
Быховский район		
Борколабовский сельсовет		
Барсуки	15	2008
Ректа	5	2014
Истопки	14	2009
Красный Берег	262	2011
Ленина	6	2007
Малиновка	9	2015
Грудиновский сельсовет		
Лисичник	41	2014
Краснослободский сельсовет		
Хачинка	25	2007
Новобыховский сельсовет		
Лазаревичи	150	2014
Обидовичский сельсовет		
Онелино	35	2009
Селец	444	2006
Годылево	1055	2007
Латколония	60	2006
Климовичский район		
Лобжанский сельсовет		
Дубровица	17	2014
Тимоновский сельсовет		
Рысин	34	2007
Костюковичский район		
Бороньковский сельсовет		
Жарки	13	2007
Кавычицы	44	2015
Забычанский сельсовет		
Забычанье	390	2007
Краснопольский район		
Высокоборский сельсовет		
Брылевка	12	2011
Заборье	15	2014
Заречье	16	2012
Палуж-1	218	2012
Горский сельсовет		
Горенка	10	2007
Грибы	67	2008
Дубровка	19	2008
Новый Свет	15	2012
Романов	12	2011
Средний	5	2008
Мхиничский сельсовет		

Продолжение И-2

1	2	3
Маринополе	8	2015
Турьевский сельсовет		
Буходьково	21	2006
Ломы	25	2005
Сосновский	0	2006
Яновский сельсовет		
Передовой	50	2006
Кричевский район		
Ботвиновский сельсовет		
Милятино	2	2005
Подудога	2	2013
Ратная	11	2009
Сетное	37	2008
Костюшковичский сельсовет		
Волчас	78	2007
Новки	10	2015
Могилевский район		
Дашковский сельсовет		
Бовшево	78	2013
Славгородский район		
Васьковичский сельсовет		
Васьковичи	192	2010
Поповка	211	2009
Приволье	24	2013
Ржавка-1	381	2014
Чечоровка	39	2009
Гиженский сельсовет		
Заболотье	1	2011
Красный Октябрь	2	2011
Телеши	259	2008
Кабиногорский сельсовет		
Кургановка	124	2015
Свенский сельсовет		
Вишь	4	2005
Сосновица	1	2009
Чаусский район		
Антоновский сельсовет		
Антоновка	495	2010
Высокое	27	2008
Зеленая Роща	16	2005
Красная Буда	10	2010
Лапени	23	2011
Старая Буда	62	2009
Устье	204	2007
Волковичский сельсовет		
Грязивец	77	2006
Красная Поляна	9	2010

Продолжение И-2

1	2	3
Черенки	154	2011
Пустьковский сельсовет		
Ребятки	16	2015
Чериковский район		
Вепринксий сельсовет		
Головчицы	23	2005
Веремейский сельсовет		
Забочев	9	2011
Езерский сельсовет		
Гижня	40	2006
Долгое	93	2011
Заозерье	44	2013
Лобча	306	2006
Полипень	38	2014
Рогалино	82	2009
Селище	61	2005
Сормовский сельсовет		
Горки	82	2013

Приложение К

Расчет экономической эффективности удобрений при возделывании яровой пшеницы

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Ст-ть прибав. урожая, тыс. руб	На продовольствие					На фураж		
			Затраты			ЧД, тыс. руб.	Рент-сть,	Ст-ть приб. урожая	ЧД, тыс.р уб.	Рент-сть,
			I	II	Всего					
Контроль	21,1									
Предпосевная обработка семян препаратом Байкал ЭМ-1	22,3	304,9	265,2	32,8	298,0	6,9	2,3	198,0	-100,0	-3,6
Предпосевная обработка семян препаратами Байкал ЭМ-1+ Феномелан	23,7	956,3	387,6	102,8	490,5	465,8	95,0	621,0	130,5	26,6
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	24,9	1118,0	442,2	120,2	562,5	555,6	98,8	726,0	163,5	29,1
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	26,3	1164,2	452,8	125,2	578,0	586,2	101,4	756,0	178,0	30,8
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	27,6	1196,6	507,4	128,7	636,1	560,5	88,1	777,0	140,9	22,2
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	29,5	388,1	272,1	41,7	313,8	74,3	23,7	252,0	-61,8	-9,7
НСР ₀₅	0,9									

Примечание – I - затраты на приобретение и внесение удобрений, включая общепроизводственные расходы (цена+наценка сельхозхимии), II - затраты на уборку, перевозку, доработку прибавки урожая

Приложение Л

Расчет экономической эффективности удобрений при возделывании картофеля

Варианты опыта	Уро- жай- ность, ц/га	Стои- мость прибавки урожая, тыс. руб	На продовольствие					На фураж		
			Затраты			ЧД, тыс. руб.	Рент- сть,	Стои- мость прибавки урожая	ЧД, тыс.ру б.	Рент- сть,
			I	II	Всего					
Контроль	119,7									
Предпосевная обработка семян препаратом Байкал ЭМ-1	128,6	206,6	265,2	33,3	298,5	-91,9	-30,8	168,0	-130,5	-43,7
Предпосевная обработка семян препаратами Байкал ЭМ-1+ Феномелан	131,3	564,4	387,6	90,9	478,6	85,8	17,9	459,0	-19,6	-4,1
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	135,4	697,0	442,2	112,3	554,5	142,5	25,7	566,8	12,3	2,2
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	139,2	755,6	452,8	121,7	574,6	181,0	31,5	614,5	39,9	6,9
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	143,1	823,4	507,4	132,7	640,1	183,4	28,6	669,6	29,6	4,6
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	147,6	249,8	272,1	40,2	312,3	-62,5	-20,0	203,1	-109,2	-35,0
НСР ₀₅	14,7									

Примечание – I - затраты на приобретение и внесение удобрений, включая общепроизводственные расходы (цена+наценка сельхозхимии), II - затраты на уборку, перевозку, доработку прибавки урожая

Приложение М

Расчет экономической эффективности удобрений при возделывании гороха кормового

Варианты опыта	Урожай- ность, ц/га	Стоимость прибавки уро- жая, тыс. руб	На фураж		
			Стоимость прибавки урожая	ЧД, тыс.ру б.	Рент- сть,
Контроль	8,3				
Предпосевная обработка семян препаратом Байкал ЭМ-1	8,4	280,8	137,3	-160,2	-53,9
Предпосевная обработка семян препаратами Байкал ЭМ-1+ Феномелан	8,7	777,6	380,2	-96,9	-20,3
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	8,9	967,7	473,1	-80,4	-14,5
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	9,1	1032,5	504,8	-66,8	-11,7
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	9,3	1140,5	557,6	-81,0	-12,7
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	10,1	375,8	183,7	-131,5	-41,7
НСР ₀₅					

Примечание – I - затраты на приобретение и внесение удобрений, включая общепроизводственные расходы (цена+наценка сельхозхимии), II - затраты на уборку, перевозку, доработку прибавки урожая

Приложение Н



Комиссия в составе зам. директора по растениеводству Слинько М.Я., главного агронома Турука А.В., главного экономиста Ивасюк Н.К. настоящим подтверждает, что бесплужная обработка почвы на фоне внесения биологически активных препаратов внедрена в колхозе-комбинате «Заря» Мозырского района Гомельской области на площади 5 тыс. га. Указанные меры позволили сократить потери питательных веществ от эрозионных процессов: гумуса – 1000 т, соединений азота – 50 т, фосфора – 30 т, калия – 36 т, кальция – 50 т.

Продуктивность пашни увеличилась на 44%, экономия топлива и суммарные эксплуатационные затраты снизились на 55-60%. Средневзвешенное содержание гумуса за период внедрения мероприятий увеличилось с 1,7 до 2,21%, что подтверждается данными «Гомельской областной проектно-изыскательской станцией химизации сельского хозяйства».

Внедрение указанной технологии проводилось при активном участии Дворника Владимира Андреевича, Писчика Святослава Адамовича, Слинько Олега Михайловича, Турука Андрея Васильевича, Слинько Михаила Яковлевича, при методическом руководстве доцентов, кандидатов сельскохозяйственных наук Валько Виктора Павловича и Щура Александра Васильевича.

Зам. директора

М.Я.Слинько

Главный агроном

А.В.Турук

Главный экономист

Н.К.Ивасюк

Продолжение приложения Н



Состояние почвы до применения технологии



Состояние почвы после применения технологии

Продолжение приложения Н

СПРАВКА
о количестве внедренных разработок Щура А.В.
за период работы в Могилевском филиале РНИУП «Институт радиологии»

Настоящим подтверждаю, что научные разработки Щура А.В., выполненные за период работы в Могилевском филиале РНИУП «Институт радиологии» получили практическое применение на территории радиоактивного загрязнения Могилевской области, что подтверждается актами о внедрении и справками об использовании.

За указанный период внедрялись следующие разработки:

1. Сформированная в 2009 году база данных результатов СИЧ-измерений жителей загрязненных радионуклидами территории Могилевской области в рамках выполнения задания по теме «Мониторинг содержания цезия-137 в организме жителей реперных населенных пунктов Могилевской области и создание базы данных для хранения и систематизации результатов анкетирования обследуемого на СИЧ населения» была передана для включения в Государственный дозиметрический регистр для расчета и прогнозирования доз облучения. Результаты разработки имеют социальную значимость и направлены на снижение доз внутреннего облучения жителей

2. Сформированная в 2010 году база данных результатов СИЧ-измерений жителей загрязненных радионуклидами территории Могилевской области в рамках выполнения задания по теме «Проведение комплексного радиационно-гигиенического обследования реперных населенных пунктов Могилевской области, создание базы данных для хранения и систематизации их результатов. Анализ результатов СИЧ-измерения жителей реперных населенных пунктов» была передана для включения в Государственный дозиметрический регистр для расчета и прогнозирования доз облучения. Результаты разработки имеют социальную значимость и направлены на снижение доз внутреннего облучения жителей.

3. Результаты исследований по проекту «Изучение влияния биологически активных препаратов на доступность цезия-137 растениям природных экосистем радиоактивно загрязненных районов Могилевской области» в соответствии с договором с БРФФИ №Б08М-186 от «01» апреля 2008 г. внедрены на территории Вепринского производственно-опытного лесничества (3-й выдел 64-го лесного квартала и 9-й выдел 65-го лесного квартала).

Применение обработок ягольников, расположенных на радиоактивно загрязненных территориях, микробиологическим препаратом «Байкал ЭМ-1» и регулятором роста растений «Экосил» привело к снижению перехода ^{137}Cs из почвы в растения и ягоды в 1,5–4 раза, в результате чего снизилось содержание ^{137}Cs в продукции, что позволило уменьшить дозу внутреннего облучения от употребления ягод в пищу и растений в качестве лекарственного технического сырья.

Результаты имеют социальную значимость.

Копии Актов внедрения и использования, в которых использовались результаты исследований, выполненных при участии Щура А.В., прилагаются.

Директор Могилевского филиала
РНИУП «Институт радиологии»



Т.П. Шапшеева

Продолжение приложения Н

АКТ
о внедрении научной разработки

г. Чериков

«04» марта 2010 г.

Мы, нижеподписавшиеся, директор Могилевского филиала Республиканского научно-исследовательского унитарного предприятия «Институт радиологии» Т.П. Шапшеева, с одной стороны, и лесничий Вепринского производственно-опытного лесничества Чериковского лесхоза Н.В. Васильев с другой стороны составили настоящий акт о том, что результаты исследований по проекту **«Изучение влияния биологически активных препаратов на доступность цезия-137 растениям природных экосистем радиоактивно загрязненных районов Могилевской области»** в соответствии с договором с БРФФИ №Б08М-186 от «01» апреля 2008 г. внедрены на территории Вепринского производственно-опытного лесничества (3-й выдел 64-го лесного квартала и 9-й выдел 65-го лесного квартала).

Применение обработок ягодников, расположенных на радиоактивно загрязненных территориях, микробиологическим препаратом «Байкал ЭМ-1» и регулятором роста растений «Эко-сил» привело к снижению перехода ^{137}Cs из почвы в растения и ягоды в 1,5–4 раза, в результате чего снизилось содержание ^{137}Cs в продукции, что позволило уменьшить дозу внутреннего облучения от употребления ягод в пищу и растений в качестве лекарственного технического сырья.

Результаты имеют социальную значимость.

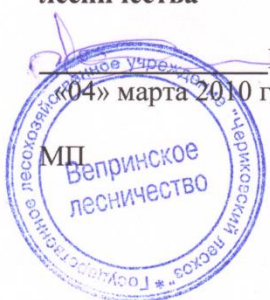
Директор Могилевского филиала
РНИУП «Институт радиологии»

Т.П. Шапшеева
«04» марта 2010 г.
МП



Лесничий Вепринского
производственно-опытного
лесничества

Н.В. Васильев
«04» марта 2010 г.
МП



Продолжение приложения Н

АКТ
о внедрении научно-технической разработки

г. Быхов

«28» декабря 2012 года

Мы, нижеподписавшиеся, директор Могилевского филиала Республиканского научно-исследовательского унитарного предприятия «Институт радиологии» Т.П. Шапшеева, с одной стороны и директор Открытого акционерного общества «Быховский консервно-овощесушильный завод» С.В. Громыко, с другой стороны, составили настоящий акт о том, что результаты научно-технической разработки под руководством канд.с.-х. наук, доцента А.В. Щура **«Разработать рекомендации по возделыванию кормовых бобовых трав (донника белого и эспарцета) на зеленую массу в условиях радиоактивного загрязнения земель» этап «Выполнить агроэкологическую оценку донника белого и эспарцета в различных почвенно-климатических условиях л загрязненных радионуклидами территорий Гомельской и Могилевской областей»** - полученная в результате исполнения тематики воздушно сухая масса эспарцета использована для производства опытной партии продукции - березового сока, настоянного на эспарцете.

В результате внедрения расширен сортимент выпускаемой продукции.

В настоящее время разработка имеет социальный эффект.

Акт составлен в двух экземплярах, имеющих равную значимость.

Директор Могилевского филиала
РНИУП «Институт радиологии»



Т.П. Шапшеева

Директор ОАО «Быховский
консервно-овощесушильный завод»



С.В. Громыко

Продолжение приложения Н

УТВЕРЖДАЮ

Директор Могилевского филиала
РНИУП «Институт радиологии»

Т.П. Шапшеева

« 22 » февраля 2012 г.



АКТ ПЕРЕДАЧИ-ПРИЕМКИ МАТЕРИАЛОВ

Мы, нижеподписавшиеся, заведующий лабораторией радиометрии и спектрометрии Могилевского филиала РНИУП «Институт радиологии» Щур А.В. и ведущий инженер-радиолог лаборатории радиометрии и спектрометрии Могилевского филиала РНИУП «Институт радиологии» Вульвач Е.Н. на безвозмездной основе, без взаимных денежных расчетов передали, а уполномоченный представитель ОАО «Быховский консервно-овощесушильный завод» г. Быхов, Могилевской области получил 2,3 кг воздушно сухой массы эспарцета для использования в производстве продукции.

Акт составлен в двух экземплярах, имеющих равную значимость.

СДАЛИ:

А.В.Щур

Е.Н. Вульвач

ПРИНЯЛ:



И.В. Дубовица

Продолжение приложения Н



Сок березовый с настоем эспарцета, выпущен на ОАО «Быховский консервно-овощесушильный завод из переданной воздушно-сухой массы эспарцета, выращенного при проведении экспериментов Могилевским филиалом РНИУП «Институт радиои» в Славгородском районе Могилевской области.

Продолжение приложения Н

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
Белорусско-Российского университета

В.М. Пашкевич

« 23 »

10

2010

АКТ

о внедрении результатов НИР в учебный процесс

Настоящий акт составлен об использовании в учебном процессе разработки
Видовые особенности накопления радионуклидов в растительности,
(наименование разработки, объекта внедрения)

выполненной по теме НИР Разработать рекомендации по возделыванию кормовых бобовых трав, номер госрегистрации 20110821,
(наименование НИР, номер госрегистрации, финансовый номер)

Разработка использована в учебном процессе кафедры Безопасность жизнедеятельности, 2012-2013 учебный год,
(кафедра, время внедрения)

Разработка используется в лекционном курсе по дисциплинам «экология» и «защита населения и ОНХ от ЧС»
(в процессе выполнения лабораторных, курсовых, дипломных работ и др.)

и позволяет получить социальную эффективность от
(социальную, экономическую)

внедрения: Повышает знание обучающихся об уровне загрязнения естественной и культурной растительности условиях радиоактивного загрязнения территорий
(указать эффективность внедрения)

Описание объекта внедрения прилагается и является неотъемлемой частью Акта.

Установлены коэффициенты перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в зеленую массу культурной и естественной растительности. Рассчитаны предельные плотности загрязнения почв для получения нормативно чистой продукции в условия радиоактивного загрязнения.

Зам. проректора по НИЧ

С.Ф. Мельников

Заведующий кафедрой

А.В. Щур

Научный руководитель темы

А.В. Щур

Продолжение приложения Н

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
Белорусско-Российского университета

В.М. Пашкевич

« 23 » 09 20 13

АКТ

о внедрении результатов НИР в учебный процесс

Настоящий акт составлен об использовании в учебном процессе разработки
«Экологическая группировка почвенных организмов в условиях радиоактивного
загрязнения»

(наименование разработки, объекта внедрения)

выполненной по теме НИР Изучение биологических активных препаратов на
доступность ¹³⁷Cs растениям природных экосистем радиоактивно загрязненных
районов Могилевской области, номер госрегистрации 20081986

(наименование НИР, номер госрегистрации, финансовый номер)

Разработка использована в учебном процессе кафедры Безопасность
жизнедеятельности, 2012-2013 учебный год.

(кафедра, время внедрения)

Разработка используется в лекционном курсе по дисциплинам «экология» и «защита
населения и ОНХ от ЧС»

(в процессе выполнения лабораторных, курсовых, дипломных работ и др.)

и позволяет получить социальную эффективность от
 (социальную, экономическую)

внедрения: Повышает знание обучающихся о состоянии природных экосистем в
условиях радиоактивного загрязнения

(указать эффективность внедрения)

Описание объекта внедрения прилагается и является неотъемлемой частью Акта.
Изучено видовое разнообразие почвенных микроорганизмов и почвенной
мезофауны. Проведена экологическая группировка изученных организмов;
рассчитаны индексы: индекс суммарного обилия, индексы видового
разнообразия: индекс Менхеника и индекс Маргалефа. Индексы
выравненности: индекс разнообразия Симпсона и Шеннона. Индекс
доминирования: индекс Бергера-Паркера

Зам. проректора по НИЧ

С.Ф. Мельников

Заведующий кафедрой

А.В. Щур

Научный руководитель темы

А.В. Щур

Продолжение приложения Н

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
Белорусско-Российского университета
В.М. Пашкевич

«__» ____ 20__

АКТ

о внедрении результатов НИР в учебный процесс

Настоящий акт составлен об использовании в учебном процессе разработки
«Биологически активные препараты как фактор снижения перехода радионуклидов в растения»

(наименование разработки, объекта внедрения)

выполненной по теме НИР «Изучение влияния биологически активных препаратов на доступность цезия-137 растениям природных экосистем радиоактивно загрязненных районов Могилевской области»,
№госрегистрации 20081986.

(наименование НИР, номер госрегистрации, финансовый номер)

Разработка использована в учебном процессе кафедры «Безопасность жизнедеятельности», 2013-2014 учебный год.

(кафедра, время внедрения)

Разработка используется в лекционных курсах Основы экологии, Защита населения и ОНХ от ЧС, Безопасность жизнедеятельности человека

(в процессе выполнения лабораторных, курсовых, дипломных работ и др.)

и позволяет получить социальную

(социальную, экономическую)

эффективность от внедрения: Повышает знание обучающихся о состоянии природных экосистем в условиях радиоактивного загрязнения

(указать эффективность внедрения)

Описание объекта внедрения прилагается и является неотъемлемой частью Акта.

Установлены коэффициенты накопления и перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr для зеленой массы естественной растительности. Представлена эффективность применения биопрепаратов для уменьшения перехода радионуклидов в продукцию.

Зам. проректора по НИЧ

Заведующий кафедрой

Научный руководитель темы

С.Ф. Мельников

А.В. Щур

А.В. Щур

Продолжение приложения Н



СВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
Белорусско-Российского университета

В.М. Пашкевич

2015

АКТ

о внедрении результатов НИР в учебный процесс

Настоящий акт составлен об использовании в учебном процессе разработки
«Применение фиторемедиации в условиях Беларуси»

(наименование разработки, объекта внедрения)

выполненной по теме НИР «Изучение влияния биологически активных
препаратов на доступность цезия-137 растениям природных экосистем
радиоактивно загрязненных районов Могилевской области»,
№госрегистрации 20081986.

(наименование НИР, номер госрегистрации, финансовый номер)

Разработка использована в учебном процессе кафедры «Безопасность
жизнедеятельности», 2014-2015, 2015-2016 учебные годы.

(кафедра, время внедрения)

Разработка используется: в лекционных курсах «Основы экологии», «Защита
населения и ОНХ от ЧС. Радиационная безопасность», «Безопасность
жизнедеятельности человека»

(в процессе выполнения лабораторных, курсовых, дипломных работ и др.)

и позволяет получить социальную

(социальную, экономическую)

эффективность от внедрения: Повышает знание обучающихся о состоянии
техногенно-нарушенных экосистем и о методах их восстановления

(указать эффективность внедрения)

Описание объекта внедрения прилагается и является неотъемлемой частью Акта.

Предложены технологии предусматривающие восстановление песчаных и супесчаных почв и защиту их от эрозии за счет применения энергосберегающих безотвальных обработок в сочетании с внесением биологически активных и микробиологических препаратов в комплексе со специально подобранными растительными сообществами.

Технологии позволяют восстановить песчаные и супесчаные почвы, подверженные эрозии, загрязненные нефтепродуктами и другими экотоксикантами, получить нормативно-чистую продукцию на радиоактивно-загрязненных территориях.

Зам. проректора по НИЧ
Заведующий кафедрой
Научный руководитель темы

С.Ф. Мельников
А.В. Щур
А.В. Щур