

На правах рукописи

**Плотников Сергей Юрьевич**

**ВЛИЯНИЕ КУЛЬТУР СЕВООБОРОТА И ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ  
ПОЧВЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЭФФЕКТИВНОГО  
ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЦЧР**

**Специальность: 06.01.01. – общее земледелие, растениеводство**

**Автореферат диссертации на соискание учёной степени  
сельскохозяйственных наук кандидата**

**РАМОНЬ – 2021 г.**

Работа выполнена в ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр имени Докучаева» на базе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова» в 2015 – 2018 гг.

Научный руководитель: **Боронтов Олег Константинович**  
доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»

Официальные оппоненты: **Коржов Сергей Иванович**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»  
**Скорочкин Юрий Павлович**  
кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом земледелия, Тамбовский научно – исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина»

Ведущая организация: **ФГБНУ Белгородский федеральный аграрный научный центр**

Защита состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 года в 13-30 часов на заседании диссертационного совета Д 006.065.01. при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова» по адресу: 396030, Воронежская область, Рамонский район, п. ВНИИСС, дом 86; тел./факс 8(47340)5-33-26 E-mail: dissovetsvniiss@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова» и на сайте <http://vniiss.com>.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г., размещен на сайте <http://vniiss.com>. «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г., на сайте ВАК Минобрнауки РФ [vak3.ed.gov.ru](http://vak3.ed.gov.ru) «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

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

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор сельскохозяйственных наук

**Минакова**  
**Ольга Александровна**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследований.** При формировании плодородия почвы и увеличении урожайности сельскохозяйственных культур важную роль играют севооборот и обработка почвы. Под плодородием почвы понимается её способность обеспечивать растения питательными веществами, воздухом, водой и производить урожай сельскохозяйственных культур (А.Н. Каштанов, 1982; О.А. Берестецкий и др., 1984; А.М. Щербаков, И.И. Васенев, 1996; О.А. Минакова, 2011, С.А. Коржов, Т.А. Трофимова, 2016).

Для каждой почвы характерно присущее ей естественное и искусственное плодородие, при взаимодействии которых плодородие становится эффективным (В.Д. Муха, 2004; А.Ф. Витер и др., 2011; Адаптивно..., 2013). Методы повышения эффективного плодородия почв разнообразны, а рациональные севообороты и обработка почвы – основные факторы регулирования режимов и свойств (И.П. Котоврасов, 1998; Н.М. Доманов и др., 2012; Т.А. Трофимова, 2014).

Исследования подтвердили необходимость сочетания отвальных и безотвальных обработок почвы в севооборотах (М.И. Сидоров, 1981; В.А. Гулидова, 2000; И.М. Никульников, 2002; Ю.П. Скорочкин, В.А. Воронцов, 2017; В.М. Гармашов, 2018; О.А. Минакова и др., 2018). В связи с этим контроль за изменением эффективного плодородия чернозёма выщелоченного при многолетнем применении систем основной обработки почвы в севообороте, является весьма актуальным.

**Цель исследований** – выявить роль многолетнего применения основной обработки почвы и культур плодосменного севооборота в формировании элементов эффективного плодородия чернозёма выщелоченного в ЦЧР.

### **Задачи исследований:**

- изучить биологическую активность чернозёма выщелоченного под культурами плодосменного севооборота при различной обработке почвы;
- выявить динамику питательных веществ в почве под сельскохозяйственными культурами в зависимости от основной обработки почвы;
- установить изменение агрофизических показателей почвы в посевах культур при различной обработке почвы;
- изучить вынос питательных веществ озимой пшеницей, сахарной свёклой и ячменём при различной обработке почвы;
- определить урожайность озимой пшеницы, сахарной свёклы и ячменя, экономическую и энергетическую эффективность их возделывания;
- провести оценку формирования плодородия чернозёма выщелоченного при многолетнем применении систем обработки почвы.

**Объекты исследований:** чернозём выщелоченный, стационарный опыт, сельскохозяйственные культуры.

**Предмет исследований:** системы обработки почвы, биологические, агрохимические, агрофизические свойства почвы, продуктивность культур.

**Научная новизна и теоретическая ценность работы** заключается в том, что в многолетнем плодосменном севообороте ЦЧР выявлено различное влия-

ние культур севооборота и основной обработки почвы на агрофизические, агрохимические и биологические свойства чернозёма выщелоченного.

Установлено, что физические параметры пахотного слоя чернозёма выщелоченного при различной обработке почвы были оптимальны, а агрохимические показатели соответствовали удовлетворительным значениям для возделывания сельскохозяйственных культур.

Выявлена тесная положительная связь между показателями плодородия чернозёма выщелоченного (плотность сложения, содержание питательных веществ; коэффициент гумусонакопления, суммарное водопотребление) и урожайностью сахарной свеклы.

Показано, что при комбинированной обработке происходит оптимизация питательного режима и биологической активности почвы, что обуславливает повышение продуктивности культур на 9,5 - 16,3 %.

Полученные результаты расширяют фундаментальные и прикладные положения о влиянии обработки почвы на агроэкологическое состояние чернозёма выщелоченного и продуктивность культур плодосменного севооборота.

**Практическая значимость:** установленные закономерности изменения агрофизических, агрохимических, биологических свойств почвы в севообороте позволяют рекомендовать комбинированную обработку почвы, как повышающую эффективное плодородие чернозёма и продуктивность сельскохозяйственных культур при оптимизации затрат.

Производственная проверка в ООО «Центрально - Чернозёмная агропромышленная компания» филиал «Каменский» Воронежской области подтвердила преимущество комбинированной основной обработки почвы в зернопашном севообороте над принятой в хозяйстве - безотвальной. Урожайность озимой пшеницы увеличилась на 4 % при урожайности в хозяйстве – 3,4 т/га; сахарной свёклы – на 12 % при урожайности в хозяйстве - 27,0 т/га; ячменя – на 7 % при урожайности в хозяйстве - 2,0 т/га.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Разноглубинная отвальная и комбинированная обработки почвы в севообороте обеспечивают оптимальную биологическую активность, повышение содержания питательных элементов, улучшение структурного состояния и режима влажности чернозёма выщелоченном.
2. Культуры севооборота и обработка почвы обуславливают различную трансформацию биологических, агрофизических свойств чернозёма выщелоченного за четыре ротации севооборота.
3. Комбинированная система основной обработки почвы способствует наибольшей продуктивности, экономической и энергетической эффективности возделывания озимой пшеницы, сахарной свёклы и ячменя.

**Апробация результатов исследований.** Основные результаты исследований доложены на Международных конференциях: «Научно-обоснованные системы сухого земледелия в современных условиях» (Волгоград, 2016); «Современные проблемы сохранения плодородия чернозёмов» (Воронеж, 2016); «Проблемы рекультивации, отходов быта, промышленного и сельскохозяй-

ственного производства» (Краснодар, 2017). На Всероссийских конференциях: ««Актуальные проблемы почвоведения» (Курск, 2016); «Аграрный потенциал в системе продовольственного обеспечения: теория и практика» (Ульяновск, 2016); Чернозёмы Центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования» (Воронеж, 2017); «Докучаевское наследие и развитие научного земледелия в России» (Каменная Степь, 2017); «Актуальные вопросы применения удобрений в сельском хозяйстве» (Владикавказ, 2017); на ученых советах ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова 2015 – 2020 гг.

**Личный вклад автора.** Автор диссертационной работы принимал непосредственное участие на всех этапах проведения исследований: в разработке программы и схемы исследований, выборе методов проведения полевых опытов, лабораторных анализов, обобщении результатов исследований, формулировании выводов и предложений производству, в подготовке публикаций и оформлении диссертационной работы и автореферата. Доля личного участия диссертанта составляет 90 %.

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликовано 16 работ, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

**Структура и объём диссертации.** Диссертационная работа изложена на 156 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 7 глав, выводов и предложений производству, приложений. Список использованной литературы включает 267 источников, в том числе 7 иностранных авторов. Работа содержит 29 таблиц, 7 рисунков, 19 приложений.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю признательность докторам сельскохозяйственных наук Минаковой Ольге Александровне, Безлер Надежде Викторовне, Боронтову Олегу Константиновичу; кандидатам сельскохозяйственных наук Косякину Павлу Александровичу, Колесниковой Марине Владимировне, Путилиной Людмиле Николаевне, кандидату биологических наук Черепухиной Ирине Вячеславовне, научным сотрудникам Манаенковой Елене Николаевне, Александровой Людмиле Валерьевне, Подвигиной Татьяне Николаевне за помощь в проведении исследований и полезные советы.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР**

В главе проведён анализ отечественных и зарубежных исследований по влиянию обработки почвы на ее плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур (Г.И. Казаков, 1990; В.И. Турусов, 2009; Kohn, 1975 и др.). Он выявил необходимость комплексного изучения агрохимических, агрофизических и биологических свойств чернозёма выщелоченного в четвёртой ротации плодосменного севооборота.

## **УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Представленная работа являлась частью НИР ФГБНУ «Всероссийский НИИ сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова» 0618-2014-002 – «Разработать систему агроэкологической оценки почвенного плодородия чернозёма

выщелоченного при различных системах обработки почвы и удобрений в зернопаропропашном севообороте для совершенствования технологии возделывания сахарной свёклы».

Климат – умеренно-континентальный, зона неустойчивого увлажнения. Среднегодовая температура  $7,3^{\circ}\text{C}$ ; ГТК – 1,1; за вегетационный период выпадает 325 мм осадков. В 2015 году выпало 312 мм осадков при ГТК – 1,3; в 2016 году – 390 мм и ГТК – 1,8; в 2017 году – 579 мм и ГТК -1,9; в 2018 году – 229 мм и ГТК – 0,7 соответственно.

Почва – чернозём выщелоченный малогумусный среднемоощный тяжело-суглинистый на лессовидном карбонатном суглинке с содержанием гумуса в пахотном слое – 5,4-5,7 %,  $\text{pH}_{\text{вод.}}$  – 5,5-5,7.

Исследования проведены в паровом звене 9-типольного севооборота, заложенного в 1985 году со следующим чередованием культур: чёрный пар, озимая пшеница, сахарная свёкла, ячмень с подсевом клевера, клевер на 1 укос, озимая пшеница, сахарная свёкла, однолетние травы, кукуруза на зелёный корм.

Схема опыта: изучено 4 системы основной обработки почвы:

А – разноглубинная отвальная обработка: вспашка под кукурузу и чёрный пар на глубину 25-27 см; под ячмень и озимую пшеницу по клеверу, однолетние травы – на глубину 20-22 см; под сахарную свёклу – на глубину 30-32 см по схеме улучшенной зяби.

Б – обычная отвальная обработка: вспашка под кукурузу и чёрный пар на глубину 20-22 см; под ячмень и озимую пшеницу по клеверу, однолетние травы – на глубину 14-16 см; под сахарную свёклу – на глубину 20-22 см по схеме улучшенной зяби.

Г – безотвальная (плоскорезная) обработка: под кукурузу и чёрный пар на глубину 25-27 см; под ячмень и озимую пшеницу по клеверу, однолетние травы – на глубину 20-22 см; под сахарную свёклу – плоскорезная обработка на глубину 30-32 см по схеме улучшенной зяби.

Д – комбинированная (отвально-безотвальная) обработка: вспашка под кукурузу и чёрный пар на глубину 25-27 см; плоскорезная обработка на глубину 20-22 см под ячмень и озимую пшеницу по клеверу, однолетние травы; под сахарную свёклу улучшенная отвальная зябь – на глубину 30-32 см.

Обработки проводились с предварительным дисковым лушением.

Удобрения вносили под все культуры по рекомендованным дозам: 50 т/га навоза под пар и 50 т/га под сахарную свёклу в звене с клевером. Минеральные удобрения: под сахарную свёклу в звене с чёрным паром –  $\text{N}_{160}\text{P}_{160}\text{K}_{160}$ ; в звене с клевером -  $\text{N}_{150}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ ; под озимую пшеницу, посеянную по клеверу -  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ ; под кукурузу –  $\text{N}_{80}\text{P}_{80}\text{K}_{80}$ ; подкормка клевера –  $\text{N}_{20}\text{P}_{20}\text{K}_{20}$ ; под однолетние травы –  $\text{N}_{20}\text{P}_{20}\text{K}_{20}$ . Всего:  $\text{N}_{59}\text{P}_{59}\text{K}_{59}$  + 11 т навоза на 1 га севооборотной площади.

Площадь делянки – 110 м<sup>2</sup>, учетной – 10 -20 м<sup>2</sup> повторность – 3-х кратная, размещение делянок – систематическое.

Для основной обработки почвы использовали: плуг ПН-4-3,5; плоскорез КПГ-250; луцильники ЛДГ-5, БДТ-3. Агротехника возделывания культур – общепринятая для ЦЧР.

В опыте возделывались районированные в ЦЧР сорта: озимая пшеница – Крастал, ячмень – Турингия, сахарная свёкла – Рамонская односемянная 117.

Наблюдения и учеты. В течение вегетации отбирались образцы почвы и растений, проводились определения: влажности почвы и растений – весовым методом (ГОСТ 26268-89); плотность сложения почвы – методом режущего кольца; структуру почвы – методом сухого просеивания по Саввинову; водопрочность почвенных агрегатов – по Бакшееву (Доспехов, Васильев, Туликов, 1987); водопотребление – по Долгову (1966); нитратный азот в почве – по Грандваль-Ляжу (ГОСТ 26951-81); нитрификационную способность почвы – по Кравкову в модификации Ваксмана; подвижный фосфор и обменный калий – по Чирикову (ГОСТ 26201-91); микробиологическую активность почвы – по Теппер (2004); ферментативную активность почвы – по Хазиеву (2005); содержание азота, фосфора и калия в растениях – по Кураеву (1977); вынос питательных веществ – по методике ЦИНАО (1989); технологическое качество сахарной свёклы – по Силину; урожайность: поделяночно – зерновых – комбайном «Сампо-500», сахарной свёклы – вручную; энергетическую оценку – по методике ВАСХНИЛ (1989); экономическую эффективность – по методике РАСХН (1998); статистическую обработку – по Доспехову (1979).

### **БИОЛОГИЧЕСКИЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО**

Характер обработки, определяющий то или иное строение почвы, обуславливает, как количественную, так и качественную сторону микробиологической активности почвы, с которой связана динамика органического вещества и элементов питания растений (И.П.Бабьева, 1971).

Исследования показали, что при безотвальной обработке содержание валового гумуса составило в пахотном слое чернозёма выщелоченного – 5,57 %, при отвальной разноглубинной и комбинированной обработках оно увеличивалось до 5,64 % .

Активные компоненты в составе гумуса подвержены агрогенным трансформациям, так как они непрочны связаны с минеральной частью почвы, легкоподвижные и взаимодействуют с её микробоценозом.

Установлено, что активные компоненты по-разному извлекаются из почвы. Отвальная разноглубинная обработка почвы оказалась лучшей по извлечению водорастворимых органических веществ (2,47 % от  $C_{\text{общ}}$ ). При комбинированной обработке лучше извлекались лабильные гумусовые кислоты (10,2 % от  $C_{\text{общ}}$ ), легкоразлагаемые органические вещества (8,0 % от  $C_{\text{общ}}$ ) и подвижные органические вещества (11,4 % от  $C_{\text{общ}}$ ). При комбинированной обработке почвы на 7-25 % увеличивалось содержание активных форм гумуса по сравнению с отвальной разноглубинной, и на 19-40 % - по сравнению с безотвальной.

С динамикой подвижных фракций гумусовых веществ связаны микроорганизмы, принимающие участие в формировании азотного фона почвы. Числен-

ность аммонифицирующих бактерий в пахотном слое при отвальной разноглубинной обработке составляла 2,1 млн. КОЕ в 1 г а.с.п. (абсолютно сухой почвы), что в 2 раза ниже, чем при отвальной обычной. Микроорганизмы, иммобилизирующие азот, наиболее активно развивались при безотвальной обработке – 8,8 млн. КОЕ в 1 г а.с.п. почвы (таб. 1).

Безотвальная обработка почвы способствовала к более глубокой степени минерализации азотсодержащих органических веществ. Коэффициент минерализации составил 4,4, а при комбинированной обработке он снизился до 0,8. Микробиологическая трансформация свежего органического вещества (В.Д.Муха, 1980) максимально увеличилась и составила 14,2 при комбинированной обработке. Развитие зимогенной микрофлоры увеличивалось на 6-44%, а автохтонной на 28-68 % сокращалось при комбинированной обработке почвы, что повлияло на условный коэффициент гумификации, где он увеличивался до 2,2.

Деструкция сложных органических соединений, осуществляемая почвенными грибами и актиномицетами, активнее проходила при безотвальной обработке, так как большее количество микромицетов (58,5 млн. КОЕ в 1 г почвы) и актиномицетов (1,34 млн. КОЕ в 1 г почвы) накапливалось при этом.

Численность целлюлозоразлагающих и споровых микроорганизмов в меньшей степени варьировала в зависимости от обработки почвы и составила: целлюлозолитических микроорганизмов – 2,1-3,9 млн. КОЕ в 1 г почвы, а споровых – 0,78-0,97 млн. КОЕ в 1 г почвы. Максимальный рост численности микроорганизмов, участвующих в круговороте азотистых и трансформации фосфорных соединений, отмечен при комбинированной обработке почвы: численность диазотрофов выросла с 0,30 млн. (при разноглубинной отвальной обработке) до 0,69 млн. КОЕ в 1 г почвы, олигоаэрофилов – до 17,0 млн. КОЕ в 1 г почвы и фосфобактерий – до 0,98 млн. КОЕ в 1 г почвы.

Распределение численности микроценоза в пахотном слое зависело от обработки почвы и группы микроорганизмов. Так, распределение аммонифицирующих бактерий по слоям почвы свидетельствует о резком сокращении их численности (на 25 %) в слое 15-30 см по сравнению со слоем 0-15 см при отвальной разноглубинной обработке. Учёт микромицетов при обычной отвальной обработке показал, что в слое 0-15 см их было меньше, чем в слое 15-30 см. Распределение фосфобактерий по слоям почвы при комбинированной обработке почвы было равномерным.

Взаимодействие обработки почвы и культур севооборота оказали неоднозначное влияние на ферментативную активность почвы. Так, в почве чёрного пара и посевах сахарной свёклы наибольшая активность каталазы (2,90-2,93 мл O<sub>2</sub> за 1 мин. в 1 г а.с.п.) была при комбинированной обработке почвы (табл. 2). В посевах озимой пшеницы активность фермента увеличивается при безотвальной обработке на 26 % по сравнению с разноглубинной отвальной и комбинированной обработками.



Таблица 1 – Микробиологическая активность почвы в зависимости от основной обработки, млн. КОЕ в 1 г а. с. п. (0-30 см, сахарная свёкла), 2016-2017 гг.

Обработка почвы	Минерализационные процессы		Коэффициент минерализации	Показатель трансформации органического вещества	Гумификационные процессы		Условный коэффициент гумификации	Разложение сложных полимерных соединений				Диазотрофы	Олигозаофилы	Фосфобактерии
	аммонификаторы	иммобилизаторы азота			зимогенная микрофлора	автохтонная микрофлора		микробиоты	актиномицеты	целлюлозолитики	споровые			
отвальная разноглубинная	2,1	5,0	2,4	3,0	7,1	6,4	1,1	16,1	0,75	2,1	0,84	0,30	8,6	0,19
отвальная обычная	4,4	5,8	1,3	7,7	10,2	8,4	1,2	42,1	0,74	3,9	0,97	0,25	9,4	0,50
безотвальная	2,0	8,8	4,4	2,5	10,7	7,0	1,5	58,5	1,34	3,5	0,78	0,36	14,8	0,54
комбинированная	6,2	4,8	0,8	14,2	11,1	5,0	2,2	32,7	1,07	3,0	0,84	0,69	17,0	0,98
НСР <sub>05</sub>	2,5	1,8	-	-	1,0	0,9	-	9,2	0,84	0,4	-	0,15	5,4	0,21

Таблица 2 – Влияние культур севооборота и обработки почвы на её ферментативную активность (0-30 см, в 1 г а.с.п.), 2015-2016 гг.

Культура	Обработка почвы	Каталаза, мл О <sub>2</sub> на 1г почвы за 1 минуту	Фосфатаза, мл фенофтолеина на 10 г почвы за 1 час	Уреаза, мг NH <sub>3</sub> на 10 г почвы за 24 час	Инвертаза, мг глюкозы на 1 г почвы за 24 часа	Полифено-	Пероксидаза	Коэффициент гумусонакопления
						локсидоза		
						мг пурпургалина на 1 г почвы за 1 час		
Чёрный пар	отвальная разноглубинная	2,50	2,04	5,04	13,0	0,23	0,29	0,79
	безотвальная	2,13	1,99	3,36	10,0	0,25	0,78	0,32
	комбинированная	2,90	1,98	5,25	18,1	0,21	0,52	0,40
Озимая пшеница	отвальная разноглубинная	2,22	2,02	4,83	9,4	0,29	0,26	1,11
	безотвальная	2,98	2,97	5,46	8,2	0,38	0,36	1,05
	комбинированная	2,20	2,07	6,72	34,4	0,26	0,52	0,50
Сахарная свёкла	отвальная разноглубинная	2,50	2,83	6,51	20,9	0,27	0,27	1,00
	безотвальная	2,79	1,98	4,62	20,9	0,25	0,89	0,26
	комбинированная	2,93	1,74	5,36	9,5	0,29	0,53	0,55
НСР <sub>05</sub>	по обработке	0,25	0,71	0,94	2,2			
	по культурам	0,41	0,45	1,07	2,0			

Активность фосфатазы в зависимости от обработки почвы и культуры звена севооборота появлялась в меньшей степени, чем каталазы. Большая активность проявилась в посевах озимой пшеницы (2,02-2,97 мл фенофталеина на 10 г почвы за 1 час). Обработка почвы не влияла на активность фермента в черном пару, а в посевах озимой пшеницы усиление активности отмечено при безотвальной обработке почвы, в посевах сахарной свёклы – при разноглубинной отвальной обработке.

Активность уреазы существенно снижалась при безотвальной обработке черного пара (на 36 %) по сравнению с комбинированной. В посевах озимой пшеницы её активность увеличивалась до 6,72 мг NH<sub>3</sub> на 10 г за 24 часа. В посевах сахарной свёклы наибольшая активность уреазы наблюдалась при отвальной разноглубинной обработке – 6,51. Максимальная активность инвертазы составила 20,9 мг глюкозы на 1 г за 24 часа, также в посевах сахарной свёклы.

По соотношению активности полифенолоксидазы и пероксидазы можно судить о глубине процессов гумификации, которую отражает условный коэффициент гумификации. При отвальной разноглубинной обработке в черном пару он составил 0,79, в посевах сахарной свёклы – 1,00. Культуры севооборота и системы обработки почвы повлияли на соотношение гумификационных процессов. Так, если при безотвальной обработке чёрного пара коэффициент гумификации снизился, по сравнению с разноглубинной отвальной обработкой, на 60 %, то в посевах озимой пшеницы – на 6 %, в посевах сахарной свёклы – на 74 %.

Таким образом, лучшие условия для микробиологических процессов в почве складывались при системе комбинированной обработки.

## **ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО НА СОДЕРЖАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВЕ И РАСТЕНИЯХ**

Определено, что содержание в почве нитратного азота и нитрификационная способность в чёрном пару увеличились к летнему определению по сравнению с определением в начале вегетации. Так, в слое 0-15 см содержание нитратного азота варьировало в весенний период от 12,7 мг/кг до 16,8 мг/кг; в летний период – от 20,7 мг/кг до 29,6 мг/кг, нитрификационная способность – от 22,0 до 28,3 мг/кг и от 28,4 до 33,5 мг/кг соответственно.

Динамика содержания подвижного фосфора и обменного калия менее вариабельна, чем азота. Так, в весенний период содержание подвижного фосфора в слое 0-15 см составляло 89-126 мг/кг, а в осенний 116-136 мг/кг. Содержание обменного калия – 124-153 мг/кг и 120-145 мг/кг соответственно. Большие показатели содержания питательных элементов соответствовали отвальной разноглубинной обработке почвы.

В посевах озимой пшеницы содержание нитратного азота в весенний период в слое 0-15 см составило 8,9-19,3 мг/кг, а в период уборки – 7,5-12,1 мг/кг. С глубиной содержание нитратов убывало до 4,2 мг/кг. Нитрификационная

способность почвы составила в слое 0-15 см 15,7-25,6 мг/кг; в слое 15-30 см – 14,1-25,3 мг/кг; в слое 30-50 см – 13,2-20,1 мг/кг. Большие показатели содержания нитратов отмечены при безотвальной обработке почвы, а меньшие – при отвальной обычной.

Содержание подвижного фосфора и обменного калия за вегетацию уменьшалось из-за их потребления культурой. Больше снижение подвижного фосфора (с 148 мг/кг до 118 мг/кг) в слое 0-15 см составило при безотвальной обработке почвы. Минимальное количество обменного калия к уборке в слое 0-15 см составило 116 мг/кг при комбинированной обработке почвы.

В посевах сахарной свёклы динамика содержания нитратов в почве другая, чем в пару и в посевах озимой пшеницы. Так, нитрификационная способность почвы существенно увеличилась, и составила в слое 0-15 см в начале вегетации 37,9-38,9 мг/кг, по завершении вегетации – 34,6-30,7 мг/кг. Большие значения в весеннее определение соответствовали безотвальной обработке почвы, а в осеннее определение – разноглубинной отвальной.

Содержание подвижного фосфора в 0-15 см слое почвы в начале вегетации культуры составляло 125-143 мг/кг; в слое 15-30 см – 119-125 мг/кг, к уборке содержание составило 111-116 мг/кг и 102-111 мг/кг соответственно. Содержание обменного калия варьировало за вегетацию в пахотном слое от 95 мг/кг до 158 мг/кг, а в подпахотном слое – от 84 до 106 мг/кг. Более значительное снижение содержания элементов питания к уборке наблюдалось при безотвальной обработке почвы.

В посевах ячменя содержание нитратов в 0-15 см слое почвы в начале вегетации варьировало от 8,9 мг/кг при отвальной обычной обработке до 11,4 мг/кг – при комбинированной обработке. В слое 15-30 см – от 8,0 мг/кг до 25 мг/кг. В завершении вегетации содержание элемента и его изменение по вариантам опыта сокращалось.

Нитрификационная способность почвы к завершению вегетации увеличилась при разноглубинной и обычной отвальной обработках, в среднем на 62 %; при безотвальной – на 82 %; при комбинированной – на 84 %.

Содержание подвижного фосфора слабо варьировало в весенний период – в слое 0-15 см от 111 мг/кг до 115 мг/кг, в слое 15-30 см – от 86 мг/кг до 97 мг/кг. При завершении вегетации большее содержание (118 мг/кг) в слое 0-15 см и 103 мг/кг в слое 15-30 см отмечено при комбинированной обработке. Больше содержание обменного калия в почве, как в весенний, так и в осенний срок наблюдения, установлено при разноглубинной отвальной обработке (в слое 0-15 см 134 мг/кг и 100 мг/кг). Минимальные значения определены при комбинированной обработке – 104 мг/кг и 98 мг/кг. Следовательно, изменение питательного режима почвы зависит от систем обработки почвы в севообороте и от возделываемых культур.

В целом по звену севооборота в пахотном слое почвы за вегетацию культур наибольшее содержание нитратного азота наблюдалось при обычной отвальной и безотвальной обработках почвы в черном пару – 18,3 и 19,0 мг/кг, наименьшее – 8,1 мг/кг – при возделывании ячменя и обычной отвальной обработке (рис. 1). Оценивая влияние культур на содержание элемента в почве, установлено, что в почве чёрного пара показатель (15,5-19,0 мг/кг), в 2 раза выше, чем при возделывании культур (8,1-13,8 мг/кг). Безотвальная обработка почвы в большей степени, чем другие обработки способствовала повышению содержания нитратов.

Нитрификационная способность почвы – показатель потенциальной способности к обеспечению растений азотом свидетельствует, что в чёрном пару (27,6 мг/кг)

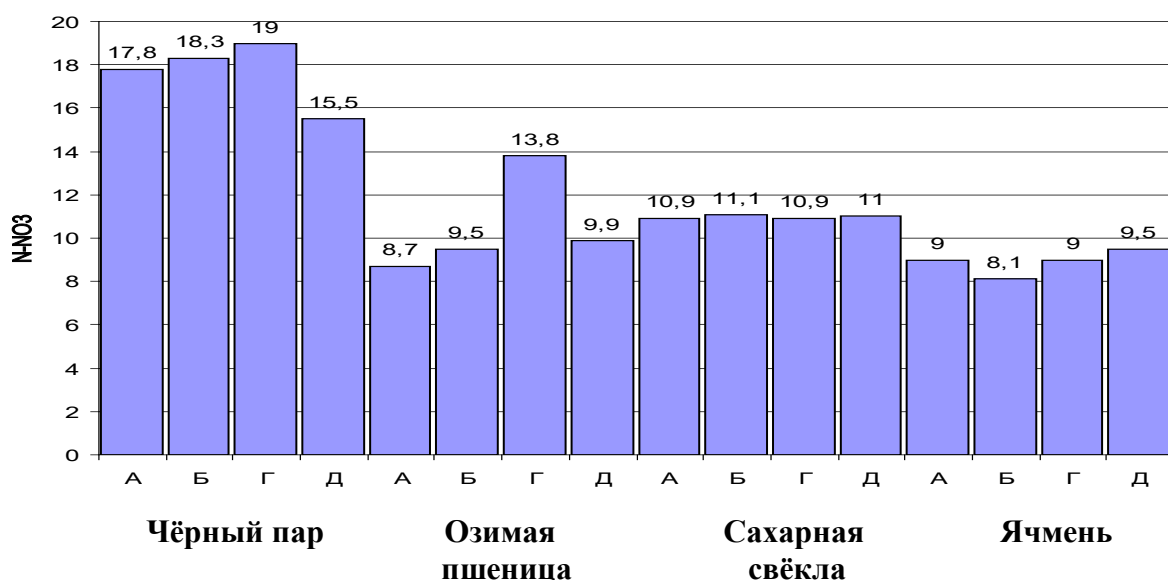


Рисунок 1 – Среднее за вегетацию содержание в почве нитратного азота в свежих образцах при обработке (мг/кг, 0-30 см), 2015-2018 гг.

А, Б, Г, Д – обработка почвы ( см. раздел « Условия... »)

и в посевах озимой пшеницы (23,6 мг/кг) она максимально увеличивалась при безотвальной обработке почвы (рис. 2).

В посевах сахарной свёклы нитрификационная способность почвы увеличилась на 35 % по сравнению с чёрным паром, и на 56 % - по сравнению с озимой пшеницей, что связано с увеличением количества вносимых удобрений. Наибольшие значения – 34,4 мг/кг были получены при комбинированной обработке, что свидетельствует о её преимуществе.

Нитрификационная способность почвы в посевах ячменя характеризовалась незначительным влиянием обработки почвы и самыми низкими показателями (19,7-20,9 мг/кг).

Вариабельность содержания подвижного фосфора в почве под культурами звена севооборота более низкая, чем азота. Так, максимальное среднее за ве-

гетацию значение (133 мг/кг) было при разноглубинной отвальной обработке почвы, а минимальное (102 мг/кг) – при безотвальной обработке (рис. 3).

В среднем, в пахотном слое почвы большее содержание (122-133 мг/кг) определено при возделывании озимой пшеницы и сахарной свёклы (112-124 мг/кг). Содержание подвижного фосфора в почве чёрного пара и в посевах ячменя составило 102-113 мг/кг, что на 8-23 % меньше. Бóльшее содержание элемента определялось в посевах озимой пшеницы и сахарной свёклы при разноглубинной отвальной обработке, а в чёрном пару – при комбинированной обработке.

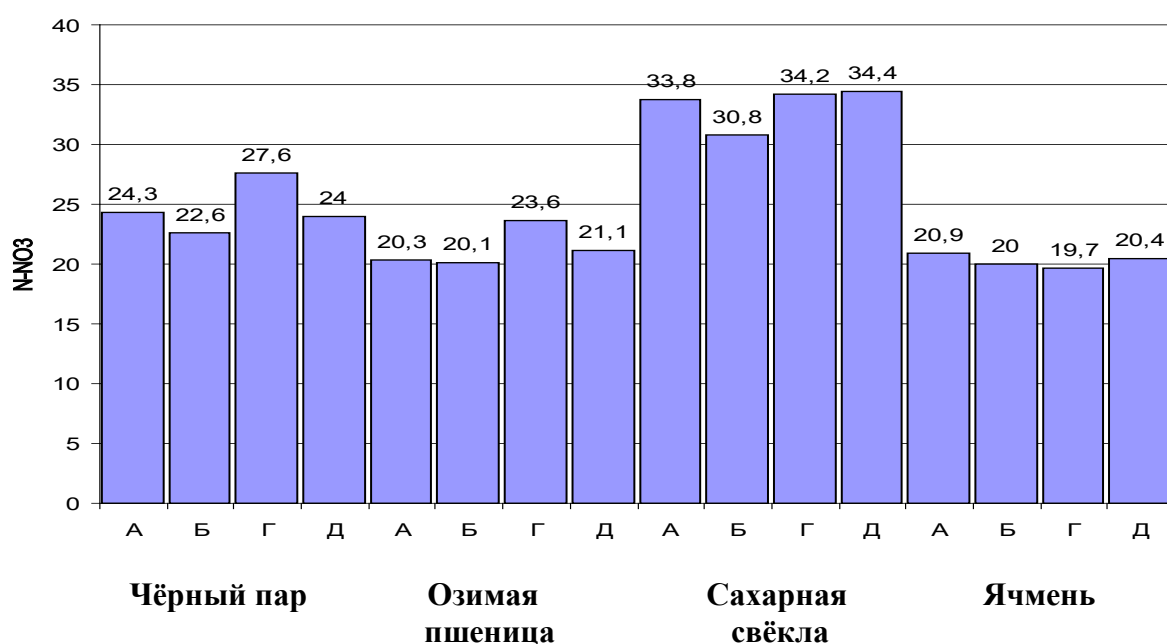


Рисунок 2 – Среднее за вегетацию содержание в почве азота после компостирования при обработке (мг/кг, 0-30 см), 2015-2018 гг.

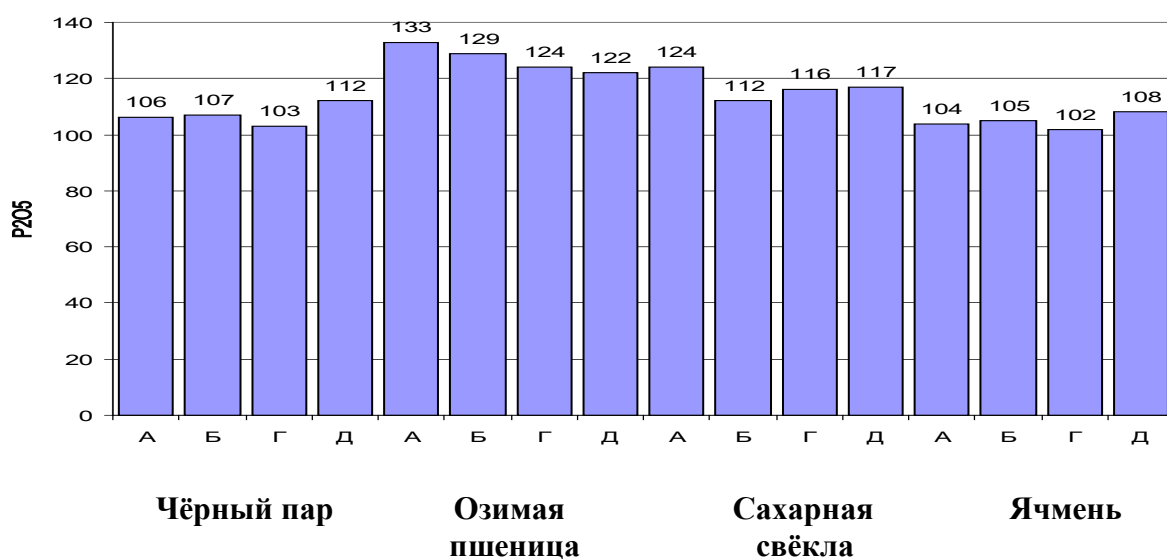


Рисунок 3 – Среднее за вегетацию содержание в почве подвижного фосфора при обработке (мг/кг, 0-30 см), 2015-2018 гг.

Вариабельность содержания обменного калия в почве под культурами также незначительная (90-119 мг/кг), однако при отвальной разноглубинной обработке содержание элемента повышалось: в чёрном пару – до 135 мг/кг; в посевах озимой пшеницы – до 138 мг/кг; в посевах сахарной свёклы – до 130 мг/кг, или в среднем на 16 % (рис. 4).

Профильное распределение марганца, кобальта, меди, цинка и никеля в почве зависело от обработки почвы. Так, содержание марганца при отвальной разноглубинной обработке в слое 0-15 см составило 26 мг/кг, а в слое 30-50 см – 38 мг/кг; при безотвальной обработке – 31,6 и 19,0 мг/кг соответственно. Содержание никеля при разноглубинной отвальной обработке в слое 0-15 см.

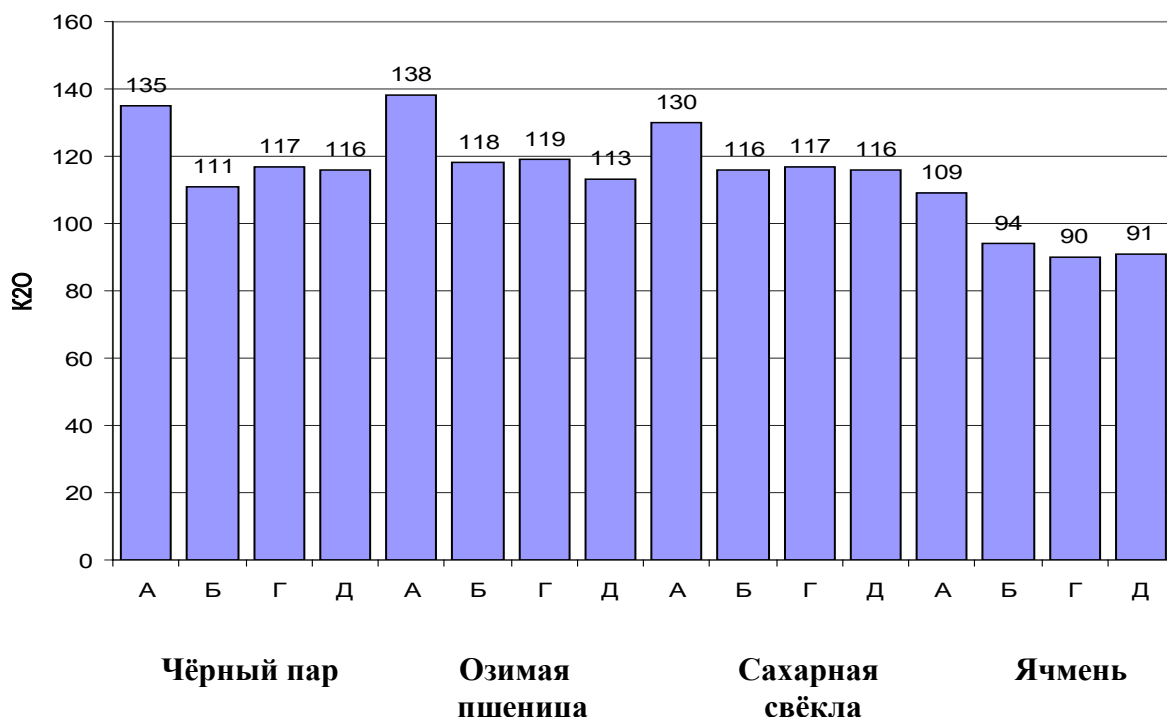


Рисунок 4 – Среднее за вегетацию содержание в почве обменного калия при обработке (мг/кг, 0-30 см), 2015-2018 гг.

составило 0,17 мг/кг; в слое 30-50 см – 0,49 мг/кг, при безотвальной обработке 0,59 и 0,51 мг/кг соответственно.

Содержание подвижных форм изученных тяжёлых металлов не превышало предельно допустимых концентраций, а обработка почвы существенно не изменяла их содержания.

Чем меньше растения потребляют питательных элементов на образование единицы продукции, тем эффективнее предлагаемая агротехника. Так, менее всего питательных веществ растения озимой пшеницы потребляли при комбинированной обработке почвы – 51,0 кг/т, а больше – 55,4 кг/т – при обычной отвальной обработке (табл. 3).

Вынос азота по опыту с 1 т урожая составил 87-90 % от нормативного (25,9 кг/т); фосфора – 122-133 % (9,3 кг/т); калия – 75-86 % (23,5 кг/т) соответственно. Наибольший вынос питательных элементов озимой пшеницей – 97

кг/т азота, 50 кг/т – фосфора и 78 кг/т – калия, был при комбинированной обработке.

Сахарная свёкла потребляла 138-173 кг/т азота, 44-56 кг/т – фосфора и 213-265 кг/т – калия. Наименьший вынос азота на образование 1 т корнеплодов составил 3,1 кг/ т при разноглубинной отвальной обработке (норматив 4,5 кг/т), фосфора – 1,3 кг/т (норматив 1,3 кг/т) и калия – 6,2 кг/т (норматив 5,9 кг/т) – при обычной отвальной обработке почвы. Наименьший суммарный вынос питательных элементов составил при обычной отвальной обработке 11,8 кг/т.

Ячмень выносит с урожаем 43-51 кг/га азота, 30-33 кг/га фосфора и 35-44 кг/га калия, что значительно меньше, чем озимая пшеница и сахарная свёкла. Однако вынос элементов питания ячменём на образование 1 т зерна сопоставим с озимой пшеницей: азота – 19,6-21,8 кг/т; фосфора – 13,8-14,2 кг/т; калия – 16,6-18,2 кг/т.

Таблица 3 – Вынос питательных элементов с урожаем, 2015-2018 гг.

Культуры	Обработка почва	Вынос, кг/га			Вынос на 1 т продукции, кг			
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Сумма
Озимая пшеница	отвальная разноглубинная	82	44	72	22,1	11,8	19,3	53,2
	отвальная обычная	76	42	68	22,7	12,4	20,3	55,4
	безотвальная	82	47	72	21,9	12,4	19,2	53,5
	комбинированная	97	50	78	22,0	11,4	17,6	51,0
Сахарная свёкла	отвальная разноглубинная	138	56	265	3,7	1,5	7,1	12,3
	отвальная обычная	148	44	213	4,3	1,3	6,2	11,8
	безотвальная	173	53	250	5,4	1,6	7,7	14,7
	комбинированная	167	55	253	4,4	1,4	6,6	12,4
Ячмень	отвальная разноглубинная	49	33	44	20,5	13,8	18,2	52,5
	отвальная обычная	45	30	35	20,9	14,0	16,6	51,5
	безотвальная	43	30	40	19,6	13,8	18,4	51,8
	комбинированная	51	33	42	21,8	14,2	18,1	54,1

Нормативные показатели выноса превышали только по выносу фосфора на 42-46 %. Самой эффективной оказалась обычная отвальная обработка.

Оценка сахарной свёклы по урожайности и сахаристости дополняется показателями технологического качества. В корнеплодах, выращенных на комбинированной обработке, содержание зольных элементов было минимальным: калия – 3,12 ммоль/100 г свёклы, натрия – 1,15 ммоль/100 г свёклы α-аминного азота – 1,80 ммоль/100 г свёклы. Такая обработка почвы снижает потери сахара



в мелассе до 2,27 %, увеличивает прогнозируемый выход сахара до 14,55 % и коэффициент его извлечения до 81,65 %.

Системы обработки почвы изменяли почвенные условия и фитосанитарное состояние посевов. В начале вегетации засорённость посевов озимой пшеницы составила при отвальной разноглубинной и комбинированной обработках 42-43 шт/м<sup>2</sup>, а при безотвальной увеличивалась на 57 %. Минимальное количество сорных растений в посевах сахарной свёклы – 51 шт/м<sup>2</sup> – определено при разноглубинной отвальной обработке почвы. При применении отвальной обычной обработки засорённость увеличивалась на 76 %, при безотвальной обработке – в 2,2 раза, при комбинированной – на 47 %. Аналогично изменялась засорённость ячменя (от 41 до 85 шт/м<sup>2</sup>). В среднем, по звену севооборота наименьшая засорённость составила 45 шт/м<sup>2</sup> при разноглубинной отвальной обработке почвы, а наибольшая – 89 шт/м<sup>2</sup> – при безотвальной обработке.

Распространённость корнееда сахарной свёклы составила 25,0-31,9 %, а развитие – 14,0-16,7 %. Самая низкая поражённость всходов отмечена при комбинированной обработке почвы, а самая высокая – при безотвальной.

Болезни листового аппарата сахарной свёклы перед уборкой проявлялись в зависимости от обработки почвы. Так, наибольшая распространённость церкоспороза – 41,5 % - наблюдалась при обычной отвальной обработке, бактериального увядания (12,5 %) и мучнистой росы (10,6 %) – при разноглубинной отвальной обработке, желтухи (16,3 %) – при безотвальной. При комбинированной обработке почвы существенно снижалась поражённость листьев сахарной свёклы мучнистой росой и бактериальным увяданием.

### **ФИЗИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ**

Количество агрономически ценных агрегатов в пахотном слое почвы чёрного пара составило 67-80 % при коэффициенте структурности 2,0 - 4,0 (табл. 4). Наилучшее соотношение почвенных агрегатов определено при комбинированной обработке почвы, а наибольшая водостойчивость почвенных агрегатов – при безотвальной обработке (коэффициент водостойчивости – 0,92).

В посевах озимой пшеницы структурно-агрегатный состав почвы несколько ухудшался за счёт увеличения количества пыли. Большую устойчивость показала отвальная разноглубинная обработка почвы, где коэффициент структурности составил 2,8, что на 17-33 % выше, чем при других обработках.

В посевах сахарной свёклы структурно-агрегатный состав пахотного слоя ухудшался по сравнению с чёрным паром и озимой пшеницей, а наибольший коэффициент структурности (2,8) определён при отвальной разноглубинной обработке. Безотвальная и обычная отвальная обработки почвы снижали данный показатель до 1,9-2,0.

После возделывания сахарной свёклы в посевах ячменя увеличивается количество глыбистой фракции (до 36 %) при уменьшении агрономически ценной фракции. Следовательно, в паровом звене севооборота только в чёрном пару улучшалось структурное состояние почвы.

Таблица 4 – Структурно-агрегатный состав почвы (0-30 см), 2015-2017 гг.

Культура	Обработка почвы	Почвенные агрегаты (%) размером (мм) при сухом просеивании			*КС	Водопрочные агрегаты (%) размером (мм)			*КВ
		>10	10-0,25	<0,25		>3	>1	>0,25	
Чёрный пар	отвальная разноглубинная	20	77	3	3,3	12	49	85	0,88
	отвальная обычная	22	75	3	3,0	9	51	85	0,92
	безотвальная	29	67	4	2,0	11	50	88	0,85
	комбинированная	17	80	3	4,0	11	42	83	0,90
Озимая пшеница	отвальная разноглубинная	22	72	6	2,8	14	39	85	0,87
	отвальная обычная	24	71	5	2,4	19	36	83	0,87
	безотвальная	26	38	6	2,1	20	35	82	0,88
	комбинированная	25	70	5	2,3	15	38	84	0,88
Сахарная свёкла	отвальная разноглубинная	25	70	5	2,3	13	42	84	0,93
	отвальная обычная	28	67	5	2,0	15	39	88	0,92
	безотвальная	28	66	6	1,9	16	43	87	0,89
	комбинированная	21	74	5	2,8	13	34	85	0,88
Ячмень	отвальная разноглубинная	33	63	4	1,7	18	44	84	0,86
	отвальная обычная	30	67	3	2,0	20	45	84	0,92
	безотвальная	36	58	6	1,4	18	42	87	
	комбинированная	30	68	2	2,1	24	52	86	0,88

НСР<sub>05</sub> для обработки=4, \*КС – коэффициент структурности, \*КВ – коэффициент водоустойчивости

НСР<sub>05</sub> для культур=3

Плотность сложения пахотного слоя почвы в чёрном пару в начале вегетации составила 0,99-1,09 г/см<sup>3</sup>; в посевах озимой пшеницы – 0,94-0,98 г/см<sup>3</sup>; в посевах сахарной свёклы – 0,97-1,02 г/см<sup>3</sup>; в посевах ячменя – 0,84-1,10 г/см<sup>3</sup>, общая пористость 57-61%, 62-63 %, 60-62 % и 57-67 % соответственно. К уборке культур плотность сложения возрастала до 1,16 г/см<sup>3</sup>, соответственно уменьшалась пористость. Подпахотный слой почвы имел большую плотность и меньшую пористость, чем пахотный. Установлено, что более высокие показатели соответствовали безотвальной обработке почвы.

Так, плотность сложения пахотного слоя чёрного пара, в среднем за вегетацию, составила 1,10 г/см<sup>3</sup>, что на 8 % выше, чем при разноглубинной отвальной обработке. В посевах ячменя 1,13 г/см<sup>3</sup> и 23 % соответственно.

Весеннее определение содержания влаги в почве показало равноценное влияние обработок почвы, а культуры севооборота влияли на влажность почвы. Так, в посевах ячменя в метровом слое почвы содержалось 264-273 мм/га влаги, а в чёрном пару – 282-301 мм/га. Перед уборкой запасы влаги в почве существенно уменьшились: до 250 мм/га в чёрном пару и до 190-209 мм/га – в посевах озимой пшеницы, сахарной свёклы и ячменя. Структура расхода влаги показала, что в чёрном пару наименьшее использование запасов почвенных слоёв наблюдалось при комбинированной обработке почвы – 10 мм/га, тогда как при других обработках оно составило 27-36 мм/га (табл. 5).

Водопотребление озимой пшеницы составило 279-290 мм/га, из которых 16-20 % приходится на запасы почвенных слоёв, а 80-84 % - на осадки. Наименьший коэффициент водопотребления – 64,2 мм/т и транспирации – 32,0 мм/т – установлен при комбинированной обработке, а наибольший – 87,2 и 38,8 мм/т – при обычной отвальной соответственно, или увеличился на 21-36 %.

Суммарное водопотребление сахарной свёклы по сравнению с озимой пшеницей возросло на 20-45 %, и составило 399,9-408,4 мм/т, в том числе за счёт запасов метрового слоя почвы 81,0-89,5 мм/т. Большее использование влаги почвенных слоёв происходило при комбинированной обработке, меньшее – при безотвальной обработке. Доля осадков в суммарном водопотреблении составила 80 %. Более экономно растения сахарной свёклы потребляли при разноглубинной отвальной обработке почвы: коэффициент водопотребления составил 10,7 мм/т и транспирации – 27,4 мм/т. При применении других обработок почвы коэффициенты увеличивались на 2-21 %.

Наименьшее суммарное водопотребление составило 217,2 мм/га – при возделывании ячменя и разноглубинной отвальной обработке. При других обработках оно составляло 230,2-239,2 мм/га. Доля использования влаги почвы увеличилась до 25-32 %, а доля использования осадков сократилась. При применении разноглубинной отвальной обработки коэффициент водопотребления и транспирации составил 90,4 и 50,2 мм/т, что на 18-25 % ниже, чем при других обработках.

Таблица 5 – Структура водопотребления культур севооборота, 2015-2018 гг.

Культура	Обработка почвы	Водопотребление							Доля осадков, %	Коэффициенты, мм/т	
		Суммарное, мм/т	в т.ч. за счёт почвенных слоёв, см							водопотребления	транспирации
			0-30		0-50		0-100				
			мм	%	мм	%	мм	%			
Чёрный пар	отвальная разноглубинная	-	19,5	-	18,6	-	35,7	-	-	-	
	отвальная обычная	-	17,2	-	21,2	-	27,3	-	-	-	
	безотвальная	-	21,1	-	10,0	-	31,5	-	-	-	
	комбинированная	-	9,3	-	5,4	-	9,9	-	-	-	
Озимая пшеница	отвальная разноглубинная	278,7	14,7	5	28,9	10	45,4	16	84	74,9	35,2
	отвальная обычная	292,8	8,5	3	18,6	6	59,5	20	80	87,2	38,8
	безотвальная	290,7	10,5	4	22,0	8	57,4	20	80	77,1	36,9
	комбинированная	283,4	10,7	4	21,0	7	50,4	18	82	64,2	32,0
Сахарная свёкла	отвальная разноглубинная	402,5	19,6	5	41,3	10	83,6	21	79	10,7	27,4
	отвальная обычная	402,5	23,8	5	43,1	10	83,6	21	79	11,6	33,2
	безотвальная	399,9	19,4	5	39,6	10	81,0	20	80	12,4	29,1
	комбинированная	408,4	21,2	5	44,8	11	89,5	22	78	10,1	32,8
Ячмень	отвальная разноглубинная	217,2	21,2	10	43,1	20	55,0	25	75	90,4	50,2
	отвальная обычная	239,2	25,3	11	46,2	19	77,0	32	68	111,1	62,9
	безотвальная	230,3	23,7	10	37,4	16	68,1	29	71	105,1	56,9
	комбинированная	232,1	17,3	7	35,9	15	69,9	30	70	100,0	54,0

Улучшение режима влажности чернозёма выщелоченного при разноглубинной отвальной и комбинированной обработках почвы, объясняется улучшением структурно-агрегатного состава и снижением плотности сложения пахотного слоя чернозёма выщелоченного.

## **ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЗА 4 РОТАЦИИ СЕВООБОРОТА**

Оптимизация обработки почвы является мощным средством регулирования почвенного плодородия и приведением параметров почвы в соответствии с требованиями растений. Изменение параметров плодородия почвы за четыре ротации севооборота характеризуют более интенсивное повышение содержания питательных элементов при разноглубинной отвальной обработке. Так, содержание азота после компостирования в пахотном слое почвы увеличивалось с 28 мг/кг в 1985 году до 36 мг/кг в 2015-2016 годах (табл. 6) При других обработках почвы увеличение содержания питательных элементов было ниже.

Физические свойства чернозёма выщелоченного изменялись в пределах оптимальных значений. Так, плотность сложения при разноглубинной обработке составляла 1,17-1,18 г/см<sup>3</sup>; при безотвальной – 1,18-1,22 г/см<sup>3</sup>; при комбинированной – 1,13-1,20 г/см<sup>3</sup>. Структура почвы значительно улучшалась при комбинированной обработке. Сопоставление фактических полученных показателей агрофизических и агрохимических свойств с оценочными значениями показывает, что физическое состояние чернозёма выщелоченного оптимально, а содержание питательных веществ имеет удовлетворительную оценку, и не достигает высокой обеспеченности для возделываемых культур.

Оценивая значения микробиологической активности почвы за 3 ротации севооборота с 1996 по 2018 годы можно заключить, что активность иммобилизирующих бактерий значительно увеличилась, особенно при безотвальной обработке почвы – с 3,8 до 8,8 млн. КОЕ в 1 г почвы; а аммонифицирующих – с 3,9 до 6,2 млн. КОЕ в 1 г почвы. Коэффициент минерализации при комбинированной обработке почвы оставался примерно одинаковым, как во второй ротации (0,9) севооборота, так и в четвертой (0,8). Показатель микробиологической трансформации органического вещества, напротив, при такой обработке почвы оставался самым высоким, как во второй ротации (8,7), так и в четвёртой (14,2); при других обработках он составил 2,1-3,2. При комбинированной обработке почвы коэффициент гумификации составил 2,2, что на 47-100 % выше, чем при безотвальной и разноглубинной отвальной обработках почвы.

Количество олигозофиллов, споровых бактерий мало изменялось за время исследований, а количество целлюлозолитических бактерий выросло, количество фосфобактерий уменьшилось в 3 раза.

Таблица 6 – Содержание питательных веществ и агрофизические свойства почвы за 4 ротации севооборота в посевах сахарной свёклы, 1986-2016 гг.

Обработка почвы	Годы	Содержание, мг/кг			Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	Коэффициенты		
		N-NO <sub>3</sub> после компостирования	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		структурности	водоустойчивости	водопотребления
Исходные показатели	1986-1987	40	59	90	1,10	2,4	0,89	-
Разноглубинная отвальная	1994-1996	46	72	121	1,17	2,7	0,87	10,2
	2002-2005	45	131	122	1,17	2,2	0,85	10,2
	2015-2016	38	138	129	1,18	2,4	0,87	10,7
Безотвальная	1994-1996	50	69	110	1,18	2,5	0,89	14,6
	2002-2005	40	124	120	1,18	2,2	0,85	10,8
	2015-2016	38	129	124	1,22	2,1	0,92	12,4
Комбинированная	1994-1996	42	74	113	1,14	2,0	0,90	10,4
	2002-2005	39	118	119	1,13	3,2	0,88	12,4
	2015-2016	37	125	116	1,20	3,1	0,89	10,7
Оптимальные показатели		60-70	120-150	>180	1,11-1,17	2,0-4,0	0,8-1,0	

Проведённые исследования позволили установить существенную взаимосвязь между некоторыми показателями плодородия чернозёма выщелоченного в плодосменном севообороте ЦЧР. Более тесная связь отмечается между плотностью сложения пахотного слоя почвы и содержанием подвижного фосфора и обменного калия, между суммарным выносом питательных веществ сахарной свёклы и активностью протеазы, между интенсивностью дыхания и коэффициентом гумусонакопления, урожайностью и коэффициентом гумусонакопления.

## **ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ**

Обработка почвы является одним из важнейших элементов технологии возделывания, через которую растения реализуют свой потенциал.

Результаты исследований показывают, что наибольшая урожайность озимой пшеницы (4,41 т/га) и сахарной свёклы (38,1 т/га) была при комбинированной обработке почвы, что существенно (на 18-31 %) выше, чем при обычной отвальной и безотвальной обработках почвы (табл. 7).

Таблица 7 – Урожайность, энергетическая и экономическая эффективность возделывания культур в зависимости от обработки почвы, (2015-2018 гг.).

Культура	Обработка почвы	Урожайность, т/га	Выход сухого вещества, г/1 растение	Коэффициент энергетической эффективности	Себестоимость, тыс. руб/т	Условно чистый доход, тыс. руб/га	Уровень рентабельности, %
Озимая пшеница НСР <sub>05</sub> =0,34	разноглубинная отвальная	3,71	2,78	1,7	5,01	5,2	28
	обычная отвальная	3,36	2,90	1,6	5,15	4,3	25
	безотвальная	3,76	2,90	1,8	4,57	6,9	40
	комбинированна	4,41	3,24	2,0	4,22	9,7	52
Сахарная свёкла НСР <sub>05</sub> =2,1	разноглубинная отвальная	37,6	174	3,8	1,28	8,2	17
	обычная отвальная	34,6	146	3,5	1,34	5,5	12
	безотвальная	32,3	165	3,7	1,40	3,1	7
	комбинированна	38,1	180	3,2	1,26	8,9	18
Ячмень НСР <sub>05</sub> =0,16	разноглубинная отвальная	2,40	1,17	2,3	5,17	2,2	18
	обычная отвальная	2,15	1,09	2,4	5,58	1,2	10
	безотвальная	2,19	1,09	2,6	5,39	1,5	11
	комбинирован	2,32	1,26	2,8	5,09	2,4	20

Большая урожайность ячменя (2,4 т/га) определена при разноглубинной отвальной обработке, а безотвальная и обычная отвальная обработки почвы снижали урожайность до 2,15-2,19 т/га, или на 9-10 %.

В целом, по звену севооборота большая продуктивность (5,75 т/га к.е.) достигалась при разноглубинной отвальной и комбинированной обработках, что на 2-8 % выше, чем при других обработках.

Наибольшая продуктивность одного растения озимой пшеницы при комбинированной обработке составила 3,24 г сухих веществ, что на 10-14 % выше, чем при других обработках почвы, сахарной свёклы – 180 г и 3-19%, ячменя – 1,26 г и 8-16 % соответственно.

Энергетическая эффективность возделывания озимой пшеницы составила 1,6-2,0, а ячменя – 2,3-2,8 (максимум – при комбинированной обработке), сахарной свёклы – 3,2-3,8 (максимум – при разноглубинной отвальной обработке). В среднем, коэффициент энергетической эффективности составлял от 2,7 при разноглубинной отвальной обработке до 2,5 – при обычной отвальной.

Затраты на возделывание составили: 17,2-18,6 тыс. руб/га – озимой пшеницы; 45,3-48,2 тыс. руб/га – сахарной свёклы; 11,8-12,4 тыс. руб/га – ячменя. Себестоимость тонны зерна озимой пшеницы составила 4,2-5,2 тыс. руб., ячменя – 5,09-5,58 тыс. руб., тонны корнеплодов сахарной свёклы – 1,26-1,34 тыс. руб. Меньшая себестоимость продукции получена при комбинированной обработке.

Большой условно чистый доход и рентабельность наблюдались при комбинированной обработке. Так, например, при возделывании озимой пшеницы доход составил 9,7 тыс. руб/га при 52 % рентабельности, что на 30-125 % выше, чем при других обработках почвы. В звене севооборота условно-чистый доход составил при разноглубинной отвальной обработке 3,9 тыс. руб/га, при обычной отвальной и безотвальной – 2,8-2,9 тыс. руб/га, а при комбинированной – 5,3 тыс. руб/га, а рентабельность - 21, 16-19, 30 % соответственно.

### **Заключение**

Выявлено повышение эффективного плодородия при различных обработках чернозёма выщелоченного с внесением  $N_{59}P_{59}K_{59} + 11$  т навоза на 1 га севооборотной площади, выражающиеся в увеличении содержания питательных элементов в почве, биологической активности, валового содержания гумуса и его активных форм, а также в создании равновесного соотношения процессов синтеза и распада гумуса, при оптимальных, стабильных агрофизических показателях почвы.

Для дальнейшего роста продуктивности севооборота с максимальной экономической эффективностью, необходимо увеличивать содержание питательных элементов в чернозёме выщелоченном, поддерживать его физические свойства в оптимальном состоянии, что обеспечивается при использовании комбинированной основной обработки почвы в севообороте.



## Выводы

1. Выявлено различное влияние систем основной обработки почвы в плодосменном севообороте ЦЧР на эффективное плодородие чернозёма выщелоченного и продуктивность сельскохозяйственных культур.

2. Установлено, что при комбинированной обработке чернозёма выщелоченного максимально повышалось содержание валового гумуса и его активных форм на 7-25 % по сравнению с разноглубинной отвальной и на 19-40 % по сравнению с безотвальной обработками.

3. Доказано, что комбинированная обработка почвы способствует большей (в 3,0-5,5 раза) активизации групп микробиологических сообществ по сравнению с безотвальной и отвальной разноглубинной обработками, при этом в 1,5-5,7 раз снизился коэффициент минерализации, в 4,7-5,7 раз увеличился показатель микробиологической трансформации органического вещества и в 1,5-2,0 раза – условный коэффициент гумификации.

4. Выявлено, что максимальная активность каталазы в чёрном пару и в посевах сахарной свёклы наблюдалась при комбинированной обработке почвы, в посевах озимой пшеницы - при безотвальной обработке, показано, что большая активность фосфатазы отмечена при безотвальной обработке в посевах озимой пшеницы и при разноглубинной отвальной – в посевах сахарной свёклы.

5. Определено, что наибольший коэффициент гумусонакопления в чёрном пару (0,79), в посевах озимой пшеницы (1,11), в посевах сахарной свёклы (1,00) наблюдался при разноглубинной отвальной обработке почвы.

6. Показано, что большее содержание азота в свежих образцах (19,0 мг/кг) было в чёрном пару при безотвальной обработке, содержание азота после компостирования (34,4 мг/кг) – в посевах сахарной свёклы при комбинированной обработке, подвижного фосфора (133 мг/кг) и обменного калия (138 мг/кг) – в посевах озимой пшеницы при разноглубинной отвальной обработке.

7. Раскрыто, что более экономный вынос питательных элементов озимой пшеницей с 1 т зерна (N – 22,0 кг/т; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 11,4 кг/т; K<sub>2</sub>O – 17,6 кг/т) был при комбинированной обработке почвы, ячменём (N – 20,9 кг/т; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 14,0 кг/т; K<sub>2</sub>O – 16,6 кг/т) и сахарной свёклой с 1 т корнеплодов (N – 4,3 кг/т; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1,3 кг/т; K<sub>2</sub>O – 6,2 кг/т) – при обычной отвальной обработке.

8. Отмечено, что засорённость посевов при разноглубинной отвальной обработке почвы снижалась, и составила 41-51 шт/м<sup>2</sup>. Минимальная распространённость церкоспороза и желтухи листьев сахарной свёклы наблюдалась при безотвальной и отвальной обычной обработках почвы, а бактериального увядания, мучнистой росы и корнееда при комбинированной обработке.

9. Определено, что в течение четырёх ротаций севооборота структурное состояние, плотность, режим влажности почвы находились в оптимальных значениях, а содержание N - NO<sub>3</sub> в почве после компостирования увеличилось с 30 до 50 мг/кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – с 52 до 138 мг/кг, K<sub>2</sub>O – с 90 до 129 мг/кг.

Лучшая динамика питательных элементов в почве отслеживается при разноглубинной отвальной обработке.

10. Доказано, что по развитию биологических процессов в почве системы обработки почвы располагались в первой ротации в порядке убывания: разноглубинная отвальная > комбинированная > безотвальная, в четвёртой ротации: комбинированная > разноглубинная отвальная > безотвальная. Установлена положительная тесная взаимосвязь между плотностью сложения почвы и содержанием в ней подвижного фосфора и обменного калия, между выносом питательных веществ сахарной свёклы и активностью протеазы, между урожайностью и коэффициентом гумусонакопления.

11. Выявлено, что наибольшая урожайность озимой пшеницы (4,4 т/га) и сахарной свёклы (38,1 т/га) получены при комбинированной обработке почвы, а ячменя (2,4 т/га) при разноглубинной отвальной.

12. Доказано, что наибольший коэффициент энергетической эффективности при возделывании озимой пшеницы (2,0) и ячменя (2,8) был при комбинированной обработке почвы, сахарной свёклы (3,8) при разноглубинной отвальной.

13. Определено, что при возделывании озимой пшеницы с применением комбинированной обработки почвы обеспечивается наибольший чистый доход 9,7 тыс. руб/га с уровнем рентабельности – 52 %; сахарной свёклы – 8,0 тыс. руб/га и 18 %; ячменя – 2,4 тыс. руб/га и 20 % соответственно.

14. Установлено, что в звене севооборота (черный пар, озимая пшеница, сахарная свёкла) наибольшая продуктивность (5,75 к.е.), сбор сухих веществ (5,8 г/м<sup>2</sup>) и энергия, накопленная в урожае (84,1 ГДж/га) получены при разноглубинной отвальной обработке почвы, а наибольшая стоимость продукции (24,9 тыс. руб/га), условный чистый доход (5,3 тыс. руб/га) и уровень рентабельности (30 %) – при комбинированной обработке. Безотвальная обработка по сравнению с разноглубинной отвальной на 5 % снижала сбор сухих веществ, на 10 % стоимость продукции, на 26 % условный чистый доход и на 10% уровень рентабельности, а обычная отвальная обработка – на 12 %, 9 %, 28 % и 24 % соответственно.

### **Предложения производству**

На чернозёме выщелоченном в зоне неустойчивого увлажнения в звене чёрный пар, озимая пшеница, сахарная свёкла, ячмень плодосменного севооборота ЦЧР рекомендуется применение комбинированной обработки почвы, состоящей из отвальной обработки чёрного пара на глубину 25-27 см, под сахарную свёклу – отвальной обработки на 30-32 см с предварительными дисковым (на 6-8 см) и плоскорезным (на 12-14 см) лущениями, под ячмень после сахарной свёклы – плоскорезной обработки на 20-22 см.

### **Список работ, опубликованных по материалам диссертации.**

Публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ

1. Косякин П.А. Динамика потребления элементов питания и урожайность культур плодосменного севооборота в зависимости от систем обработки чернозёма выщелоченного в Центрально-Чернозёмном регионе / П.А. Косякин, О.К. Боронтов, О.А. Минакова, Е.Н. Манаенкова, **С.Ю. Плотников** // Агрехимия. – 2016. - № 11. – С. 45-54.
2. Косякин П.А. Влияние погодных условий и агротехники возделывания сахарной свёклы на ее продуктивность / П.А. Косякин, О.К. Боронтов, Д.А. Дьяков, Е.Н. Манаенкова, **С.Ю. Плотников** // Вестник Курганской ГСХА. – 2017.- № 2(22). – С. 48-50.
3. Боронтов О.К. Влияние основной обработки почвы на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы в ЦЧР / О.К. Боронтов, Л.Н. Путилина, Н.А. Лазутина, Е.Н. Манаенкова **С.Ю. Плотников** // Сахарная свекла. – 2018. - № 5. – С. 18-20.
4. Косякин П.А. Воздействие основной обработки почвы и удобрений на динамику роста корнеплодов сахарной свёклы / П.А. Косякин, О.К. Боронтов, Е.Н. Манаенкова, **С.Ю. Плотников** // Сахарная свёкла. – 2019. – № 6. – С.10-12.

#### Публикации в других изданиях

5. Косякин П. А. Влияние обработки чернозёма выщелоченного на его агрофизические и агрохимические свойства / П.А. Косякин, Е.Н. Манаенкова, О.К. Боронтов, **С.Ю. Плотников** // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сборник докладов научно-практической конференции – Курск. – 2015. – С. 93-95.
6. Косякин П.А Влияние погодных условий и агротехники возделывания сахарной свёклы на накопление сухого вещества и продуктивность культуры в ЦЧР / П.А Косякин, О.А. Минакова, Д.А. Дьяков, Е.Н. Манаенкова, О.К. Боронтов, **С.Ю. Плотников** // Научно-обоснованные системы сухого земледелия в современных условиях: материалы международной научно-практической конференции. – Волгоград. – 2016. – С.188-191.
7. **Плотников С.Ю.** Питательный режим чернозёма выщелоченного при различной обработке в плодосменном севообороте ЦЧР / **С.Ю. Плотников**, О.К. Боронтов // Аграрный потенциал в системе продовольственного обеспечения: теория и практика: материалы всероссийской научно-практической конференции. – Ульяновск. – 2016. – С. 67-71.
8. Минакова О.А. Влияние условий увлажнения на эффективность удобрений при возделывании сахарной свеклы / О.А. Минакова, Д.А. Дьяков, О.К. Боронтов, П.А. Косякин, Л.В. Александрова, **С.Ю. Плотников** // Агрэкологический вестник. – Выпуск 7: сборник статей. – Воронеж. – 2016. – С. 128-132.
9. Косякин П.А. Влияние многолетнего применения систем основной обработки почвы и удобрений на содержание тяжёлых металлов в почве / П.А. Косякин, О.К. Боронтов, Е.Н. Манаенкова, **С.Ю. Плотников** // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: материалы V международной научной экологической конференции. – Краснодар. – 2017. – С. 311-312.

10. **Плотников С.Ю.** Микробиологическая активность чернозёма выщелоченного при различной агротехнике возделывания сахарной свёклы / **С.Ю. Плотников, П.А. Косякин, Е.Н. Манаенкова, О.К. Боронтов** // Черноземы центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования: материалы научной конференции. – Воронеж. – 2017. – С. 290-293.
11. Минакова О.А. Содержание гумуса в чернозёме выщелоченном в зависимости от системы обработки почвы / О.А. Минакова, О.К. Боронтов, П.А. Косякин, Е.Н. Манаенкова, **С.Ю. Плотников** // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы XII международной научно-практической конференции. – Барнаул. – 2017. – С. 194-195.
12. Косякин П.А. Влияние погодных условий, обработки почвы и удобрений на засорённость и корнеед сахарной свёклы в ЦЧР / П.А. Косякин, О.К. Боронтов, О.И. Стогниенко, **С.Ю. Плотников, Е.Н. Манаенкова** // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов: материалы VIII международной научно-практической конференции. – Краснодар. – 2017. – С. 226-229.
13. Боронтов О.К. Дифференциация слоёв чернозёма по содержанию питательных веществ при различной агротехнике в севообороте и погодных условиях / О.К. Боронтов, П.А. Косякин, Е.Н. Манаенкова, **С.Ю. Плотников** // Докучаевское наследие и развитие научного земледелия в России: сборник научных докладов всероссийской научно-практической конференции. – Каменная Степь. – 2017. – С. 287-289.
14. Косякин П.А. Динамика и прогноз содержания гумуса в черноземе выщелоченном при обработке почвы и применении удобрений / П.А. Косякин, О.К. Боронтов, Е.Н. Манаенкова, **С.Ю. Плотников, Болдин А.А.** // Агроэкологический вестник. – выпуск 8. – ч II: международный сборник научных трудов. – Воронеж. – 2017. – С. 133-140.
15. Боронтов О.К. Динамика питательных элементов под культурами плодосменного севооборота при различной системе обработки почвы и удобрений / О.К. Боронтов, П.А. Косякин, О.А. Минакова, Е.Н., Манаенкова, **Плотников С.Ю.** // Актуальные вопросы применения удобрений в сельском хозяйстве: материалы международной научно-практической конференции. – Владикавказ. – 2017. – С. 36-39.
16. Боронтов О.К. Влияние основной обработки почвы на накопление питательных веществ культурами плодосменного севооборота в ЦЧР / О.К. Боронтов, П.А. Косякин, Е.Н. Манаенкова, **С.Ю. Плотников** // Наука – свекловодству: сборник научных трудов. – Воронеж. – 2017. – С. 40-53.