

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)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Владимир – 2016

Работа выполнена в государственном учреждении высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»

Научный консультант: доктор биологических наук
Виноградов Дмитрий Валериевич

Официальные оппоненты: **Воронина Людмила Петровна**
доктор биологических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», ведущий научный сотрудник кафедры агрохимии и биохимии

Лыков Игорь Николаевич
доктор биологических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калужский государственный университет имени К.Э. Циолковского», заведующий кафедрой ботаники, микробиологии и экологии

Гармаш Нина Юрьевна
доктор биологических наук, старший научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Московский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Немчиновка», ученый секретарь

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина»

Защита состоится «9» декабря 2016 г. в 11 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 212.025.07 во Владимирском государственном университете имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, корп. 1, ауд.335.

E-mail: sahno_vlgu@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ВлГУ и на сайте diss.vlsu.ru.
Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просьба присылать по адресу 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, корп. 1, кафедра биологии и экологии.

Автореферат разослан « ___ » _____ 2016 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат биологических наук, доцент

О.Н. Сахно

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 эрозионных 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 возрастают, а отдача вложенного капитала – уменьшается. В результате сельскохозяйственная отрасль оказалась ресурсорасточительной (М.А. Кадыров, 2004, Ф.И. Привалов, 2008).

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 ценологических 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 биогеоценологическими процессами в агроэкосистемах и природных системах для разработки новой концепции ведения сельскохозяйственного производства на биогеоценологических 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 урожая.

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 производительности 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, сохраняющаяся 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 – органоминеральная 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 ¹³⁷Cs 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 биогеоэкологические 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 P₂O₅, 6 кг K₂O); сохранить биоразнообразие почв; снизить затраты на производство продукции (около 8,5 млн. долларов ежегодно по Республике Беларусь).

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 ¹³⁷Cs 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».

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 тех-

нологии 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.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Обзор литературы

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.

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 биогеоэкологическим процессам. На этой основе будет базироваться стратегия сельского хозяйства будущего, основанного на повышении общей биопродуктивности с наименьшими затратами и высокой стабильностью.

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.

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.

Первая попытка объяснить процесс падения плодородия почвы при выращивании сельскохозяйственных культур и восстановления его в период залежи или перелога была сделана А. Тэером. Он сделал вывод, что растение питается перегноем, и что в ходе выращивания культуры истребляют запас перегноя в почве, и поэтому дальнейшие их урожаи снижаются.

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 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.

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. 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.

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, 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.

Большинство экосистемных и биосферных функций почв, выделенных Г. В. Добровольским и Е. Д. Никитиным, связано с органическим веществом, которое является энергетиче-

ским субстратом для обитающих в почве организмов и источником питательных элементов для растений.

Трудами отечественных и зарубежных ученых были установлены основные закономерности разложения и гумификации органических веществ в почве и зависимость этих процессов от климатических условий, биологической активности почвы.

2. Объекты и методы исследований

2.1 Объекты и методика проведения исследований

Опыт 1. Исследования проводились на стационаре в зерно-травянопропашном севообороте в условиях опытного поля Гродненского аграрного университета и на целинном аналоге. Система обработки почвы под культуры – в соответствии с действующими технологическими регламентами по возделыванию культур и экологической направленности, безотвальная с применением комбинированных агрегатов для уменьшения количества проходов техники по полю. Исследования проводились в двух закладках севооборотов со следующим чередованием культур:

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

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).

Внесение удобрений:

1-ая закладка	2-ая закладка
1. Контроль (без удобрений)	1. Контроль (без удобрений)+Байкал-ЭМ1
2. N90P70K80	2. N90P70K80+ Байкал-ЭМ1
3. P70K80	3. P70K80+ Байкал-ЭМ1
4. N60P50K90	4. N60P50K90+ Байкал-ЭМ1
5. Навоз	5. Навоз + Байкал-ЭМ1
6. Навоз+ N60P50K90	6. Навоз +N60P50K90+ Байкал-ЭМ1
7. Навоз+ P50K90	7. Навоз+P50K90+ Байкал-ЭМ1
8. Навоз+ N90P70K80	8. Навоз+N90P70K80+ Байкал-ЭМ1

Опыт закладывали в соответствии с общепринятой методикой (Б.А. Доспехов, 1987). Размер делянок: 40 м² (1-ой закладки), 32м² (2-ой закладки), повторность вариантов – четырехкратная.

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

Опыт 2. Исследования проводились 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. Изучение действия биологически активных препара-

тов (Байкал ЭМ-1 и Феномелан) на урожайность и переход радионуклидов в сельскохозяйственные культуры проводились в звене севооборота в 2002-2012 гг.:

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, в дозах N80P90K120

Система обработки почвы перед посевом включала в себя следующие технологические операции – вспашка, ранневесенняя культивация для закрытия влаги и предпосевная обработка почвы комбинированным агрегатом. Далее возделывание культур проводилось в соответствии с действующими отраслевыми регламентами, внесение удобрений так же проводилось согласно действующим нормативам (во время предпосевной подготовки почвы – хлористый калий, во время посева – двойной суперфосфат и мочевины).

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

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 м², площадь варианта 75 м², повторность трехкратная. Перед и после второй обработки биопрепаратами на указанных участках проведен отбор сопряженных проб растительности (травянистой и кустарничковой) и почвы 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 помповым опрыскивателем. Расход рабочей жидкости 20 см³/м² (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, «Экосил» - 0,15 мл/л воды. Проводились необходимые лабораторные анализы и статистические и математические обработки.

Подготовка проб почвы и растительных образцов к анализам производилась по общепринятым методикам. Для почвенных проб определены основные агрохимические и агрофизические характеристики по общепринятым методикам. 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. Массу корневых и пожнивных остатков изучали методом отбора монолитов. 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. Анализ природного разнообразия почвенных микроорганизмов проводили на основе методов их обнаружения, выделения, культивирования и идентификации.

Математическая и статистическая обработка результатов исследования и построение графиков осуществлялось на персональном компьютере с помощью пакетов прикладных программ. В процессе исследований использовались нормативные материалы, результаты ранее проведенных научных изысканий.

Глава 3 Результаты исследований

3.1 Почвенные условия проведения полевых экспериментов

Изложенные в диссертации экспериментальные данные получены в 1998-2014 гг. на опытном поле Гродненского государственного аграрного университета, опытных участках в Славгородском и Чериковском районах Могилевской области. Полевые опыты проводились в двух различных почвенно-климатических условиях Республики Беларусь.

В Гродненской области – на опытном поле ГГАУ. Почва участков дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на супесях связных, подстилаемых с глубины 40-60 см моренным суглинком, рельеф выровненный. Для описания почвы опытных полей нами были заложены почвенные разрезы. Почва опытных полей 1 и 2 характеризуется высоким содержанием подвижного фосфора, калия, оптимальной реакцией среды, высокой степенью насыщенности основаниями, т.е. обладает достаточно высоким уровнем окультуренности.

Для сравнительной оценки микробиологических процессов в почвах, является необходимостью изучение биологической активности целинного аналога, а так же его агрохимических характеристик. В связи с этим был подобран целинный аналог, по своим показателям достаточно близкий к исследуемой почве опытных полей.

В Могилевской области исследования проводились на почвах сельскохозяйственного землепользования в Славгородском районе и лесных угодьях Чериковского района.

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.

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 A_2 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 ^{137}Cs на опытных участках составляла в среднем по почвам опытных участков: на автоморфной – $14,5 \text{ Ки/км}^2$ (537 кБк/м^2), на полугидроморфной глееватой – $13,3 \text{ Ки/км}^2$ (492 кБк/м^2).

Эксперимент по оценке влияния биологически активных препаратов на переход радиоцезия в лесную растительность нижнего яруса проводился на территории Чериковского района, граничащего со Славгородским районом. Чериковский район – один из наиболее радиоактивно загрязненных районов Могилевской области Беларуси. Был сделан подбор репрезентативных сообществ, расположенных на территориях с различной плотностью радиоактивного загрязнения и заложены экспериментальные площадки: по одной при уровне загрязнения $74-185 \text{ кБк/м}^2$ (в среднем $85,1 \text{ кБк/м}^2$) и $185-555 \text{ кБк/м}^2$ (в среднем $392,2 \text{ кБк/м}^2$). Площадки размещались на территориях, не имеющих признаков оглеения для исключения влияния фактора переувлажнения на результаты эксперимента. Почвы обеих площадок не имеют значимых различий по морфологии и типу эдафотопы и относятся к автоморфному типу.

3.2 Климатические условия проведения полевых экспериментов

Территория Республики Беларусь относится к климатической зоне умеренного климата. Сумма радиационного баланса за год – $1500-1600 \text{ МДж/м}^2$. Годовая сумма суммарной солнечной радиации – $3600-38000 \text{ МДж/м}^2$. 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 $4,0 \text{ м/с}$, атмосферное давление $1018,0-$

1018,5 гПа, в июле средняя скорость ветра 3,0 м/с, атмосферное давление 1012,5-1013,0 гПа. Длительность вегетационного периода составляет в среднем по стране 187-190 суток.

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.

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

Выявлено, что внесение навоза и минеральных удобрений повышает общее содержание микробной биомассы, а известкование снижает общее содержание микроорганизмов и грибного мицелия (рис. 1).

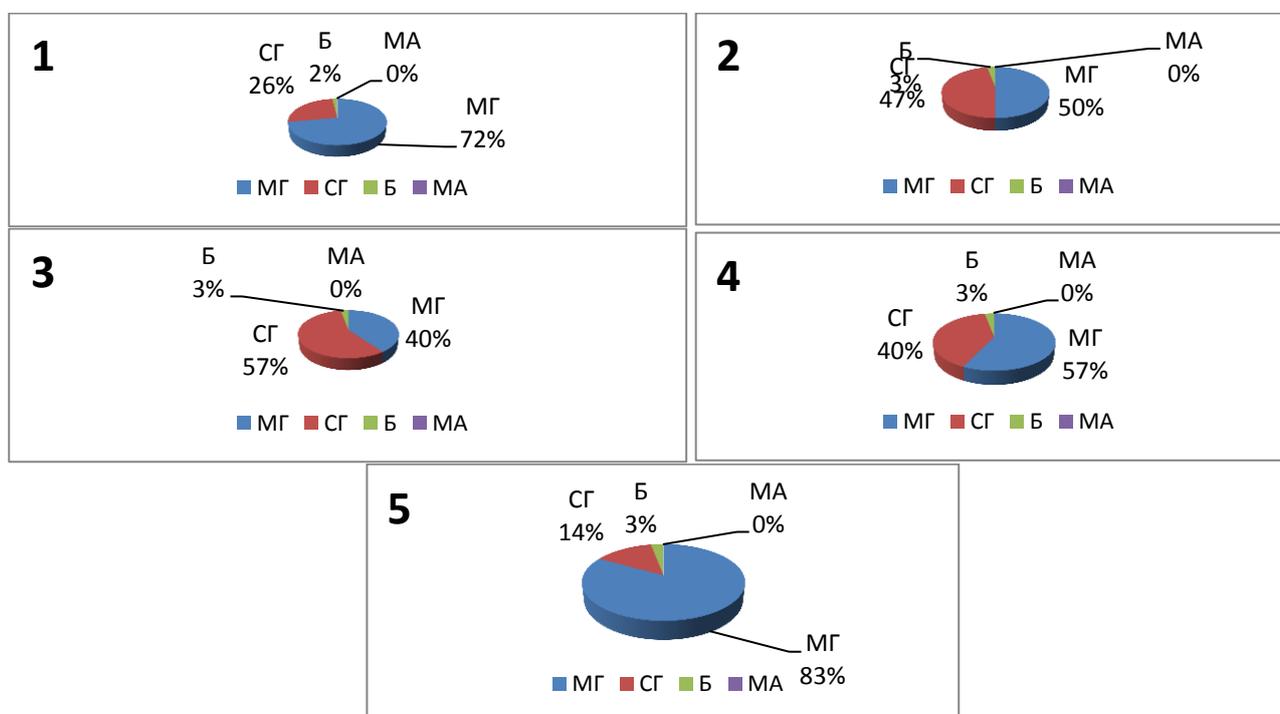


Рисунок 1 – Структура микробной биомассы в пахотном слое при разных вариантах опыта: 1 – без удобрений и извести; 2 – доломитовая мука в дозе, рассчитанной по 1 гидролитической кислотности (г. к.); 3 – то же + 20 т/га навоза; 4 – то же + N100P50K120; 5 – огородная почва; микроорганизмы: МГ – мицелий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

Выявлена взаимосвязь удобрений и способов обработки почвы с численностью бактерий и урожайностью ячменя и клевера 2-го года пользования (табл. 1). 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. Аналогичная картина наблюдалась по другим видам организмов.

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

Таблица 1 – 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 г. пользования	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

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.

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 +

НПК + ас. уд., а также чистый НПК и навоз. 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 + НПК + ас. уд., навоз + ас. уд., НПК + ас. уд., РК + ас. уд.).

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. 2).



Рисунок 2 – Влияние способов основной обработки почвы на количество микроорганизмов, млн шт./1 г воздушно-сухой почвы (в среднем за вегетацию)

Проводимые нами исследования подтверждают данные других 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.

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

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 представление 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.

Показателем интенсивности минерализации фосфорсодержащих органических соединений в почве может служить уровень фосфатазной активности (рис. 3).

Наиболее существенное влияние на активность данного фермента оказывает органическое удобрение. 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.

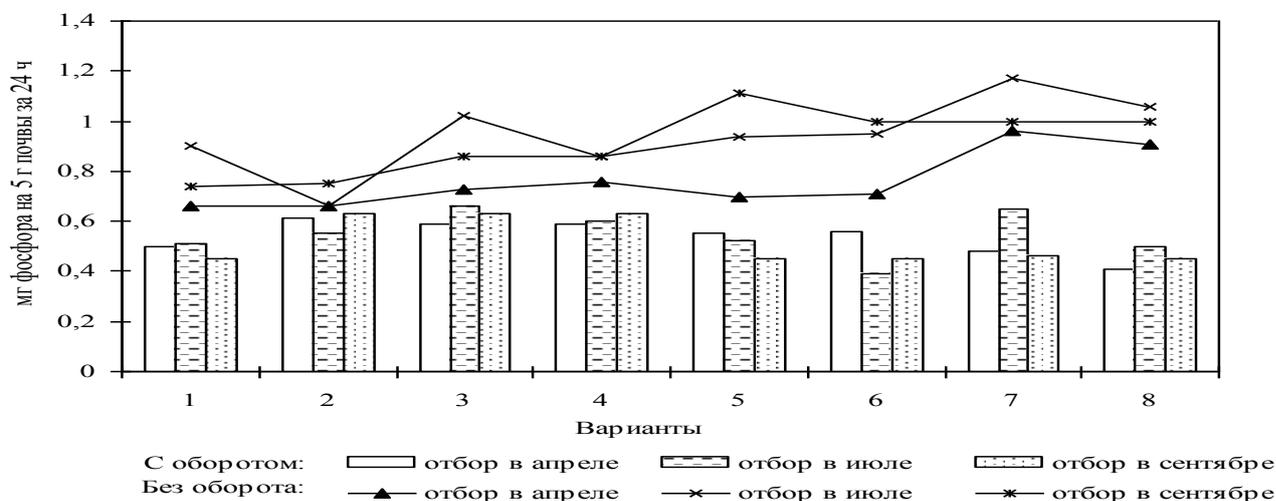


Рисунок 3 – Влияние удобрений и способов обработки почвы на фосфатазную активность
 1 – 40 т навоза; 2 – 40 т навоза + NPK; 3 – 40 т навоза + PK + ас. уд.; 4 – 40 т навоза + NPK + ас. уд.;
 5 – 80 т навоза; 6 – 80 т навоза + NPK; 7 – 80 т навоза + ас. уд.; 8 – 80 т навоза + NPK + ас. уд.

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.

В отношении способа обработки почвы можно констатировать следующее (рис. 3): 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. 4). Только в опыте без оборота пласта в варианте навоз (80 т) + NPK + ас. уд. она была несколько выше (1,39 ед.).

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

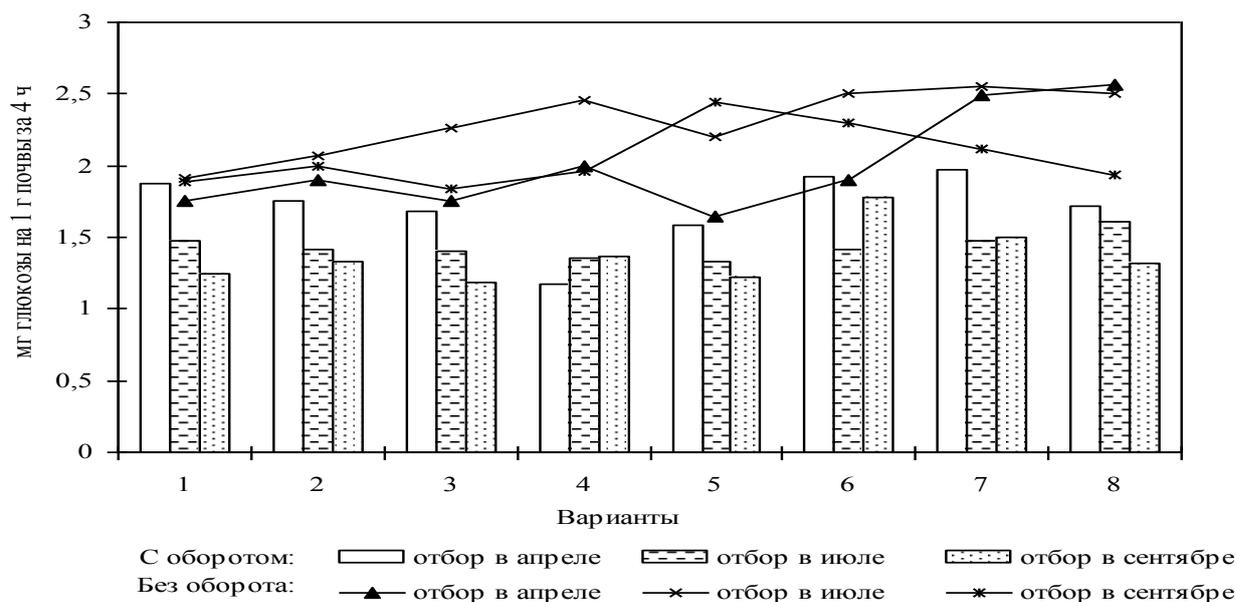


Рисунок 4 – Влияние удобрений и способов обработки почвы на инвертазную активность
 1 – 40 т навоза; 2 – 40 т навоза + NPK; 3 – 40 т навоза + РК + ас. уд.; 4 – 40 т навоза + NPK + ас. уд.;
 5 – 80 т навоза; 6 – 80 т навоза + NPK, 7 – 80 т навоза + ас. уд.; 8 – 80 т навоза + NPK + ас. уд.

Внесение ассоциативных удобрений способствовало определенному росту инвертазной активности на всех вариантах, причем самые высокие показатели отмечены на вариантах 80 т + NPK + 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 органо-минеральные 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).

Наиболее высокая активность ферментов была в целинном аналоге (табл. 2). 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).

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 сельско-

зайственным использованием.

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.

Таблица 2 – Ферментативная активность почвы

Активность ферментов	Целинный аналог		Опытное поле	
	A1	A2	A1	A2
Инвертаза	3,52	0,44	1,25	0,22
Фосфотаза	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

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. Максимальная ферментативная активность почв опытных участков сохранялась в случае безотвальной обработки почв.

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 урожая 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.

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. Так, общее их содержание весной 2000 г. 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). Их содержание по вариантам представлено на рис. 5.

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 %.

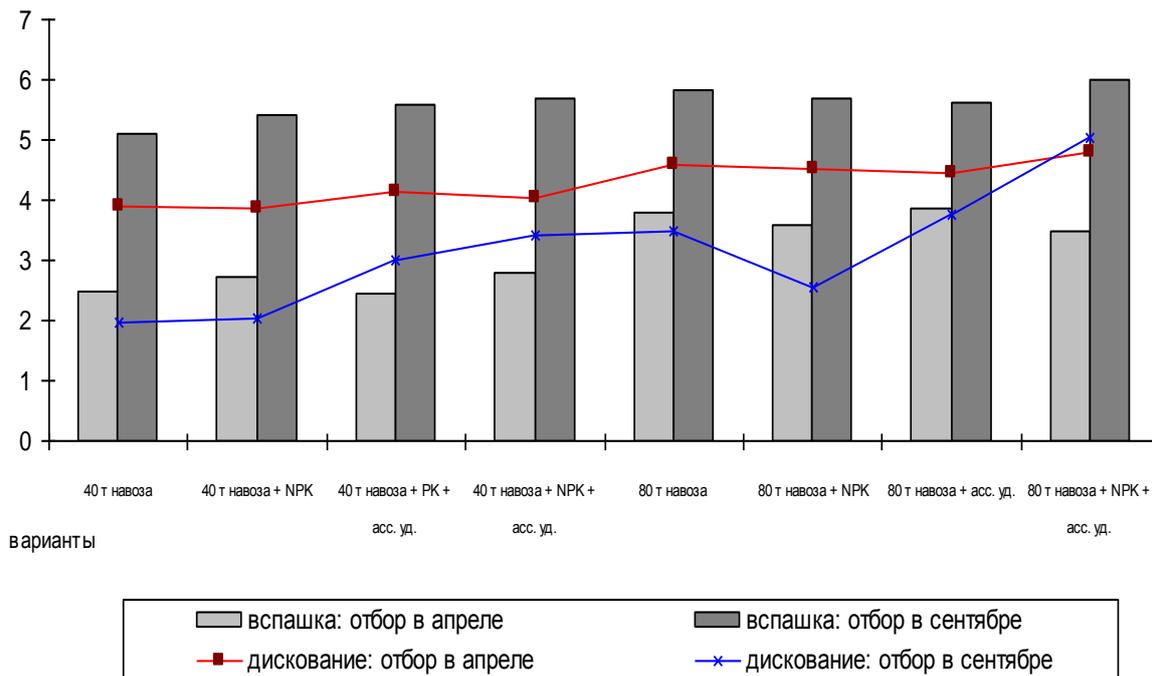


Рисунок 5 – Суммарное содержание свободных аминокислот в дерново-подзолистой супесчаной почве под картофелем, мг/кг почвы

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 %).

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).

Резюмируя, 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 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.

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. 3).

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 растений.

Таблица 3 – Влияние удобрений и способов обработки на целлюлозолитическую активность дерново-подзолистой супесчаной почвы, 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

Резюмируя, следует отметить, что выявлено достоверно благоприятное влияние на целлюлозолитическую активность почвы внесение органических и ассоциативных удобрений. Выявлено, что вспашка снижает целлюлозолитическую активность дерново-подзолистой супесчаной почвы под изученными культурами. В то же 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, нецелесообразно проводить обработки почвы, связанные с оборотом пласта.

Таким образом, 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).

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

Установлена взаимосвязь удобрений и способов обработки почвы с численностью бактерий и урожайностью сельхозкультур. 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 зерновых 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 других культур севооборота.

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. 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.

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

3.7 Агроэкологические особенности накопления корневых и пожнивных остатков

С ростом урожая в основном возрастала и биомасса растительных остатков (рис. 6). 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.

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 сельскохозяйственных культур показали, что минеральные и органические удобрения, а также ассоциативная микрофлора способствуют повышению урожайности и накоплению корневых и пожнивных остатков.

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 расти-

тельных 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 учетная масса растительных остатков после уборки райграса представляла в основном стерню и корни этой культуры. 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.

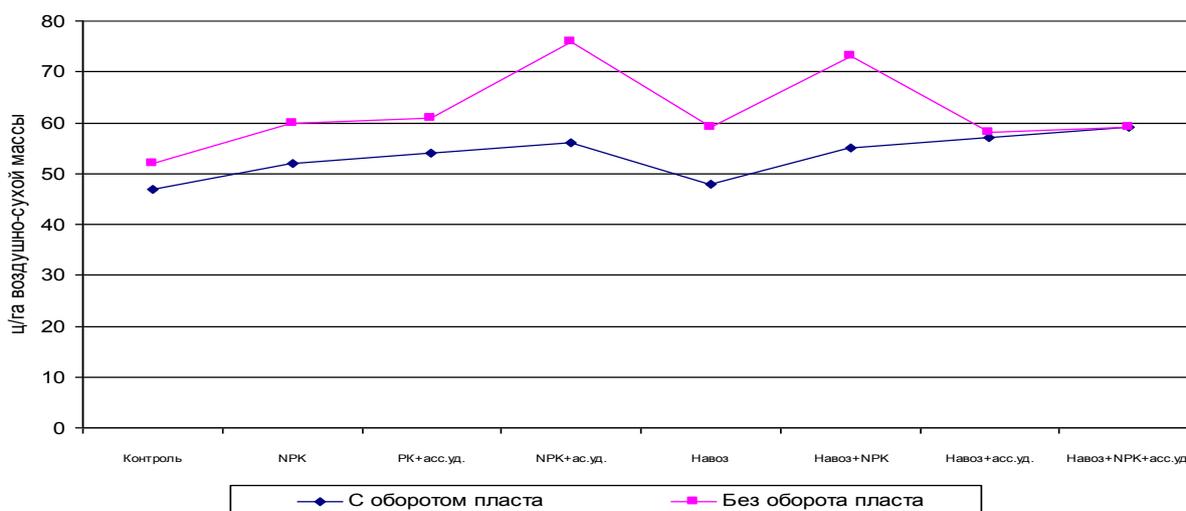


Рисунок 6 – Количество послеуборочных растительных остатков после пелюшко-овсяной смеси и райграса однолетнего

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

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 (табл.4).

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 радионукли-

дов по сравнению с контролем, наблюдались при всех вариантах применения препаратов. Наиболее низкие значения Кп отмечались при комплексной обработке семян и вегетирующих растений.

Таблица 4 – Результаты химического анализа зерна овса

Вариант	Содержание в воздушно-сухой массе, %						
	сырого протеина	жира	клетчатки	зола	Р	К	Са
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
НСР 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 ¹³⁷Cs в пробах зерна и соломы овса, почвы, а также расчетные значения коэффициентов перехода по вариантам опыта приведены в табл.5. Анализ полученных результатов показал, что содержание ¹³⁷Cs 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 ¹³⁷Cs в почве опытных участков колебалось от 930 до 1684 Бк/кг.

Таблица 5 – Результаты определения содержания ¹³⁷Cs 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
1	2	3	4	5	6
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

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6
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	-	-

В таблице 6 приведены результаты спектрометрического определения содержания ⁹⁰Sr в зерне и соломе овса, почве, а также рассчитанные соответствующие значения коэффициентов перехода.

Таблица 6 – Результаты определения содержания ⁹⁰Sr 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 ⁹⁰Sr в зерне ниже предельно-допустимого значения (11 Бк/кг). Содержание ⁹⁰Sr в почве опытных делянок колебалось от 20,0 до 32,9 Бк/кг. Достоверное снижение значения коэффициента перехода ⁹⁰Sr в зерно овса не обеспечил только один вариант опыта – предпосевная обработка семян препаратом «Байкал ЭМ-1».

Результаты исследований, проведенных на территории Могилевской области с эспарцетом, показаны в таблице 7.

Таблица 7 – Параметры перехода ¹³⁷Cs в зеленую массу эспарцета на дерново-подзолистых супесчаных почвах Могилевской области

Варианты	Автоморфная почва		Глееватая почва	
	Удельная активность ± dx _[0,95] , Бк/кг	КП ± dx _[0,95] , Бк/кБк/м ²	Удельная активность ± dx _[0,95] , Бк/кг	КП ± dx _[0,95] , Бк/кБк/м ²
1	2	3	4	5
Контроль (без обработок)	34,2 ± 8,08	0,07 ± 0,041	22,8 ± 0,84	0,06 ± 0,029

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
Предпосевная обработка семян препаратом Байкал ЭМ-1	17,0 ± 0,04	0,04 ± 0,033	13,8 ± 0,09	0,03 ± 0,046
Предпосевная обработка семян препаратами Байкал ЭМ-1+ Феномелан	8,1 ± 0,4	0,04 ± 0,023	6,6 ± 0,02	0,01 ± 0,022
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	7,9 ± 0,3	0,04 ± 0,021	6,5 ± 0,02	0,01 ± 0,021
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	7,7 ± 0,3	0,04 ± 0,019	6,3 ± 0,02	0,01 ± 0,017
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + двукратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	6,3 ± 0,3	0,03 ± 0,027	5,9 ± 0,03	0,01 ± 0,017
Предпосевная обработка семян смесью Байкал ЭМ-1 с Феномелан + трехкратная обработка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	6,1 ± 0,3	0,03 ± 0,021	5,7 ± 0,03	0,01 ± 0,017
НСР 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.

3.8.2 Радиоэкологическая эффективность биологически активных препаратов в лесных экосистемах

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.

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 .

Одно из возможных направлений снижения дозовых нагрузок населения является применение биопрепаратов в лесных экосистемах. Нами проводилась оценка эффективности снижения перехода радионуклидов из почвы в хозяйственно-ценную лесную растительность.

Представленные в таблице 8 данные о коэффициентах перехода подтверждают эффективность использования 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.

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». 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 то же 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 8 – Коэффициенты перехода ¹³⁷Cs в растительность 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

Таким образом, выявлено, что наибольшее, по сравнению с контролем, влияние на минимизацию перехода радионуклидов в травянистую растительность оказал препарат «Экосил» на фоне 74-185 кБк/м². Максимальный эффект по снижению поступления радионуклидов в кустарничковые растительные формы, оказал микробиологический препарат «Байкал ЭМ-1», действие которого просматривалось на двух изученных уровнях радиоактивного загрязнения.

3.9 Экономическая и энергетическая эффективность

3.9.1 Экономическая эффективность применения биологически активных препаратов

Расчеты показали (табл. 9), что дополнительный чистый доход дают все варианты опыта. 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 максималь-

ную 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.

Таблица 9 – 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

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 (таблица10).

Таблица 10– 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 затра- ты на 1 га посева, 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 препара- том Байкал ЭМ-1	19,8	16,0		5,9	158,4	58,4
Предпосевная обработка семян препара- тами Байкал ЭМ-1+ Феномелан	22,8	18,7		8,6	185,1	85,1
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + двукратная обработка вегетиру- ющих растений Байкал ЭМ-1	26,7	23,2		13,1	229,7	129,7
Предпосевная обработка семян Байкал ЭМ-1 + трехкратная обработка вегетирующих рас- тений Байкал ЭМ-1	28,2	39,1		29,0	387,1	287,1
Предпосевная обработка семян смесью Бай- кал ЭМ-1 с Феномелан + двукратная обра- тка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	29,6	42,0		31,9	415,8	315,8
Предпосевная обработка семян смесью Бай- кал ЭМ-1 с Феномелан + трехкратная обра- тка вегетирующих растений Байкал ЭМ-1	37,3	50,3		40,2	498,0	398,0

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7
глееватая 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 пожнивных 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 органико-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 «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.

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 микробиоценоза почвы.

3. Считаем целесообразным активнее расширять посевные площади эспарцета на дерново-подзолистых супесчаных радиоактивно загрязненных почвах Беларуси для сохранения 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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. **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.
2. **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.
3. 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.
4. **Щур, А.В.** Некоторые направления фиторемедиации техногенно поврежденных территорий в Республике Беларусь /А.В. Щур, В.П. Валько, Д.В. Виноградов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. – 2015. – №2 (26). – С.14-20.
5. **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.
6. **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.
7. **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.
8. 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.
9. **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.
10. **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.
11. **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.
12. **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.
13. **Щур, А.В.** Агроэкологические особенности донника белого в условиях радиоактивно загрязненных территорий Беларуси [Электронный ресурс]. / А.В. Щур, В.П. Валько, Д.В. Вино-

градов // АгроЭкоИнфо. – 2016. – №1. Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/1/st_52.doc.

14. **Щур, А.В.** Экологические особенности эспарцета при выращивании на радиоактивно загрязненных территориях Беларуси / А. В. Щур // Плодородие. – 2016. – №1 (88). – С. 44-47.

15. **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.

16. **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

17. **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.

18. **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.

19. **Щур, А.В.** Экологические последствия развития интенсивного земледелия в Республике Беларусь / А.В. Щур, В.П. Валько, Д.В. Виноградов // Проблемы региональной экологии. – 2016. – № 3. – С. 43-48.

20. **Щур, А.В.** Экологическая структура сообщества почвенных беспозвоночных животных леса в условиях радиоактивного загрязнения территорий Республики Беларусь / А.В. Щур, В.П. Валько, Д.В. Виноградов [Электронный ресурс]. // АгроЭкоИнфо. – 2016. – №3 (25). Режим доступа: <http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/3/>

Монография

21. Валько В.П. Особенности биотехнологического земледелия / В.П. Валько, **А.В. Щур**// Минск: БГАТУ. 2011. – 192 с.

Статьи в других изданиях

22. 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.

23. Валько, В.П. Как правильно обрабатывать почву / В.П. Валько, **А.В. Щур**, О.В. Валько // Агропанорама. – 2006. – №4. – С. 27-31.

24. 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.

25. 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.

26. **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.
27. 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.
28. **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 и ахова раслін. – 2009. – №4. – С. 23-26
29. **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.
30. 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.
31. Валько, В.П. Неиспользуемые резервы, или как повысить эффективность сельскохозяйственного производства / В.П. Валько, **А.В. Щур**, И.Н. Макара, 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.
32. **Щур, А.В.** Резервы повышения эффективности сельскохозяйственного производства / А.В. Щур, В.П. Валько // Белорусское сельское хозяйство. – 2010. – №8 (100). – С. 37–41.
33. 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.
34. **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.
35. **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.
36. Валько, В.П. Роль управленческих решений в повышении эффективности сельскохозяйственного производства / В.П. Валько, **А.В. Щур**, И.Н. Макара // 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.
37. 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.
38. **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.
39. **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
40. 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.
41. **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.
42. **Щур, А.В.** Динамические процессы в популяциях ризосферных микроорганизмов естественных лесных экосистем в условиях радиоактивного загрязнения / А.В. Щур, А.А. Шумигой // 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.
43. **Щур, А.В.** Агроэкологические особенности применения биологически активных препаратов в 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.
44. 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 между. 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.
45. 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 между. 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.
46. 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.
47. **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.
48. 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** // АгроЭкоИнфо. – 2015. – №5. Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/5/st_21.doc.
49. 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.
50. **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.

51. 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 . В 3 ч. Ч.3. – С.324-333.

Свидетельства о регистрации компьютерных программ

52. Свидетельство о регистрации компьютерной программы №838 от 08.12.2015 г., заявка №С20150098 от 16.10.2015 г. «Zanulenie» / **А.В. Щур**, Д.В. Киршин

53. Свидетельство о регистрации компьютерной программы №839 от 08.12.2015 г., заявка №С20150099 от 16.10.2015 г. «Zazemlenie» / **А.В. Щур**, Д.В. Киршин

Учебные пособия

54. Кундас, С.П. Управление в энергетике / С. П. Кундас, М. И. Кулик, О. А. Кучинский, Л. Молигорис, К. Павличкова, В. А. Пашинский, А. Ю. Скриган, А. Д. Шкарубо, **А. В. Щур**; под ред. д.т.н., профессора С. П. Кундаса.– Минск : МГЭУ им. А.Д. Сахарова. – 2014. – 259 с. (с. 110-131)

Учебно-методические работы

55. **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.

56. **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.

Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная
Тираж 200 экз. Заказ №
подписано в печать . .2016

Издатель и полиграфическое исполнение
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»
Республика Беларусь, г. Могилев, проспект Мира, 43, 212030
ЛИ № 02330/375 от 29.06.2004 г.