

На правах рукописи



**Крюков Геннадий Михайлович**

**ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ БИОЛОГИЗАЦИИ И ОСНОВНОЙ  
ОБРАБОТКИ НА ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА  
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО, УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО  
КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЛЕСОСТЕПИ ЦЧР**

Специальность 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

ВОРОНЕЖ  
2026

Диссертационная работа выполнена в 2022-2025 гг. в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

**Научный руководитель:** доктор с.-х. наук, профессор **Дедов Анатолий Владимирович**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», кафедра земледелия и защиты растений, профессор

**Официальные оппоненты:** **Гулидова Валентина Андреевна** доктор с.-х. наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина», кафедра агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, профессор;

**Жеряков Евгений Викторович** кандидат сельскохозяйственных наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», кафедра растениеводства и лесного хозяйства, доцент

**Ведущее учреждение:** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»

Защита диссертации состоится «18» марта 2026 г. в 10:00 в ауд. 268 на заседании диссертационного совета 35.2.008.04, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1; тел./факс: +7(473) 253-86-51; e-mail: d220.010.03@mail.ru.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ и на сайте [www.ds.vsau.ru](http://www.ds.vsau.ru). («Диссертационные советы» – «Защиты» – «35.2.008.04»), а также по ссылке <https://ds.vsau.ru/?p=13099>

Автореферат разослан 12 февраля 2026 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные и скрепленные гербовой печатью организации, просим направлять ученому секретарю диссертационного совета.

Ученый секретарь диссертационного совета



Вашенко Т.Г.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** В структуре посевных площадей ЦЧР сахарная свекла и другие пропашные культуры занимают до 25–30%. При возделывании сахарной свеклы в ЦЧР традиционно применяется отвальная основная обработка почвы на 25–27 см, что увеличивает минерализацию органического вещества черноземов, снижает их плодородие. Поэтому в настоящее время является актуальной проблема разработки ресурсосберегающей технологии возделывания сахарной свеклы с использованием приемов биологизации. Для получения стабильно высокого урожая и сохранения плодородия черноземов при снижении производственных затрат необходимо использование безотвальной или поверхностной обработок. В связи с этим требуется изыскивать дополнительные более дешевые источники пополнения запасов органического вещества почвы в севооборотах с сахарной свеклой, например использование на удобрение некормовой соломы, сидератов (в пару и пожнивно) и их сочетания с техногенными факторами. Особенно ценными будут исследования, проведенные при длительном применении данных приемов в многофакторных стационарных опытах. Это послужило основанием проведения исследований.

**Степень разработанности проблемы.** Изучением влияния удобрений и основной обработки почвы на её плодородие в ЦЧР занимались многие ученые: О.К. Боронтов [2022], А.Ф. Витер [2011], Н.И. Картамышев [2012], В.И. Кирюшин [1991], О.Г. Котлярова [1998], В.А. Гулидова [2000], Т.А. Трофимова [2014], О.А. Минакова [2023], С.И. Коржов [2006], В.М. Гармашов [2018], А.В. Дедов [2000] и др. Их работы послужили разработке систем удобрений и основной обработки почвы в севооборотах. Комплексное изучение влияния применения основной обработки почвы и удобрений на плодородие почв продолжено в стационарных опытах Белгородского ГАУ [1998], Курского ФАНЦ [2000], Брянского ГАУ [2023]. ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова [2023], Воронежского ГАУ [2000], Воронежского ФАНЦ им. В.В. Докучаева [2018]. Несмотря на большое количество опубликованных результатов исследований, в настоящее время отсутствует единое мнение о необходимости использования различных приемов биологизации и основной обработки почвы при выращивании сахарной свеклы. Проблемы влияния приемов биологизации на количественные и качественные параметры общего гумуса и его лабильных форм были предметом исследований многих учёных (Королев Н.Н., 1979; Воронков В.А., 1983; Зезюков Н.И., 1993; Дедов А.В., 2000; Сотников Б.А., 2004; Тарабрина Г.Г., 2006; Несмеянова М.А., 2014, Дедов А.А., 2016 и др.). При этом ряд аспектов влияния приемов биологизации и основной обработки почвы под сахарную свеклу на количественные и качественные параметры, на динамику лабильных форм органического вещества почвы по-прежнему остаются недостаточно проработанными, а некоторые опубликованные данные носят дискуссионный характер, что и определило выбор направления, цели и задач диссертационного исследования.

**Цель исследования** – научное обоснование длительного применения различных приемов биологизации и способов основной обработки почвы под сахарную свеклу, выявление характера их влияния на темпы накопления и разложения растительных остатков культур севооборотов, изменения показателей почвенного плодородия, урожай и качество корнеплодов культуры в условиях лесостепи ЦЧР.

**В ходе исследования решались следующие задачи:**

1. Выявить особенности влияния длительного использования приемов биологизации и основной обработки почвы на темпы накопления, разложения биомассы и количество растительных остатков прошлых лет при возделывании сахарной свеклы.

2. Определить влияние длительного использования приемов основной обработки почвы и биологизации на динамику изменения содержания общего гумуса и его подвижных форм (детрита, водорастворимой и подвижной фракций) в почве под сахарной свеклой.

3. Установить количественные и качественные показатели урожая корнеплодов сахарной свеклы при длительном использовании приемов биологизации и основной обработки почвы.

4. Дать экономическую и энергетическую оценку изучаемых в опыте приемов биологизации и основной обработки почвы под сахарную свеклу.

**Научная новизна диссертационного исследования:**

– получены экспериментальные данные по химическому составу растительных остатков культур севооборота в чистом виде, смесей их биомассы, позволяющие снизить соотношение углерода к азоту на 20–22 единицы, что позволит увеличить темпы их разложения в 1,1–1,4 раза;

– установлено, что на величину запаса остатков прошлых лет в почве под той или иной культурой оказывают влияние погодные условия в период разложения. Ухудшение этих условий способствует увеличению периода их разложения и повышению в пахотном слое почвы массы остатков прошлых лет;

– теоретически и практически обосновано использование приемов биологизации (замена чистого пара на сидеральный или занятый горчицей сарептской) при возделывании сахарной свеклы в зоне недостаточного увлажнения. Запашку пожнивного сидерата необходимо проводить совместно с соломой при внесении минеральных удобрений в дозе 150 кг/га д.в., что способствует повышению содержания общего гумуса на 0,2–0,6%, детрита на 4–38%, щелочерастворимого и водорастворимого гумуса соответственно на 104,9% и 4–41%, при равномерном распределении их в пахотном слое почвы;

– рекомендовано производству в зоне недостаточного увлажнения использование приемов биологизации на фоне вспашки и безотвального рыхления на 25–27 см, что по отношению к неудобренному контролю приводило к повышению урожая корнеплодов сахарной свеклы в 1,6–1,8 раза, сахаристости на 0,3–1,9%, чистый доход на 20–41 тыс. руб., коэффициент энергетической эффективности при бездефицитном балансе гумуса до 2,8–3,0.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключается в научном обосновании выбора приемов основной обработки почвы и биологизации в технологии выращивания сахарной свеклы. Полученные результаты расширяют знания о влиянии приемов биологизации и основной обработки почвы на содержание гумуса и его лабильных форм, что позволит при их рациональном применении сохранить плодородие чернозема выщелоченного, повысить продуктивность сахарной свеклы. Доказано положительное влияние приемов биологизации на биологические свойства почвы за счет регулирования скорости разложения растительных остатков культур севооборотов.

Установлена положительная корреляционная связь урожая корнеплодов сахарной свеклы с содержанием в пахотном слое почвы детрита ( $r=0,42-0,75$ ), общего гумуса ( $r=0,68-0,76$ ), водорастворимого ( $r = 0,75 - 0,80$ ) и подвижного гумуса ( $r = 0,69-0,78$ ), биомассы растительных остатков ( $r = 0,88-0,88$ ).

Научные результаты изучения скорости разложения растительных остатков, накопления биомассы остатков прошлых лет в севооборотах с сахарной свеклой целесообразно использовать при корректировке доз удобрений для получения запланированного урожая.

**Положения, выносимые на защиту:**

- приемы биологизации увеличивают в 1,3–3,5 раза темпы накопления массы растительных остатков, их смешивание с пожнивным сидератом повышает темпы их разложения в 1,1–1,4 раза, что способствует большему накоплению (на 0,2%–0,6%) общего гумуса;

- различные приемы биологизации на фоне вспашки на 25–27 см повышают содержание детрита на 4–38%, щелочерастворимого и водорастворимого гумуса соответственно на 10–49% и 4–21%, при равномерном распределении их в пахотном слое почвы;

- приемы биологизации на фоне вспашки на 25–27 см повышают урожай корнеплодов сахарной свеклы в 1,6–1,8 раза, сахаристость на 0,3–1,9%, чистый доход на 20–41 тыс. руб., коэффициент энергетической эффективности при бездефицитном балансе гумуса до 2,9–3,0 по отношению к контрольному варианту.

**Степень достоверности и апробация результатов** диссертационного исследования подтверждена соблюдением методических требований к постановке полевых опытов, выполнением анализов большого количества фактического научного материала о динамике показателей плодородия почв, фактическими данными, полученными в ходе проведения многофакторного полевого опыта за 2022–2024 гг., а также использованием методов статистической обработки результатов исследования.

Основные положения, изложенные в диссертации, были доложены и получили одобрение на международных научно-практических конференциях в Луганске, (2023), Воронеже (2023, 2024), Ставрополе (2023), Белгороде (2024) и на конференциях профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов Воронежского ГАУ в 2023–2025 гг.

Производственная проверка проводилась в ООО «Май» Липецкого района Липецкой области на площади 100 га и ООО «Задонье» Задонского района Липецкой области на площади 100 га. Она показала, что приемы биологизации увеличивают урожайность сахарной свеклы на фоне занятого 9 пара на 5–8 т/га, сидерального – на 7–9 т/га, чистый доход – на 18–40 тыс. руб. при высокой рентабельности производства. Результаты исследований могут быть использованы в учебном процессе в курсах общего земледелия, растениеводства, агропочвоведения, агроэкологии студентами агрономических специальностей.

**Публикация результатов исследования.** Основные результаты диссертационного исследования нашли отражение в 12 печатных работах, в том числе 3 работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

**Личный вклад соискателя** состоит в непосредственном участии на всех этапах исследования, включая обоснование выбора темы, формулирование цели и задач исследования, разработку содержания глав и разделов, изучение и анализ специальной отечественной и зарубежной литературы по теме исследования. Соискателем самостоятельно выполнен анализ полученных данных, сформулированы основные выводы и предложения производству, подготовлены к публикации 12 научных статей по теме исследования, оформлена диссертационная работа. Доля участия автора 80%.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертационной работы вытекает из логики проведенного исследования и состоит из введения, 7 глав, заключения, списка литературы и приложений. Основные результаты изложены на 149 страницах текста компьютерной верстки, содержащего 17 таблиц, 10 рисунков, 30 приложений, список литературы, включающий 204 наименования, в том числе 12 на иностранных языках.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

*В первой главе* раскрыто состояние проблемы, обоснована актуальность темы исследования, поставлены цели и задачи, представлены выносимые на защиту положения, отражена научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследования, изложена методология и методы исследований, раскрыта степень достоверности и апробации работы, а также указан личный вклад автора, количество публикаций по теме исследования, структура и объем диссертации.

*Во второй главе* приведен анализ результатов исследований отечественных и зарубежных авторов по изучению влияния на основные показатели плодородия почвы и урожайность культур различных приемов биологизации (соломы, сидератов в пару и пожнивно на фоне внесения различных доз минеральных удобрений) и обработки почвы. Выявлены основные противоречия мнения ученых по формированию плодородия почвы

под влиянием различных факторов. Это обозначило актуальность проведения исследований.

**В третьей главе** рассмотрены почвенно-климатические условия района проведения исследований, приведены объекты, методика и техника научного исследования.

Исследования по комплексному влиянию приемов биологизации, основной обработки почвы и системы удобрений на плодородие почвы и урожайность сахарной свеклы проводили в многофакторном стационарном опыте кафедры земледелия Воронежского ГАУ «Определение оптимального сочетания биологических, экологических и техногенных приемов повышения плодородия черноземных почв».

По величине гидротермического коэффициента годы исследований были различными. Так, 2024 г. был сухим (ГТК – 0,47), 2022 г. – избыточно увлажненным (ГТК = 1,64), 2023 г. – влажным (ГТК = 1,6).

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, среднесиловый тяжелосуглинистый с содержанием гумуса в пахотном слое 4,0–4,4%. Гидролитическая кислотность – 4 мг-экв. /100 г почвы, насыщенность основаниями 85%,  $pH_{сол.} = 6,3\%$ , содержание подвижного фосфора по Чирикову – 6,8-13,0 мг/100 г, обменного калия по Масловой – 16-28 мг/100 г абсолютно сухой почвы.

Схема опытов: **Опыт 1.** Определение оптимального сочетания биологических и техногенных приемов повышения плодородия черноземов. Опыт запланирован и заложен доктором сельскохозяйственных наук, профессором Н.И. Зезюковым в 1995 году. Схема опыта включает различные дозы и сочетания минеральных и органических удобрений в 4-х польном севообороте. Его схема: пар (занятый и сидеральный) – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень.

**Фактор А** – способ обработки почвы

1. Вспашка на 25–27 см (контроль).
2. Безотвальное (чизельное) рыхление на 25–27 см.
3. Мелкое (дисковое) рыхление на 12–14 см.

**Факторы С** – звено севооборота:

1. Занятый пар (ЗП) – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень.
2. Сидеральный пар (СП) – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень.

**Фактор В** – система удобрений:

1. ЗП (контроль).
2. ЗП + (NPK)<sub>50</sub> + пожнивной сидерат (Ск) + солома озимой пшеницы (Соп).
3. ЗП + (NPK)<sub>100</sub> + Ск + Соп.
4. ЗП + (NPK)<sub>150</sub> + Ск + Соп.
5. ЗП + (NPK)<sub>200</sub> + Ск + Соп.
6. СП.
7. СП + (NPK)<sub>50</sub> + Ск + Соп.
8. СП + (NPK)<sub>100</sub> + Ск + Соп.
9. СП + (NPK)<sub>150</sub> + Ск + Соп.
10. СП + (NPK)<sub>200</sub> + Ск + Соп.

**Фактор Д** – слои почвы: 0–10, 10–20, 20–30, 30–50 см.

Размещение вариантов в стационарном опыте рендомизированное, повторность трехкратная. Севообороты представлены всеми полями в пространстве. Общий размер делянки – 240 м<sup>2</sup>, учетной – 120 м<sup>2</sup>.

**Опыт 2.** Разложение растительных остатков культур севооборотов. Микроделяночный полевой опыт заложен в 2021 г. в условиях стационарного опыта, исследования проводились в 2022–2024 гг. Схема опыта:

1. Скорость разложения послеуборочных растительных остатков культур в капроновых мешочках (Ганжара Н. Ф., 2002): горчицы сарептской, сахарной свеклы, озимой пшеницы, ячменя в чистом виде и озимой пшеницы, ячменя в смеси с горчицей сарептской.

2. Скорость разложения растительных остатков этих же культур, но при ежегодном добавлении к ним остатков других культур (по схеме севооборота: горчица сарептская – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень).

Агротехника возделывания сахарной свеклы в опыте общепринятая для лесостепной зоны Воронежской области, кроме изучаемых приемов биологизации и способов основной обработки почвы.

**Методика проведения исследований.** Образцы для определения массы корневых остатков отбирали по Станкову (Станков Н.З., 1964), буром до глубины 30 см в 3-х кратной повторности. Выделение корневых остатков из почвы проводили методом декантации в воде, сливая всплывшие корни (и другие органические остатки) через сито с диаметром отверстий 0,25 мм. После отмывки растительные остатки высушивали до абсолютно сухого состояния и взвешивали.

Содержание в растительных остатках углерода определяли по Анстету, общего азота, фосфора и калия – по методу Гинзбурга.

Содержание в почве общего, водорастворимого и подвижного гумуса определяли по Тюрину в модификации Симакова (окисление по Никитину) (ГОСТ 26213-91). Детрит – по методике ТСХА (Ганжара Н. Ф., 2002).

Урожай сахарной свеклы убирали с учетной площади вручную.

Все результаты анализов обрабатывали методом дисперсионного и корреляционного анализа с использованием типовых программ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

**В четвертой главе** рассмотрены вопросы влияния различных приемов биологизации и основной обработки почвы на содержание, химический состав, разложение, накопление растительных остатков прошлых лет в пахотном слое почвы под сахарной свеклой.

**Содержание растительных остатков.** Приемы биологизации и вспашка на 25–27 см повышали биомассу растительных остатков в пахотном слое почвы под сахарной свеклой по сравнению с контролем в звене севооборотов с занятым паром на 1,2–5,6 т/га, с сидеральным – на 2,1–5,6 т/га (Рисунок 1).



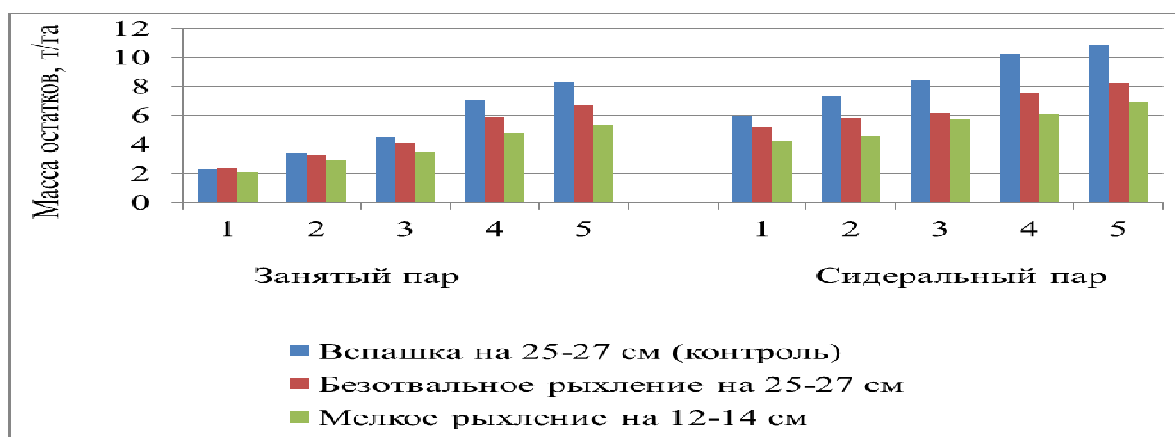


Рисунок 1– Масса растительных остатков в пахотном слое почвы под сахарной свеклой при длительном использовании приемов биологизации и различных способов основной обработки почвы, т/га (2022–2024 гг.)

Обозначение: Здесь и далее **Занятый пар**: 1– 3П (неудобренный контроль). 2. 3П + (NPK)<sub>50</sub> + Ск + Соп. 3. 3П + (NPK)<sub>100</sub> + Ск + Соп. 4. 3П + (NPK)<sub>150</sub> + Ск + Соп. 5. 3П + (NPK)<sub>200</sub> + Ск + Соп. **Сидеральный пар**: 1. СП. 2. СП + (NPK)<sub>50</sub> + Ск + Соп. 3. СП + (NPK)<sub>100</sub> + Ск + Соп. 4. Пар + (NPK)<sub>150</sub> + Ск + Соп. 5. СП + (NPK)<sub>200</sub> + Ск + Соп.

По сравнению со вспашкой на 25-27 см при безотвальной обработке на 25–27 см было отмечено снижение массы растительных остатков на фоне звеньев севооборотов с занятым паром на 1,1–4,5 т/га, с сидеральным – на 0,5–2,6 т/га, а при поверхностном рыхлении на 12–14 см – соответственно на 0,5–3,1 т/га и на 0,2–2,5 т/га.

Растительные остатки по-разному распределялись в пахотном слое почвы: при вспашке на 25–27 см в слоях 0–10, 10–20 и 20–30 см их количество составляло соответственно 31–36%, 31–37% и 31–36%; при безотвальной на 25–27 см – 38–40%, 33–36% и 25–27%; при поверхностном рыхлении на 12-14 см – 36–40%, 34–38% и 25–27%.

**Химический состав растительных остатков.** Проведенные исследования показали, что растительные остатки в чистом виде и их смеси различались между собой по содержанию углерода, азота, фосфора, калия, а также соотношению углерода и азота (C : N) (Таблица 1).

Таблица 1 – Содержание углерода, азота, фосфора, калия (%), соотношение углерода к азоту (C : N) в растительных остатках, 2022-2024 гг.

Вид остатков (культура, смесь культур)	Химический состав растительных остатков культур, %				Соотношение C:N
	C	N	P	K	
1. Солома ячменя (Ся)	48	0,55	0,27	1,10	87
2. Горчица сарептская (ГС <sub>п</sub> )	35	0,81	0,22	1,20	43
3. Солома озимой пшеницы (С <sub>оз</sub> )	46	0,49	0,15	0,99	94
4. Ботва с/свеклы	30	1,22	0,48	2,94	25
5. Ся + ГС <sub>п</sub>	40	0,73	0,25	1,05	55
6. С <sub>оз</sub> + ГС <sub>п</sub>	42	0,59	0,23	1,10	71
НСР <sub>05</sub>	2,1	0,12	0,02	0,05	-

Растительные остатки культур по содержанию углерода можно расположить в следующем убывающем порядке: солома ячменя и озимой пшеницы, горчица сарептская, ботва сахарной свеклы.

При добавлении к соломе ячменя и озимой пшеницы зеленой массы горчицы сарептской содержание углерода достоверно снижалось соответственно на 8 и 4 %. Больше всего азота содержали остатки ботвы сахарной свеклы и горчицы сарептской. В биомассе зерновых культур и их смесей содержание азота составило от 0,49 до 0,73%.

По содержанию фосфора остатки культур севооборота (за исключением соломы озимой пшеницы, ботвы сахарной свеклы, где содержание этого элемента доходило до 0,15 и 0,48%) практически не различались.

Растительные остатки культур севооборота по содержанию калия можно расположить в следующем убывающем порядке: ботва сахарной свеклы, горчица сарептская, солома ячменя, солома озимой пшеницы.

Исследования показали, что растительные остатки культур севооборотов различаются по соотношению углерода и азота. В остатках ботвы сахарной свеклы C:N составляло 25. На остальных вариантах опыта данное соотношение варьировало от 43 до 87.

По соотношению C: N растительные остатки культур можно расположить в следующем убывающем порядке: солома озимой пшеницы, солома ячменя, зеленая масса горчицы сарептской, ботва сахарной свеклы. Смешивание соломы ячменя и озимой пшеницы с горчицей сарептской снижало соотношение C: N соответственно до 55 и 71.

При ежегодном поступлении в пахотный слой почвы растительных остатков при выращивании сахарной свеклы на фоне различных приемов биологизации и основной обработки важно знать их химический состав, который влияет на скорость их разложения.

Установлено, что содержание углерода на фоне отвальной обработки варьировало от 42,4 до 49,9%, безотвальной – от 42,2 до 49,0 %, поверхностной – от 42,3 до 48,2 %.

Содержание азота на фоне отвальной обработки варьировало от 0,32 до 0,56 %, безотвальной – от 0,31 до 0,44 %, поверхностной – от 0,31 до 0,41 %.

Содержание фосфора на фоне отвальной обработки варьировало от 0,16 до 0,0,22 %, безотвальной и поверхностной обработок – от 0,16 до 0,20 %.

Содержание калия на фоне отвальной обработки варьировало от 0,86 до 0,93 %, безотвальной и поверхностной обработок – от 0,86 до 0,92 %.

По содержанию фосфора и калия различия по обработкам были в пределах ошибки опыта. Это объясняется тем, что послеуборочные остатки зерновых содержат меньше легкодоступных микроорганизмам соединений и больше трудноразлагаемых (лигнина, воска, смол) по сравнению с сахарной свеклой и горчицей сарептской.

Отмеченные изменения можно объяснить увеличением темпов деструкции биомассы культур севооборотов за счет поступления остатков пожнивного сидерата, обогащенного азотом.

Соотношение углерода и азота на удобренных вариантах всех способов основной обработки варьировало от 132 до 135. На удобренных вариантах при вспашке на 25–27 см оно изменялось от 84 до 108, при безотвальной обработке на 25–27 см – от 106 до 129, поверхностном рыхлении на 12–14 см – от 115 до 133.

**Разложение растительных остатков.** Исследования показали, что в течение первого года наиболее интенсивно разлагались послеуборочные остатки сахарной свеклы (66,0%), горчицы сарептской (58,0%), медленнее – ячменя (28,0%) и озимой пшеницы (26,0%) (Рисунок 2).

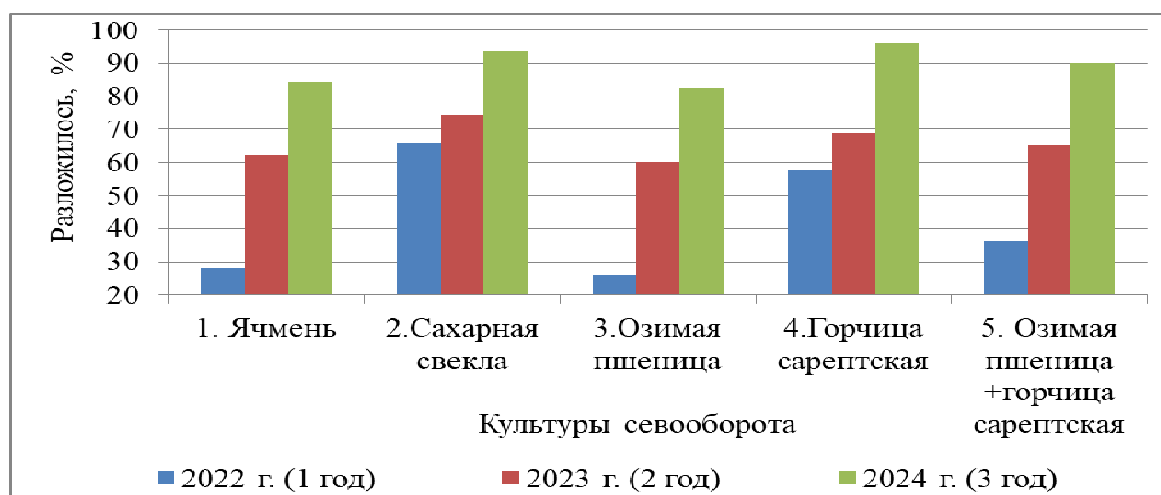


Рисунок 2 – Скорость разложения растительных остатков полевых культур (разложилось от исходного %, 2022–2024 гг.).

Примечание: НСР<sub>05</sub> в 2022 г. = 1,3; 2023 г. = 1,1; 2024 г. = 1,5.

Скорость разложения послеуборочных остатков в течение второго года определялась в основном степенью их разложения в предыдущий период. Чем больше их разлагалось в первый год, тем меньше их подверглось деструкции во второй.

За второй год масса остатков уменьшилась: сахарной свеклы до 74,7%, горчицы сарептской до 68,8%, ячменя до 62,3%, озимой пшеницы до 60,1%.

В течение третьего года разлагалось 18,8–27,3% послеуборочных остатков, что связано с недостатком субстрата для разложения. За это время биомасса сахарной свеклы и горчицы сарептской практически полностью разложилась, а растительные остатки ячменя и озимой пшеницы только на 84,5–82,5%. Смешивание соломы озимой пшеницы с пожнивным сидератом (горчицей сарептской) увеличивала темпы разложения в 1,1–1,4 раза.

В целом по массе, разложившейся за три года, культуры можно расположить в следующем убывающем порядке: горчица сарептская – сахарная свекла – озимая пшеница + горчица сарептская – ячмень – озимая пшеница. Скорость разложения послеуборочных остатков определяется факторами, среди которых наиболее значимыми являются гидротермические условия в период их разложения. Выше темпы разложения были в 2022 и 2023 гг., тогда как в 2024 г. они снижались, что связано с засушливыми погодными условиями.

**Накопление растительных остатков прошлых лет.** Поступление в пахотный слой почвы послеуборочных негумифицированных остатков происходит ежегодно (стерня, корни и т.д.), поэтому там всегда присутствует определенный запас растительных остатков прошлых лет, которые находятся на разной стадии разложения. Запас в почве остатков прошлых лет предохраняет от потерь биогенные элементы, определяет возможности новообразования гумусовых веществ, так как продукты разложения этой части растительных остатков важны для устойчивости гумусовых веществ. В этой связи представляет значительный научный и практический интерес изучение формирования в почве запаса остатков прошлых лет под различными полевыми культурами и в целом по севообороту.

Установлено, что при разложении свежих послеуборочных остатков относительная масса остатков прошлых лет (в % к ежегодно поступающей биомассе), накопившаяся в почве после первого года разложения, составляла: сахарной свеклы – 41%; озимой пшеницы – 75 %; горчицы сарептской – 77 %, ячменя – 74% (Таблица 2).

Таблица 2 – Темпы накопления остатков прошлых лет культурами севооборота, %

Культура	Неразложившийся остаток		
	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Ячмень	72,0	37,7	15,5
Сахарная свекла	34,0	25,3	6,5
Озимая пшеница	74,0	39,9	17,5
Горчица сарептская	23,0	31,2	3,9
НСР <sub>05</sub>	1,3	1,1	1,5

На второй год разложения этот запас уменьшался в 2,4–3,4 раза по всем культурам, на третий год в 2,1–10,2 раза.

При этом следует отметить, что остатки сахарной свеклы разложились полностью за три года, а зерновых культур – на 13,5–16,2%.

Темпы накопления остатков прошлых лет зависят от многих факторов, среди которых наиболее значимыми являются гидротермические условия в период их разложения.

В связи с тем, что в 2022 г. скорость разложения остатков сахарной свеклы и горчицы сарептской была высокой, а соломы озимой пшеницы низкой, то и накопление неразложившихся остатков было большим у озимой пшеницы и ячменя и меньшим на вариантах сахарной свеклы и горчицы сарептской. В 2023 и 2024 гг. – низкой, что связано с неблагоприятными климатическими условиями, то и накопление в почве остатков прошлых лет в 2022 г. было меньшим, а в 2023 и 2024 гг. – большим.

При ежегодном поступлении в почву растительных остатков в порядке чередования культур в севообороте, их неразложившаяся масса через 3 года составила (в % от внесенного): горчица сарептская + озимая пшеница + сахарная

свекла – 12,3%; сахарная свекла + ячмень + горчица сарептская – 24,2%; ячмень + горчица сарептская + озимая пшеница – 23,0%; озимая пшеница + сахарная свекла + ячмень – 13,5%.

При условии ежегодного поступления в почву свежих послеуборочных остатков, относительная масса остатков прошлых лет (в % к ежегодно поступающей биомассе), накопившаяся в почве после первого года разложения, составляла: в первом звене (горчица сарептская – озимая пшеница – сахарная свекла) – 28,5%. На второй год она увеличивалась на 16,0 %, на третий снижалась до 29,1%. Во втором звене – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень она составила соответственно 76,0%, 28,5% и 29,5%. В третьем звене – сахарная свекла – ячмень – горчица сарептская – 27,0 – 40,0- 48,1%. В четвертом звене – ячмень – горчица сарептская – озимая пшеница – 51,5 – 51,3 – 38,7%.

Таким образом, на величину запаса остатков прошлых лет в почве под той или иной культурой будут оказывать влияние погодные условия и другие условия в период разложения. Ухудшение условий разложения будет способствовать увеличению периода их разложения и, как следствие, увеличению массы остатков прошлых лет в почве и наоборот.

**В пятой главе** рассмотрены вопросы влияния изучаемых приемов биологизации и основной обработки почвы на содержание общего гумуса, динамику содержания детрита, подвижного и водорастворимого гумуса в почве под сахарной свеклой.

**Содержание детрита.** Установлено, что сезонная динамика содержания детрита зависит от количества послеуборочных остатков, гидротермических условий года, комплекса приемов биологизации и основной обработки почвы, темпов разложения остатков (Рисунок 3).

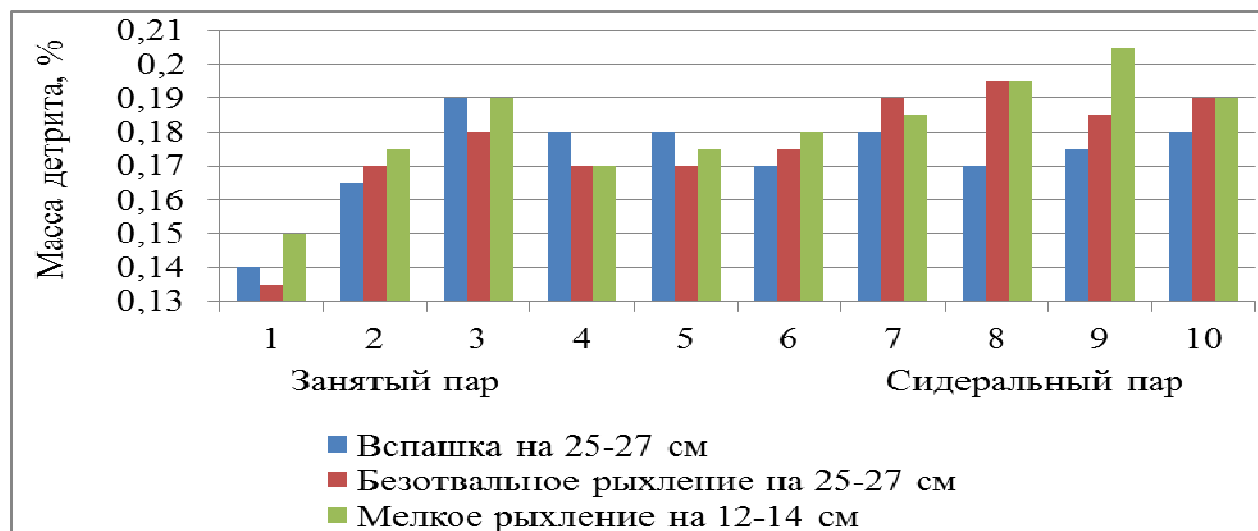


Рисунок 3 – Содержание детрита (%) в пахотном слое почвы под сахарной свеклой при длительном использовании различных приемов биологизации и способов основной обработки почвы, т/га (2022–2024 гг.)

При выращивании сахарной свеклы без удобрений содержание детрита в пахотном слое почвы (0–30 см) в звене севооборота с занятым паром на фоне

безотвальной обработки на 25–27 см – 0,135%, в звене севооборота с сидеральным паром – 0,175%, а подпахотном (30–50 см) соответственно 0,130% и 0,145%. Содержание детрита при вспашке на 25–27 см было достоверно выше, чем при безотвальном на 25–27 см и мелком на 12–14 см рыхлении – на 0,4% и 0,1%.

Приемы биологизации на фоне внесения удобрений в дозе от 100 до 200 кг увеличивали содержание детрита в пахотном слое почвы под сахарной свеклой в звене севооборота с занятым паром в слое 0–30 см на 18–29%, а подпахотном – на 4%. В звене севооборота с сидеральным паром его масса увеличивалась по слоям почвы соответственно на 0–13% и 8%.

Содержание детрита в пахотном слое почвы под сахарной свеклой различалась по срокам вегетации. Во все годы исследований его количество от посева к уборке сахарной свеклы уменьшалось на всех фонах основной обработки почвы в звеньях севооборотов с занятым и сидеральным паром.

**Содержание гумуса.** Показателем влияния возделываемых культур и приемов биологизации и основной обработки на плодородие чернозема выщелоченного служит содержание гумуса (Рисунок 4).

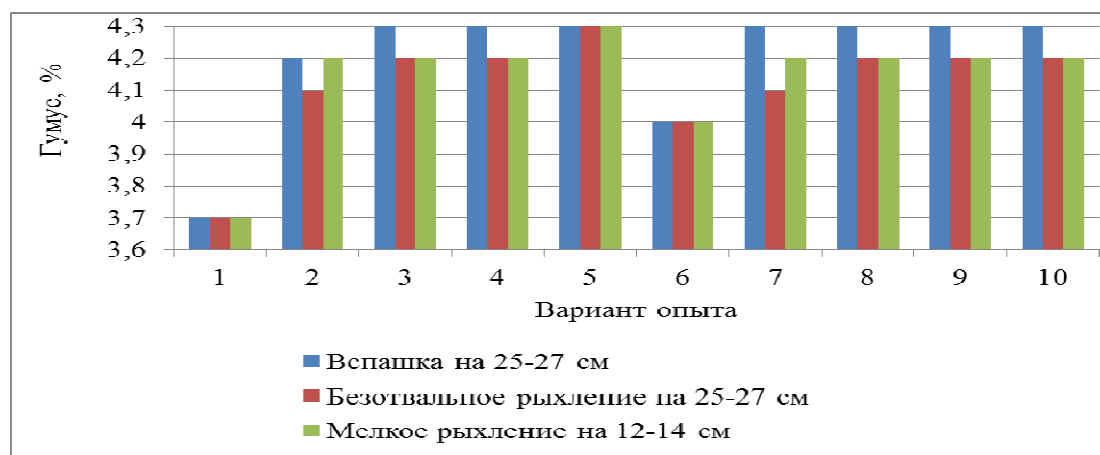


Рисунок 4 – Содержание общего гумуса (%) в пахотном слое почвы под сахарной свеклой при длительном использовании приемов биологизации и различных способов основной обработки почвы, т/га (2022–2024 гг.)

Установлено, что возделывание сахарной свеклы при отвальной обработке на 25–27 см способствовало накоплению гумуса, при безотвальном на 25–27 см и мелком рыхлении на 12–14 см его количество было достоверно ниже соответственно на 0,4% и на 0,1% ( $HCp_{05} = 0,06$ ).

Приемы биологизации достоверно увеличивали количество общего гумуса на 0,2–0,6% в пахотном слое почвы под сахарной свеклой ( $HCp_{05} = 0,11$ ). Достоверное снижение (на 0,2%) было отмечено под этой культурой в звене севооборотов с занятым паром на фоне приемов биологизации с внесением (NPK)50, тенденция уменьшения отмечалась в звене севооборота с сидеральным паром (на 0,1%). Установлено различие в распределении гумуса по слоям почвы в зависимости от способа основной обработки. Содержание общего гумуса 4,3% было в слоях 0–10 и 10–20 см, а в слоях почвы 20–30 и

30–50 см наблюдалось достоверное его снижение соответственно на 0,2 и 1,8% ( $НСР_{05} = 0,07$ ).

**Содержание подвижного и водорастворимого гумуса** в пахотном слое почвы под сахарной свеклой по срокам определения и в годичном цикле зависит от гидротермических условий года, периода вегетации, приема биологизации и основной обработки почвы, массы растительных остатков и темпов их разложения.

Приемы биологизации при вспашки на 25–27 см способствовали повышению содержания подвижного гумуса в почве под сахарной свеклой – на 10–49%, при безотвальном рыхлении на 25–27 см – на 12–47%, при мелкой обработке на 12–14 см на 15–46% по сравнению с неудобренным контролем.

По сравнению с неудобренным контролем, приемы биологизации при вспашки на 25–27 см способствовали повышению водорастворимого гумуса в почве под сахарной свеклой на 4–7%, при безотвальном рыхлении на 25–27 см – на 18–21%, при мелкой обработке на 12–14 см – на 10–25%.

Усилению подвижности гумуса в этот период способствовало то, что к этому времени активно разлагалась большая часть ранее поступившей свежей органики, содержащей большое количество легкоразлагаемых соединений и удобрения. Условия для разложения были оптимальными – достаточное количество влаги и температура около 30°C.

**В шестой главе** рассмотрены вопросы влияния изучаемых приемов биологизации и основной обработки почвы на количество и качество урожая корнеплодов сахарной свеклы.

Эффективное плодородие чернозема выщелоченного в звене севооборота с занятым паром на фоне вспашки на 25–27 см обеспечивало урожай корнеплодов сахарной свеклы – 27,3 т/га, с сидеральным – больше на 7,4 т/га, при безотвальной обработке на 25–27 см – ниже соответственно на 0,7 и 1,0 т/га, при мелком рыхлении на 12–14 см было отмечено достоверное снижение соответственно на 2,1 и 5,9 т/га (Таблица 3).

Таблица 3 – Влияние длительного использования приемов биологизации и основной обработки почвы урожай корнеплодов сахарной свеклы, т/га

Вариант опыта В	Годы			Среднее	Изменения +,- к ЗП - контроль
	2022	2023	2024		
Вспашка на 25-27 см (А)					
1/6. Пар (1 – ЗП контроль, без удобрений, 6- СП)	<u>30,0</u> 35,3	<u>32,0</u> 39,3	<u>20,0</u> 29,6	<u>27,3</u> 34,7	<u>0</u> +7,4
2/7. Пар+(NPK) <sub>50</sub> + С <sub>к</sub> + С <sub>оп</sub> .	<u>37,1</u> 43,5	<u>50,6</u> 54,3	<u>19,0</u> 21,9	<u>35,6</u> 39,9	<u>+8,3</u> +12,6
3/8. Пар+(NPK) <sub>100</sub> + С <sub>к</sub> + С <sub>оп</sub> .	<u>40,1</u> 46,9	<u>54,4</u> 63,1	<u>19,4</u> 23,2	<u>38,0</u> 44,4	<u>+10,7</u> +17,1
4/9. Пар+(NPK) <sub>150</sub> + С <sub>к</sub> + С <sub>оп</sub> .	<u>48,5</u> 50,2	<u>62,9</u> 78,0	<u>19,8</u> 23,2	<u>43,7</u> 50,5	<u>+16,3</u> +23,2
5/10. Пар+(NPK) <sub>200</sub> + С <sub>к</sub> + С <sub>оп</sub> .	<u>53,5</u> 62,2	<u>39,9</u> 50,4	<u>18,6</u> 21,7	<u>37,3</u> 44,8	<u>+10,0</u> +17,5

<b>Безотвальное (чизельное) рыхление на 25-27 см</b>					
1/6. Пар	<u>29,5</u> 33,2	<u>31,0</u> 37,1	<u>19,3</u> 20,9	<u>26,6</u> 30,4	<u>-0,7</u> -1,1
2/7. Пар+(NPK) <sub>50</sub> + Ск + Соп.	<u>34,7</u> 38,9	<u>45,0</u> 49,0	<u>19,2</u> 19,7	<u>32,9</u> 35,9	<u>+5,6</u> +8,6
3/8. Пар+(NPK) <sub>100</sub> + Ск + Соп.	<u>39,7</u> 40,2	<u>52,0</u> 59,0	<u>22,7</u> 22,5	<u>38,1</u> 40,6	<u>+10,8</u> +13,3
<b>4/9. Пар+(NPK)<sub>150</sub>+ Ск + Соп.</b>	<b><u>42,5</u></b> <b>45,1</b>	<b><u>60,0</u></b> <b>71,0</b>	<b><u>25,2</u></b> <b>26,8</b>	<b><u>42,6</u></b> <b>47,6</b>	<b><u>+15,3</u></b> <b>+20,3</b>
5/10. Пар+(NPK) <sub>200</sub> + Ск + Соп.	<u>48,9</u> 51,3	<u>39,9</u> 48,8	<u>22,2</u> 22,3	<u>37,0</u> 40,8	<u>+9,7</u> +13,5
<b>Мелкое (дисковое) рыхление на 12-14 см</b>					
1/6. Пар	<u>28,4</u> 31,4	<u>29,5</u> 31,0	<u>18,3</u> 23,6	<u>25,4</u> 28,7	<u>-2,1</u> -5,9
2/7. Пар+(NPK) <sub>50</sub> + Ск + Соп.	<u>33,7</u> 35,4	<u>35,0</u> 39,0	<u>18,4</u> 18,5	<u>29,0</u> 31,0	<u>+1,7</u> -3,6
3/8. Пар+(NPK) <sub>100</sub> + Ск + Соп.	<u>37,7</u> 39,2	<u>38,0</u> 41,0	<u>19,1</u> 21,5	<u>31,6</u> 33,9	<u>+4,3</u> -0,7
<b>4/9. Пар+(NPK)<sub>150</sub>+ Ск + Соп.</b>	<u>40,5</u> 43,2	<u>40,1</u> 48,0	<u>18,5</u> 19,3	<u>33,0</u> 36,8	<u>+5,7</u> +2,2
5/10. Пар+(NPK) <sub>200</sub> + Ск + Соп.	<u>46,2</u> <b>49,7</b>	<u>37,0</u> <b>45,7</b>	<u>17,4</u> <b>17,5</b>	<u>33,5</u> <b>37,6</b>	<u>+6,2</u> <b>+3,0</b>
НСР <sub>05</sub> ABC	1,82	3,42	1,28		
НСР <sub>05</sub> A (обработка)	0,57	0,77	0,29		
НСР <sub>05</sub> B (удобрения)	0,47	0,63	0,23		
НСР <sub>05</sub> C (звено севооборота)	0,74	1,39	0,52		
НСР <sub>05</sub> AB	1,05	1,08	0,41		
НСР <sub>05</sub> AC	0,81	2,42	0,91		
НСР <sub>05</sub> BC	0,74	1,98	0,74		
Примечание: Фактор С – звено севооборота. Над чертой – в звене севооборота с занятым паром, под чертой – в звене севооборота с сидеральным паром					

Длительное использование приемов биологизации и основной обработки чернозема выщелоченного приводило к увеличению прибавки урожая корнеплодов сахарной свеклы от 1,7 до 23,2 т/га. Внесение минеральных удобрений в дозах от 50 до 200 кг/га д.в. совместно с соломой озимой пшеницы и сидератом пожнивно на удобрение повышало урожай корнеплодов сахарной свеклы на фоне вспашки на 25–27 см на 8,3–23,2 т/га.

При замене вспашки на 25–27 см на безотвальное рыхления на 25–27 см на этих фонах урожай корнеплодов этой культуры варьировал от 32,9 до 47,6 т/га, при мелкой обработки на 12–14 см – от 29,0 до 37,6 т/га.

Выше урожайность сахарной свеклы отмечена на фоне Пар (ЗП и СП) + (NPK)<sub>150</sub>+ Ск + Соп при вспашке на 25–27 см и безотвальном рыхлении на 25–27 см в звене севооборота с занятым паром соответственно 43,7 и 42,6 т/га, сидеральным 50,5 и 47,6 т/га.



Урожайность корнеплодов сахарной свеклы различалась по годам проведения опыта. В 2022 г. в среднем на фоне вспашки на 25–27 см было получено 44,7 т/га корнеплодов сахарной свеклы, на фоне безотвального рыхления на 25–27 см – достоверно выше на 4,3 т/га, а мелкого рыхления на 12–14 см – достоверно ниже на 6,7 т/га ( $НСР_{05} = 0,57$ ).

В 2023 г. в среднем на фоне вспашки на 25–27 см было получено 52,5 т/га корнеплодов сахарной свеклы, на фоне безотвального рыхления на 25–27 см – достоверно ниже на 2,9 т/га, а мелкого рыхления на 12–14 см – достоверно ниже на 14,1 т/га ( $НСР_{05} = 0,77$ ).

В 2024 г. в среднем на фоне вспашки на 25–27 см было получено 21,7 т/га корнеплодов сахарной свеклы, на фоне безотвального рыхления на 25–27 см – достоверно выше на 1,1 т/га, а мелкого рыхления на 12–14 см – достоверно ниже на 2,5 т/га ( $НСР_{05} = 0,29$ ). За все годы исследований урожайность корнеплодов сахарной свеклы была выше в звене севооборота с сидеральным паром на фоне всех способов основной обработки почвы.

В 2022 и 2023 гг. была установлена сильная положительная корреляционная связь между урожайностью сахарной свеклы, содержанием детрита ( $r=0,42-0,75$ ), общего гумуса ( $r=0,68-0,76$ ), водорастворимого ( $r = 0,75-0,80$ ) и подвижного гумуса ( $r=0,69-0,78$ ), биомассой растительных остатков ( $r = 0,88-0,88$ ) пахотном слое почвы.

В 2024 г. эта связь была слабой из-за засушливых условий, которые способствовали резкому снижению урожайности сахарной свеклы.

**В седьмой главе** рассмотрены вопросы влияния изучаемых приемов биологизации и основной обработки почвы на экономическую и энергетическую эффективность технологии выращивания сахарной свеклы.

**Энергетическая эффективность.** Расчеты показали, что наибольшая прибавка энергии с урожаем основной продукции (корнеплоды сахарной свеклы) и окупаемость единицы затрат техногенной энергии в условиях недостаточного увлажнения была отмечена при использовании приемов биологизации на фоне минеральных удобрений в дозе (NPK)150 кг/га в звеньях севооборотов с занятым и сидеральным паром на фоне вспашки и безотвальной основной обработки почвы на 25–27 см.

На этих фонах был высоким коэффициент энергетической эффективности при расчете на бездефицитный баланс органического вещества - соответственно 2,9 и 3,0, 2,8 и 3,0.

**Экономическая эффективность.** Наибольший чистый доход (89 и 110 тыс. руб/га) и меньшая себестоимость (0,979 и 0,832 тыс. руб/т) были получены при совместной заправке соломы и пожнивного сидерата на фоне минеральных удобрений в дозе 150 кг/га д.в. ((NPK)<sub>150</sub>+ПП+С) в звеньях севооборотов с занятым и сидеральным паром при использовании отвальной вспашки на 25–27 см. При безотвальном рыхлении на 25–27 см на этом фоне чистый доход был ниже соответственно на 13 и 5 тыс. руб/га.

Поверхностная обработка на 12–14 см показала низкие результаты.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Приемы биологизации и вспашка на 25–27 см повышали массу растительных остатков в пахотном слое почвы под сахарной свеклой по сравнению с неудобренным контролем: в звене севооборота с занятым паром на 1,2–5,6 т/га, с сидеральным – на 2,1–5,6 т/га. При безотвальной рыхлениии на 25–27 см отмечали снижение биомассы растительных остатков в звеньях севооборотов с занятым паром на 1,1–4,5 т/га, сидеральным – на 0,5–2,6 т/га, при мелкой обработке на 12–14 см – соответственно на 0,5–3,1 т/га и на 0,2–2,5 т/га.

Растительные остатки по-разному распределялись в пахотном слое почвы: при вспашке на 25–27 см в слоях почвы 0–10, 10–20 и 20–30 см их количество составляло соответственно 31–36%, 31–37% и 31–36%; при безотвальной рыхлениии на 25–27 см – 38–40%, 33–36% и 25–27%; при мелкой обработке на 12–14 см – 36–40%, 34–38% и 25–27%.

2. Скорость разложения растительных остатков зависела от гидротермических условий года, культуры.

В чистом виде послеуборочные остатки сахарной свеклы и горчицы сарептской разлагались за три года полностью, а ячменя, озимой пшеницы – на 84–82%. На скорость разложения биомассы в почве оказывали влияние порядок чередования культур в севообороте. При ежегодном поступлении в почву растительных остатков в порядке чередования культур в севообороте, их неразложившаяся масса через 3 года составила (в % от внесенного): горчица сарептская + озимая пшеница + сахарная свекла – 12,3%; сахарная свекла + ячмень + горчица сарептская – 24,2%; ячмень + горчица сарептская + озимая пшеница – 23,0%; озимая пшеница + сахарная свекла + ячмень – 13,5%.

При условии ежегодного поступления в почву свежих послеуборочных остатков, относительная масса остатков прошлых лет (в % к ежегодно поступающей биомассе), накопившаяся в почве после первого года разложения составляла: в первом звене (горчица сарептская – озимая пшеница – сахарной свеклы) – 28,5%; на второй год увеличивалась на 16,0 %, на третий снижалась до 29,1%. Во втором звене (озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень) она была соответственно 76,0%, 28,5% и 29,5%. В третьем звене (сахарная свекла – ячмень – горчица сарептская) – 27,0%, 40,0%, 48,1%. В четвертом звене (ячмень – горчица сарептская – озимая пшеница) – 51,5%, 51,3%, 38,7%.

3. По соотношению углерода и азота (C : N) растительные остатки культур севооборота располагались в следующей убывающей последовательности: солома озимой пшеницы, солома ячменя, зеленая масса горчицы сарептской, ботва сахарной свеклы.

Смешивание соломы ячменя и озимой пшеницы с горчицей сарептской снижало соотношение C : N соответственно до 55 и 71. На неудобренном фоне всех вариантов основной обработки соотношение C : N варьировало от 132 до 135, на удобренном фоне варианта отвальной обработки на 25–27 см оно изменялось от 84 до 108, при безотвальной обработке на 25–27 см – от 106 до 129, при мелком рыхлениии на 12–14 см – от 115 до 133.

Перед посевом сахарной свеклы в пахотный слой почвы поступали растительные остатки предшествующих культур, поэтому отмечены изменения химического состава. Содержание азота на фоне вспашки на 25–27 см варьировало от 0,32 до 0,56%, безотвальной обработки на 25–27 см – от 0,31 до 0,44%, при мелкой на 12–14 см – от 0,31 до 0,41%.

4. Возделывание сахарной свеклы при вспашке на 25–27 см способствовало накоплению гумуса, при безотвальной на 25–27 см и мелком на 12–14 см рыхлении его количество было достоверно ниже соответственно на 0,3% и на 0,1%. Приемы биологизации достоверно увеличивали количество общего гумуса на 0,2–0,6% %. Достоверное снижение на 0,2% было в звене севооборота с занятым паром на фоне приемов биологизации с внесением (NPK)50 и тенденция уменьшения наблюдалась в звене с сидеральным паром на 0,1%. В слоях 0–10 и 10–20 см содержание общего гумуса составляло 4,3%, в слоях 20–30 и 30–50 см отмечено достоверное снижение соответственно на 0,2 и 1,8%.

5. Сезонная динамика содержания детрита зависит от биомассы послеуборочных остатков, гидротермических условий года, комплекса приемов биологизации и основной обработки почвы, темпов разложения остатков.

При возделывании сахарной свеклы без удобрений масса детрита в пахотном слое почвы (0–30 см) в звене севооборота с занятым паром при безотвальной обработке на 25–27 см составляла 0,135%, а с сидеральным паром – 0,175%, а в подпахотном слое почвы 30–50 см – соответственно 0,130% и 0,145%. Содержание детрита при вспашке на 25–27 см было достоверно выше, чем при безотвальной обработке на 25–27 см и мелком рыхлении на 12–14 см (снижение соответственно на 0,4% и 0,1%).

Приемы биологизации на фоне внесения удобрений в дозе от 100 до 200 кг увеличивали массу детрита в слое почвы 0–30 см под сахарной свеклой в звене севооборота с занятым паром на 18–29%, а подпахотном слое почвы 30–50 см – на 4%. При замене звена севооборота с занятым паром на сидеральный его масса увеличивалась по слоям почвы соответственно на 0–13% и 8%.

Содержание детрита в пахотном слое почвы под сахарной свеклой различалось по срокам вегетации. Во все годы исследований его масса от посева к уборке сахарной свеклы уменьшалась на всех фонах основной обработки почвы в звеньях севооборотов с занятым и сидеральными парами.

6. Содержание подвижного и водорастворимого гумуса в пахотном слое почвы под сахарной свеклой по срокам определения зависит от гидротермических условий года, периода вегетации, приема биологизации и основной обработки почвы, биомассы растительных остатков и темпов их разложения.

По сравнению с неудобренным контролем приемы биологизации при вспашке на 25–27 см повышали содержание подвижного гумуса в пахотном слое почвы под сахарной свеклой на 10–49%, при безотвальной рыхлении на 25–27 см – на 12–47%, мелкой обработке на 12–14 см – на 15–46%.

По сравнению с неудобренным контролем содержание водорастворимого гумуса повышалось в пахотном слое почвы под сахарной свеклой с ис-

пользованием приемов биологизации: при вспашке на 25–27 см на 4–7%, при безотвальном рыхлении на 25–27 см на 18–21%, мелкой обработке на 12–14 см на 10–25%.

7. Эффективное плодородие чернозема выщелоченного в звене севооборотов с занятым паром на фоне вспашки на 25–27 см обеспечивало урожай корнеплодов сахарной свеклы 27,3 т/га, а с сидеральным – на 7,3 т/га больше, при безотвальной обработке на 25–27 см - ниже соответственно на 0,5 и 1,5 т/га, при мелкой обработке на 12–14 см было достоверное снижение соответственно на 2,1 и 5,9 т/га.

Длительное использование комплекса приемов биологизации и основной обработки чернозема выщелоченного увеличивало прибавку урожая корнеплодов сахарной свеклы от 1,7 до 23,1 т/га.

Наибольшая прибавка урожая корнеплодов сахарной свеклы была в звеньях севооборота с занятым и сидеральным паром при комплексном использовании приемов биологизации и основной обработки почвы – запашка соломы, пожнивного посева и минеральных удобрений в дозе (NPK) 150 кг/га д.в.

По урожайности сахарной свеклы способы основной обработки можно расположить в убывающем порядке: вспашка на 25–27 см, безотвальное рыхление на 25–27 см, мелком рыхлении на 12–14 см.

8. На неудобренном контроле в звене севооборота с занятым паром сахаристость корнеплодов сахарной свеклы при вспашке на 25–27 см была 15,6%, с сидеральным – 16,4%, при безотвальном рыхлении на 25–27 см 14,7%, с сидеральным – 15,4%, при мелкой обработке на 12–14 см соответственно 14,3 и 15,1%.

Вспашка на 25–27 см и комплексное использование на удобрение соломы и пожнивного сидерата на фоне минеральных удобрений в дозе 150 кг/га д.в. в звеньях севооборотов с занятым и сидеральным паром повышали сахаристость на 0,4% по сравнению с неудобренным контролем. Ее замена на безотвальное рыхление на 25–27 см и мелкое рыхление на 12–14 см повышало сахаристость соответственно на 1,6 и 0,1%, 0,7 и 0,1%.

Оптимальным было использование приемов биологизации на фоне (NPK)150 кг/га д.в. Минеральные удобрения в дозе (NPK)200 кг/га д.в. повышали урожай корнеплодов сахарной свеклы, но не способствовали увеличению сахаристости.

9. Использование различных приемов основной обработки и биологизации на фоне дополнительного внесения минеральных удобрений в условиях недостаточного увлажнения обеспечивало прибавку урожая и больший чистый доход с 1 га. Оптимальными были приемы биологизации на фоне внесения минеральных удобрений в дозе (NPK)150 кг/га д.в. Внесение минеральных удобрений в дозе (NPK)200 кг/га д.в. увеличивало материальные затраты, снижали чистый доход.

10. Способы основной обработки по коэффициенту энергетической эффективности с учетом плодородия чернозема выщелоченного и урожая корнеплодов сахарной свеклы в звеньях севооборотов с занятым и сидеральным па-

ром можно расположить соответственно в следующем убывающем порядке: отвальная вспашка на 25–27 см ( $KЭЭ = 2,9–3,0$ ), безотвальное рыхление на 25–27 см ( $KЭЭ = 2,8–3,0$ ), мелкое рыхление на 12–14 см ( $KЭЭ = 2,7–2,7$ ).

Наиболее эффективным вариантом при возделывании сахарной свеклы был комплекс приемов –  $(NPK)_{150}$  + пожнивной сидерат + солома. На этом фоне был самый высокий коэффициент энергетической эффективности при расчете на бездефицитный баланс органического вещества соответственно 2,9 и 3,0 и без учета плодородия почвы – 3,6 и 4,1.

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**

1. При выращивании сахарной свеклы в зоне недостаточного увлажнения необходимо использовать в севооборотах приемы биологизации – замена чистого пара на сидеральный или занятый горчицей сарептской. Запашку пожнивного сидерата необходимо проводить совместно с соломой озимой пшеницы при внесении минеральных удобрений в дозе 150 кг/га д.в.

2. В условиях центральной лесостепи ЦЧР под сахарную свеклу рекомендуется отвальный способ основной обработки почвы (вспашка на 25–27 см). Во влажные годы вспашку на 25–27 см можно заменить на безотвальное (чизельное) рыхление на 25–27 см.

## **ПЕРСПЕКТИВА ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Чтобы не допустить дальнейшей деградации черноземов при выращивании сахарной свеклы, необходим поиск альтернативных, более дешевых источников органического вещества. В связи с этим необходим мониторинг почвенных процессов в длительных многофакторных стационарных опытах при различной технологии возделывания культур севооборотов, в том числе и сахарной свеклы. Он определяет фундаментальную основу воспроизводства почвенного плодородия и увеличения их продуктивности. Поэтому дальнейшие исследования нужно посвятить изучению комплексного влияния приемов биологизации и основной обработки на показатели плодородия чернозема в различных видах севооборотов. Необходимо расширение номенклатуры анализов по выявлению влияния изучаемых в опыте факторов на плодородие черноземных почв.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### *Публикации в рецензируемых научных изданиях*

1. Дедов А.В. Темпы разложения биомассы культур и формирования в почве запаса растительных остатков прошлых лет в севообороте с сахарной свеклой в условиях лесостепи ЦЧР / А.В. Дедов, **Г.М. Крюков** // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2024. – Т. 17, № 3(82). – С. 26–34. – DOI 10.53914/issn2071-2243\_2024\_3\_26. – EDN UAHTGZ.

2. Дедов А.В. Влияние приемов биологизации и основной обработки на накопление и химический состав растительных остатков в пахотном слое почвы при выращивании сахарной свеклы в условиях лесостепи ЦЧР / А.В. Дедов, **Г.М. Крюков** // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2024. – Т. 17, № 2(81). – С. 12-22. – DOI 10.53914/issn2071-2243\_2024\_2\_12. – EDN DDHGHF.

3. Дедов А. В. Влияние приемов биологизации и основной обработки почвы на урожайность корнеплодов сахарной свеклы / А.В. Дедов, М.А. Несмеянова, **Г.М. Крюков** // Агрохимия. – 2025. – № 5. – С. 74–79. – DOI 10.31857/S0002188125050093. – EDN TUIUEU.

*Публикации в аналитических сборниках и материалах конференций*

4. Дедов А.В. Влияние приемов биологизации на плодородие почвы / А.В. Дедов, **Г.М. Крюков**, М.А. Несмеянова / Современные достижения и перспективы развития агрономической науки: материалы международной научно-практической конференции, посвященной Десятилетию науки и технологий в Российской Федерации (17-18 мая 2023 г.) – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. – С.180–186.

5. Дедов А.В. Влияние приемов биологизации на плодородие почвы под сахарной свеклой / А.В. Дедов, **Г.М. Крюков**, М.А. Несмеянова / Биологизация земледелия – основа воспроизводства плодородия почвы и устойчивого развития сельского хозяйства: сборник материалов Международной научной конференции. – Ставропольский ГАУ. – Ставрополь, 2023. – С.148–154.

6. Дедов А.В. Влияние приемов биологизации и основной обработки на показатели плодородия почвы и урожайность сахарной свеклы / А.В. Дедов, **Г.М. Крюков** / Современные достижения и перспективы развития агрономической науки: мат. международной научно-практ. конференции, посвящ. Десятилетию науки и технологий в Российской Федерации (17-18 мая 2023 г.) – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. – С.143–148.

7. Дедов А.В. Влияние приемов биологизации и основной обработки почвы на динамику щелочерастворимого гумуса и урожай корнеплодов сахарной свеклы / А.В. Дедов, **Г.М. Крюков** / Мат. международной науч. практ. конференции, посвященной 105-летию кафедры растениеводства (28 марта 2024 г.) «Инновационные технологии производства продукции растениеводства» – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. – С.155–163.

8. Дедов А.В. Влияние приемов биологизации и основной обработки на показатели плодородия почвы, урожай корнеплодов сахарной свеклы / А.В. Дедов, **Г.М. Крюков** / - В кн.: Вызовы и инновационные решения в аграрной науке. Материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции в 4 томах, поселок Майский, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. - С. 39–40.

9. Дедов А.В. Динамика содержания водорастворимого гумуса в почве под сахарной свеклой при длительном использовании приемов биологизации

и основной обработки / А.В. Дедов, **Г.М. Крюков** / Мат. X международ. науч.-практ. конф. «Производство и переработка сельскохозяйственной продукции». - ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, Воронеж, 2024. – С.34-36.

10. Дедов А.В. Влияние факторов интенсификации земледелия на урожай корнеплодов сахарной свеклы / А.В. Дедов, **Г.М. Крюков** // Теория и практика инновационных технологий в АПК : Материалы национальной научно-практической конференции, Воронеж, 16–18 апреля 2025 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2025. – С. 198-207. – EDN ZRFDVR.

11. Дедов А.В. Влияние факторов интенсификации земледелия на плодородие почвы и урожайность сахарной свеклы / А.В. Дедов, **Г.М. Крюков** // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXIX Международной научно-производственной конференции, Майский, 21–22 мая 2025 года. – Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – С. 31–32. – EDN RTYRIE.

12. Дедов А.В. Влияние приемов биологизации и основной обработки на плодородие почвы и урожайность сахарной свеклы / А.В. Дедов, М.А. Несмеянова, **Г.М. Крюков** // Аграрная наука - сельскому хозяйству : сборник материалов XX Международной (заочной) научно-практической конференции: в 2 кн., Барнаул, 06 февраля 2025 года. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2025. – С. 180–182. – EDN ZKKVJO.

Подписано в печать 15.01.2026 г. Формат 60х84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага кн.-журн.

П.л. 1,0. Гарнитура Таймс. Тираж 100 экз. Заказ №.

Типография ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ 394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1.