

**Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина**

*На правах рукописи*

**НАВОЛЬНЕВА ЕКАТЕРИНА ВИКТОРОВНА**

**ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЁМА ТИПИЧНОГО И УРОЖАЙНОСТИ  
КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ, СПОСОБОВ  
ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И СЕВООБОРОТОВ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ  
ЦЧР**

Специальность 06.01.04 – агрохимия

**Диссертация**

на соискание учёной степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор кафедры земледелия, агрохимии и экологии  
А.Г. Ступаков

**Белгород - 2018**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	4
<b>ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ</b>	9
<b>Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ</b>	9
1.1. Влияние вида севооборота, способов основной обработки почв и удобрений на питательный режим почвы	9
1.2. Содержание гумуса в почве в зависимости от вида севооборота, способов основной обработки почвы и удобрений	15
1.3. Действие основных агротехнологических приёмов на агрофизические свойства почвы	31
1.4. Урожайность озимой пшеницы и сахарной свёклы в зависимости от разных агроприёмов	36
<b>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ</b>	40
<b>Глава 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ</b>	40
2.1. Схема опыта и методика его проведения	40
2.2. Характеристика зоны по климатическим условиям и метеорологические наблюдения в годы проведения опыта	43
<b>Глава 3. ВЛИЯНИЕ СЕВООБОРОТОВ, СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЧЕРНОЗЁМЕ ТИПИЧНОМ</b>	47
3.1. Питательный режим чернозёма типичного	47
<b>Глава 4. ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ НА ВОСПРОИЗВОДСТВО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ</b>	59
4.1. Гумус	59
4.2. Гидролизующий азот	67
4.3. Фосфор	75
4.4. Калий	84
4.5. Гидролитическая кислотность	91
<b>Глава 5. ВЛИЯНИЕ СЕВООБОРОТОВ, СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ И УДОБРЕНИЙ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ</b>	101
5.1. Агрофизические свойства почвы	101
5.2. Биологическая активность почвы	111
<b>Глава 6. ВЛИЯНИЕ СЕВООБОРОТОВ, СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР</b>	114
<b>Глава 7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И САХАРНОЙ СВЁКЛЫ</b>	120
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	124
<b>ВЫВОДЫ</b>	124

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ	128
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	129
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	130
ПРИЛОЖЕНИЯ	151
Приложение А. Влияние севооборотов, способов обработки и удобрений на запасы продуктивной влаги в почве (2012 г.)	152
Приложение Б. Влияние севооборотов, способов обработки и удобрений на запасы продуктивной влаги в почве (2013 г.)	153
Приложение В. Влияние севооборотов, способов обработки и удобрений на запасы продуктивной влаги в почве (2014 г.)	154
Приложение Г. Влияние севооборотов, способов обработки и удобрений на плотность почвы под озимой пшеницей (2012-2014 гг.)	155
Приложение. Влияние способов обработки и удобрений на структурность почвы, среднее за 2012-2014 гг.	156
Приложение Е - Производственные затраты по возделыванию озимой пшеницы в зернотравянопропашном севообороте (2012-2016 гг.)	157
Приложение Ж - Производственные затраты по возделыванию озимой пшеницы в зернопаропропашном севообороте, руб. (2012-2016 гг.)	158
Приложение З - Производственные затраты по возделыванию сахарной свеклы в зернотравянопропашном севообороте, руб. (2013-2017 гг.)	159
Приложение И - Производственные затраты по возделыванию сахарной свеклы в зернопаропропашном севообороте, руб. (2013-2017 гг.)	160

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Вопросы сохранения и повышения плодородия почв являются основополагающими в росте продуктивности сельскохозяйственных культур. В целом проблема воспроизводства плодородия почв ещё не нашла достаточно полного освещения в научной литературе. Для того, чтобы успешно решить эту проблему требуется более глубокое изучение современного состояния почвы, её плодородия, выявление оптимальных показателей агрохимических, физико-химических, агрофизических и биологических свойств почв, влияющих на рост и развитие с.-х. культур, а, следовательно, и их продуктивность.

Одним из основных показателей плодородия почвы, является содержание в ней гумуса, определяющего её важнейшие агрономические свойства.

Большая роль в накоплении гумуса и поддержании оптимального питательного режима почвы принадлежит минеральным и органическим удобрениям. В связи с этим особое значение приобретает проблема улучшения их использования, в том числе обоснование оптимального уровня удобренности пашни с учётом биологических особенностей каждой культуры, обеспечивающего положительный баланс гумуса и достаточное количество доступных для растений питательных веществ (Лукин С.В., 2004; Пинчук А.П., Аветянц Л.Х., 2009; Уваров Г.И., Соловиченко В.Д., 2010; Хайдуков К.П., Шевцова Л.К., 2014; Вислобокова Л.Н. и др., 2015).

Существенное влияние на содержание в почве гумуса, на её агрофизические, агрохимические и биологические свойства оказывают способы обработки почв и виды севооборотов (Терпелец В.И., Швец Т.В., 2009; Дедов А.В., Болучевский Д.А., 2014; Навольнева Е.В. и др., 2009, 2014; Титовская А.И., Кузнецова Л.Н., 2014; Бушнев А.С., 2015), что нашло отражение в диссертационной работе.

**Степень разработанности темы.** Считаем, что ещё недостаточно изучено влияние основных элементов земледелия севооборотов, способов обработки почв и внесения удобрений на изменение свойств почв, их уровня плодородия. Каждый

вид почвы имеет только ему свойственные генетические и диагностические особенности, знания которых позволяет регулировать уровень плодородия почв на получение планируемого урожая и качества продукции сельскохозяйственных культур.

Научно-исследовательская работа диссертации и посвящена данной проблеме на примере изучения влияния факторов земледелия на воспроизводство плодородия наиболее распространённой почвы юго-западной части региона – чернозёма типичного.

**Цель и задачи исследований.** Целью исследований являлось определение закономерностей изменения агрохимических, физико-химических и агрофизических свойств чернозёма типичного и урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от агротехнических приёмов их возделывания (видов севооборотов, способов обработки почв и внесения удобрений) в условиях юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона (ЦЧР).

В задачи исследований входило:

1. Изучить состояние питательного режима почвы.
2. Исследовать закономерность влияния способов обработки почвы, севооборотов и разных доз удобрений на динамику основных показателей свойств чернозёма типичного.
3. Выявить влияние видов севооборотов, способов обработки почвы и удобрений на запасы продуктивной влаги в почве, плотность, структурно-агрегатный состав, а также изменений биологической активности почвы.
4. Установить характер влияния изучаемых агроприёмов на урожайность ведущих культур севооборотов.
5. Провести анализ экономической эффективности изучаемых агротехнических приёмов.

**Научная новизна.** В многофакторном стационарном полевом опыте впервые в Белгородской области проведено комплексное исследование варьирования агрохимических, физико-химических, агрофизических, и

биологических свойств чернозёма типичного под влиянием севооборотов, способов обработки почвы, внесения органических и минеральных удобрений за длительный промежуток времени. Впервые по результатам полевого опыта проведён анализ динамики содержания гумуса в почве за 25 -летний период наблюдений и выявлены закономерности действия агроприёмов на данный показатель.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Разработки, полученные в результате исследований, могут быть использованы при подготовке рекомендаций по повышению плодородия почв – оптимизации агрохимических, агрофизических, физико-химических и биологических свойств почвы, направленных на рост продуктивности сельскохозяйственных культур. Выявленные оптимальные агроприёмы могут быть использованы при разработке ресурсосберегающих экологически обоснованных технологий возделывания озимой пшеницы и сахарной свёклы.

**Методология и методы исследований.** В работе при закладки длительного полевого стационарного многофакторного опыта применялись общепринятые методы научных исследований, используемые в земледелии, почвоведении и растениеводстве, утверждённые Российской академией сельскохозяйственной наук. Азот в почве определяли по Корнфилду в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26107); подвижный фосфор и обменный калий по Чирикову; общий гумус по Тюрину; гидролитическую кислотность по Каппену; влажность почвы определяли термостатно-весовым методом; плотность почвы методом режущего кольца по Качинскому; структурно-агрегатный состав почвы методом сухого просеивания по Саввинову; общую биологическую активность почвы по методу Мишустина, Вострова и Петровой.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Питательный режим почвы и её плодородие определялись степенью удобренности видом севооборота и способом основной обработки почвы.
2. Зернотравянопропашной севооборот, органические и минеральные в комплексе с органическими удобрениями способствовали накоплению гумуса.

3. Зернотравянопропашной севооборот в годы с достаточным увлажнением способствует лучшему сохранению влаги в почве, а в засушливых условиях эту функцию выполняет зернопаропропашной севооборот. Глубокая обработка почвы приводит к более интенсивному испарению почвенной влаги. Внесение минеральных удобрений обуславливает уплотнение верхнего слоя почвы. Улучшению структурно-агрегатного состава почвы благоприятствует зернотравянопропашной севооборот.

4. Более высокая микробиологическая активность почвы отмечается в севообороте с многолетними бобовыми травами и с применением двух доз навоза и минеральных удобрений.

5. Урожайность озимой пшеницы и сахарной свёклы находится под влиянием изучаемых факторов. Экономическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур также зависит от вида севооборота, способа обработки почвы и удобрений.

**Личный вклад автора.** Все полевые работы и аналитические исследования были проделаны при непосредственном участии автора. Анализ и статистическая обработка экспериментальных данных, а также написание текста диссертации с выводами и предложениями производству, выполнены лично автором.

**Степень достоверности работы.** Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается статистическими критериями, полученными в результате математической обработки сравнительно большого массива данных методом четырехфакторного дисперсионного анализа на принятом в биологии уровне вероятности.

**Апробация материалов исследований.** Результаты диссертационной работы были представлены на Международных научно-производственных конференциях (Москва, 2013; Майский, 2013, 2014; Ставрополь, 2015), на Всероссийских научно-практических конференциях (Майский, 2014; Белгород, 2015, 2016), на научно-производственной конференции в Почвенном институте имени В.В. Докучаева (Москва, 2014), а также на научно-практических конференциях Курского отделения межрегиональной общественной организации

«Общество почвоведов имени В.В. Докучаева» (Курск, 2014, 2015). Результаты работы рассматривались в рамках Московской международной летней экологической школы и получили положительную оценку (Москва 2014, 2015).

**Публикации результатов исследований.** По итогам работы было опубликовано 15 статей из них 5 – в изданиях рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

**Структура и объём работы.** Диссертационная работа написана на 160 страницах компьютерного текста. Состоит из 7 глав, выводов и рекомендаций производству, а также списка литературы, который включает 196 источников, из них 6 иностранных. Работа содержит 31 таблицы, 23 рисунков и 9 приложений.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую признательность доктору сельскохозяйственных наук, профессору кафедры земледелия и агрохимии А.Г. Ступакову, директору ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», доктору сельскохозяйственных наук С.И. Тютюнову, заведующему лабораторией плодородия почв и мониторинга, доктору с.-х. наук В.Д. Соловиченко, доктору с.-х. наук, главному научному сотруднику В.В. Никитину, сотрудникам лаборатории плодородия почв и мониторинга «Белгородского Федерального аграрного научного центра Российской академии наук», коллективу кафедры агрохимии, земледелия и экологии за ценные консультации и рекомендации.



## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

### **ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Почва обладает способностью удовлетворять потребности выращиваемых сельскохозяйственных культур в элементах питания для создания высоких урожаев, это и является её основным свойством называемым плодородие. Обладая свойством плодородия, почва выступает как основное средство производства в сельском хозяйстве, ведь до 98% продуктов питания производится на земле (Сидоров М.И и др., 1966). Однако, при длительном использовании почв без соответствующих мероприятий по поддержанию этого плодородия (применение органических и минеральных удобрений, известкование кислых почв, комплексное агрохимическое окультуривание полей) оно со временем снижается и утрачивается. При этом снижаются и урожаи выращиваемых сельскохозяйственных культур (Сокаев К.Е., Бестаев В.В., 2013).

#### **1.1. Влияние вида севооборота, способов основной обработки почв и удобрений на питательный режим почвы**

Длительное экстенсивное использование чернозёмов с нарушением равновесия в круговороте питательных веществ обуславливает значительное снижение содержания их валовых и подвижных форм (Милащенко Н.З., Акулов П.Г., 1990).

Для устранения дефицита азота, фосфора и калия, который приводит к снижению урожайности культур, необходимо регулирование питательного режима почвы. Это осуществляется за счёт внесения удобрений, рациональной механической обработки почвы, способствующей мобилизации запасов питательных веществ и повышению эффективности удобрений, созданием культурного слоя почвы, освоением и соблюдением интенсивных севооборотов при насыщении их бобовыми культурами.

При возделывании культур азот является основным элементом необходимым растениям (Чуян Г.А., 1994; Лукин С.В., 1999; Уваров Г.И., 2005).

Согласно данным В.Б. Азарова, П.Г. Акулова и др. (2003) содержание нитратного азота в пахотном слое в зернотравянопропашном севообороте среднее для ЦЧР, а в зернопаропропашном и зернопропашном - низкое, что говорит о необходимости компенсации его в почве путём внесения удобрений. Этими авторами было отмечено, что во всём метровом слое почвы в зернотравянопропашном севообороте нитратного азота на 25-35% больше, чем в зернопаропропашном. Однако говоря о чистом паре в отдельности, В.И. Кирюшин (2000) отметил его роль как накопителя минерального азота за счёт минерализации органической части в почве, что происходит лишь при системном уходе за паровыми полями.

Данные опыта В.Б. Нарышева и З.Б. Бегишанова (2013) показывают возможность увеличения содержания нитратного азота и подвижного фосфора путём выращивания таких культур, как могоар и соя. При этом они рекомендуют выращивать смесь могоара и сои для повышения продуктивности кормовых агроценозов и сохранения плодородия почвы. За счёт их выращивания содержание азота в почве увеличивается на 9,1-21,8%, а фосфора на 2,2-4,4%.

Для большинства технических культур лучшими предшественниками, улучшающими азотный режим почвы, служат многолетние бобовые травы, в отличие от зерновых культур (Шафран С.А., Налиухин А.Н., 2013; Сокаев К.Е., Бестаев В.В., 2013).

По данным ряда авторов обработка почвы на содержание нитратного азота оказывает незначительное влияния (Картамышев Н.И., 1996; Зинченко С.И., 2014; Кильдюшкин В.М., 2015). В то же время, по данным В.И. Кирюшина (2000), безотвальная и минимальная обработки почвы сокращают накопление минерального азота из-за снижения темпов минерализации органического вещества.

Систематическое внесение минеральных удобрений на протяжении длительного времени приводит к увеличению содержания питательных веществ в

почве (Ступаков А.Г., 1998; Кузнецов А.В., 2012; Шеуджен А.Х. и др., 2013; Назарюк В.М. и др., 2013).

Содержание минерального азота при внесении минеральных удобрений повышается в почве в два раза (Рудай И.Д., 1985; Муха В.Д., 2003; Шеуджен А.Х. и др., 2013; Несмеянова М.А., 2014). В то же время результаты исследований Ю.И. Сухарёва с соавторами (2013) показали, что при одноразовом внесении в почву (за три года) содержание питательных элементов постепенно снижается.

Рассматривая данные по содержанию легкогидролизуемого азота в почве, те же учёные отметили необходимость внесения навоза и сапропеля как органоминерального удобрения для повышения его содержания. В.Д. Панников (1981) высказывал похожее мнение по действию органических удобрений на содержание азота, что при высоких нормах внесения его содержание не только остаётся на исходном уровне, но и способно повышаться.

По опытным данным Л.С. Любарской с соавторами (1970), систематическое применение навоза заметно увеличивает содержание общего азота в почве в сравнении с неудобренной почвой. А для достижения высокой эффективности навоза М.М. Ломакин (1988) рекомендует использовать его в качестве мульчи, при этом потери азота при разложении навоза будут полностью компенсироваться за счёт усиления фиксации азота из атмосферы. По исследованиям В.М. Назарюк и Ф.Р. Калимуллина (2013), при внесении минеральных удобрений и использовании растительных остатков повышается содержание аммонийного азота в почве, а величина нитратного азота практически не меняется.

Исследования Л.К. Шевцовой (1967) по изучению длительного применения минеральных удобрений и навоза на содержание общего азота почвы показало, что действие навоза на этот показатель оказалось сильнее действия минеральных удобрений. А в работах А.Д. Хлыстовского с соавторами (1978) говорится о том, что за 35-летний период проведения опытов минеральные удобрения не оказали влияние на содержание азота в почве в отличие от действия навоза, который способствовал его сохранению на исходном уровне.

Немаловажным элементом питания является фосфор. Наибольшее количество подвижного фосфора содержится в почве пахотных земель при сравнении с почвой под естественной растительностью (Суслов В.И. и др., 2012). Этот факт отметили и А.В. Амелин с соавторами (2013) – у выведенных из сельскохозяйственного оборота полей содержание доступного фосфора снизилось в среднем на 47,7%, а обменного калия – на 41,3%.

Снижение подвижного фосфора также отмечается и в почвах Республики Северная Осетия из-за значительного уменьшения применения фосфорсодержащих удобрений (Сокаев К.Е., Бестаев В.В., 2013). Наибольшее содержание его отмечается в севооборотах с пропашными культурами при безотвальной и минимальной обработках почвы на чернозёмах Белгородской области (Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И., 2013). Повышение содержания подвижных форм элементов, в частности фосфатов, происходит и за счёт мульчирующих обработок (Кирюшин В.И., 2000). На чернозёме типичном Курской области содержание фосфора заметно увеличилось в зерносвекловичном севообороте (Музычкин Е.Т. и др., 1983).

Внесение удобрений способствует повышению содержания подвижного фосфора в почве. Так, С.В. Лукин (2004), А.Х. Шеуджен и др. (2013), А.В. Дедов (2014) отмечали, что даже при внесении минимальной дозы минеральных удобрений его содержание увеличивается. На чернозёмах типичных и обыкновенных для повышения содержания подвижных фосфатов в количестве 1 мг на 100 г почвы необходимо внести с удобрениями от 80 до 120 кг/га  $P_2O_5$  (Милащенко Н.З., Акулов П.Г., 1990). А, по мнению Е.Н. Алексеевой (1987), достаточно вносить 30-60 кг/га фосфора для его положительного баланса.

Систематическое внесение минеральных удобрений и заделка растительных остатков способствует возрастанию содержания доступных соединений фосфора и калия в почве (Назарюк В.М. и Калимуллина Ф.Р., 2013). От внесения органических удобрений, за 26 лет, их увеличение составляет 40-60%, минеральных – 103-240%, а органоминеральных до 220-290% (Соловиченко В.Д.,

Тютюнов С.И., 2013). Также увеличение фосфора в почве отмечается и при внесении навоза с сапропелем (Сухарев Ю.И. и др., 2013).

Большинство исследований показывает, что без применения удобрений происходит убыль подвижного фосфора независимо от типа почв (Малова А.В. и др., 1989). По работам другого учёного систематическое внесение фосфора, как с органическими, так и с минеральными удобрениями приводит к накоплению фосфатов (Карпова Э.С., 1975).

Данные Северо-Западного НИИ сельского хозяйства свидетельствуют, что при превышении внесения фосфора над выносом в два раза и более, на дерново-подзолистых почвах содержание легкорастворимых фосфатов увеличивалось с 6 до 17,5 мг на 100 г почвы (Чубаров А.П. и др., 1973), а на чернозёмах выщелоченных А.В. Малова с соавторами (1989) отметили, что даже без внесения удобрений содержание фосфора за 21 год сохранялось на одном уровне. На карбонатных чернозёмах периодическое внесение фосфорных удобрений более интенсивно накапливало подвижные фосфаты, чем ежегодное внесение (Бунякин И.Я., 1978).

Содержание такого элемента, как калий, на чернозёмах с внесением удобрений, снижается в пропашных севооборотах по сравнению с зернотравянопропашными. Увеличение глубины обработки также негативно сказывается на содержании его подвижных форм (Авраменко П.М., Ероховец М.А., 2002). В противовес этому В.И. Сулов с соавторами (2012) отмечали увеличение обменного калия в почве в зерносвекловичном севообороте.

Заметное снижение обменного калия в выщелоченных и карбонатных чернозёмах К.Е. Сокаев и В.В. Бестаев (2013) связывают с погодными условиями и отсутствием внесения калийсодержащих удобрений. Оптимизация доз вносимых минеральных удобрений требует определённого соотношения доступных форм калия почвы и вносимых удобрений и выносом его растениями (Морозков В.К., 1978).

В литературных источниках нет однозначного мнения об обогащении почвы калием. Одни говорят о том, что навоз и калийные удобрения в обычных дозах не

способствуют накоплению обменного калия (Балев Н.М. и др., 1969), другие утверждают, что систематическое внесение калийных удобрений приводит к увеличению содержания калия в почве (Ланг Г., 1978). А третьи, сравнивая внесение навоза и калийных удобрений, отмечают положительное влияние навоза на накопление обменного калия (Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф., 2006). С другой стороны, И.А. Норкина (1970), к примеру, отметила резкое снижение потерь калия при использовании щелочных форм калийных удобрений.

Систематическое внесение калийных удобрений увеличивает содержание воднорастворимого и обменного калия в почве (Петербургский А.В., Янишевский Ф.В., 1989). Поддерживать достаточное содержание калия, доступного для растений в почве, возможно за счёт внесения навоза, а при совместном внесении органических и минеральных удобрений его содержание увеличивается на 52-63% (Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И., 2013).

На опытных полях Кубани увеличение содержания калия отмечается только при внесении высоких доз минеральных удобрений (Шеуджен А.Х. и др., 2013). Повышение доз калия в составе органической и органоминеральной систем удобрения до 120-180 кг/га в год сопровождается увеличением количества обменного и подвижного калия (Никитина Л.В. и др. 2013). В тоже время, применение азотных удобрений уменьшает количество калия в почвенном профиле (Прокошев В.В., Дерюгин И.П., 2000).

При длительном, систематическом применении минеральных удобрений пахотный слой почвы обогащается минеральным азотом, подвижным фосфором и обменным калием (Найдин П.Г., Любарская Л.С., 1969; Шеуджен А.Х. и др., 2013). Результаты длительных опытов А.М. Брагина и А.В. Калиновского (1978) показали, что использование почвы без удобрений резко снижает количество подвижных форм фосфора и уменьшает количество подвижного калия. По данным Г.А. Селиванова с соавторами (2012) однократное применение навоза в севообороте, при условии ежегодного внесения высоких доз минеральных удобрений, обеспечивает оптимальный питательный режим почвы.

При систематическом внесении высоких доз бесподстилочного навоза в почве увеличивается содержание общего азота, доступного фосфора и обменного калия (Тарасов С.И., Кумеркина Н.А., 1998; Молявко А.А., 2000). Также положительный баланс азота, фосфора и калия устанавливается при использовании органоминеральной системы удобрений (Бугреев В.А. и др., 2001). По данным З.С. Бардаш с соавторами (1981), органоминеральная система удобрений при среднем внесении 14 т/га навоза и 190-270 кг/га питательных веществ была более эффективной, чем внесение только навоза – содержание подвижного фосфора за ротацию возросло в 1,5, подвижного калия – в 2 раза.

В целом же следует отметить, что оптимальное соотношение питательных веществ, вносимых с удобрениями, должно изменяться в зависимости от обеспеченности почвы элементами питания (Ладонин В.Ф. и др., 2001).

Следует констатировать, что нерациональное использование почв приводит к ухудшению агрохимического состояния почвы, а содержание питательных элементов это одно из важных составляющих почвенного плодородия. Поэтому изучение влияния севооборотов, способов обработки почвы и удобрений на питательный режим является теоретически верным и практически значимым.

## **1.2. Содержание гумуса в почве в зависимости от вида севооборота, способов основной обработки почвы и удобрений**

Содержание и качественный состав гумуса во многом определяют агрохимические и физические свойства почвы, её водный и воздушный режимы (Авраменко П.М. и др., 2002).

Содержание гумуса в почве является одним из основных показателей плодородия почвы. В своё время многие учёные занимались этой проблемой (Александрова Л.Н., 1980; Ахтырцев Б.П., 1984; Шевцова Л.К. и др., 1991).

Одной из важнейших причин снижения почвенного плодородия является дегумификация. При этом в почве остаются наиболее устойчивые к разложению компоненты гумуса, снижаются запасы и доступность для растений и

микроорганизмов биогенных элементов – углерода, азота, серы, отчасти фосфора и других элементов, входящих в состав органического вещества.

По этой же причине снижается микробиологическая активность почв, в том числе и активность процессов трансформации соединений азота. Кроме того изменяется структурное состояние почвы, она уплотняется, нарушается газообмен, снижается активность почвенной фауны и флоры, ухудшаются условия для произрастания сельскохозяйственных культур (Уваров Г.И., Соловиченко В.Д., 2010).

Для поддержания почвенного плодородия необходимо прогнозирование гумусного состояния. Знание изменений, происходящих в гумусовых соединениях под влиянием различных природных и техногенных факторов, даёт возможность подойти к разработке системы мероприятий, позволяющей направленно регулировать этот важнейший фактор потенциального и эффективного плодородия почв (Черников В.А., 1992).

Использование почвы для возделывания сельскохозяйственных культур сдвигает динамическое равновесие между новообразованием гумуса и его разложением (Гринченко А.М. и др., 1983).

При распашке целины содержание гумуса уменьшается только в верхнем слое почвы (Акулов П.Г. и др., 1998). Например, содержание гумуса в верхних слоях почвы на пашне было гораздо меньше, чем на целине, а в нижних слоях сохранялось на прежнем уровне.

А.М. Новичихин (1989) сообщал о влиянии безотвальной обработки в сравнении со вспашкой на глубину 20-22 и 25-27 см на трансформацию органического вещества – биологические процессы смещаются в сторону усиления разложения гумуса, приводя к снижению его валовых запасов в почве.

Л.К. Шевцова (1988, 1998) и С.С. Сдобников (1993) считают, что лучшие условия для гумификации создаются при глубокой обработке почвы с оборотом пласта. В этом случае органическая масса растительных остатков заделывается на большую глубину, куда доступ кислорода ограничен.



Однако, Н.И. Картамышев и М.Н. Герасимов (1989) наоборот, говорят о негативной роли вспашки в образовании гумуса, в частности, что менее окультуренные и плодородные слои почвы выносятся на поверхность, на них часто образуется почвенная корка, обуславливающая ряд негативных явлений. Все это позволяет авторам сделать вывод о необходимости окультуривания - увеличения содержания гумуса и улучшения агрофизических свойств - самого верхнего слоя почвы, то есть о нецелесообразности оборачивания обрабатываемого слоя почвы. Они же подчёркивают, что биогенность почвы наиболее выражена в верхних слоях, и именно в них гумусообразование протекает энергичнее, а не на глубине. Такое же мнение высказывает и Н.К. Шикула (1989). Он говорит, что минерализация органического вещества в большей степени проявляется при вспашке, чем при бесплужной обработке.

При заделке органических удобрений в верхний (0-10 см) слой коэффициент гумусонакопления возрастает в слое почвы 0-5 см на 51%, 5-15 см - на 24, 15-25 см - на 16 и в слое 25-40 см - на 10% по сравнению со вспашкой. Разница в содержании гумуса составляет в слоях 0-10 см - 0,33, 10-20 см - 0,21, 20-30 см - 0,15 и 30-40 см - 0,08% в пользу бесплужной обработки при  $НСР_{05} = 0,1\%$ . Кроме того, как отмечает автор, коэффициент гумификации навоза при мелкой обработке в 8 раз, а соломы - в 11,3 раза выше, чем при вспашке. В анаэробных условиях идёт не гумусообразование, а брожение с образованием уксусной, пропионовой и масляной кислот, токсичных для растений.

А.Ф. Витер (1986, 2003), Н.Р. Асыка, С.И. Смуров (1993) полагают, что отвальная обработка формирует лучшие условия для заделки семян и удобрений, а также создаёт оптимальные параметры эффективного плодородия, что, в конечном счёте, определяет урожай. И потенциальное, и эффективное плодородие при этом улучшаются, прежде всего, за счёт увеличения содержания гумуса, улучшения водно-физических свойств и почвенной структуры, более интенсивным накоплением влаги в почве.

В то же время Н.К. Шикула с соавторами (1990) обязательным условием эффективности бесплужной обработки считают внесение минеральных и,

особенно, органических удобрений. Без удобрений безотвальные обработки со временем приводят к снижению содержания гумуса, так как верхний слой быстро минерализуется из-за доступа воздуха, увлажнения дождями, пересыхания под действием лучистой энергии. Это может привести, как пишут авторы, к полной минерализации не только верхнего слоя, но и усилить разложение основных запасов гумуса.

Многие учёные в различных почвенно-климатических условиях также отмечают факт накопления или стабилизации гумуса при переходе на безотвальные обработки (Борин А.А. и др., 1994, 1995; Шептухов В.Н. и др., 1995).

Ряд учёных (Моргун Ф.Т. и др. 1983; Картамышев Н.И., 1989; Шикула Н.К., 1989, 1990) утверждают, что при безотвальном рыхлении уменьшаются темпы минерализации гумуса, замедляются процессы эрозии почв, а при внесении удобрений создаётся оптимальный режим питания растений. Однако при этом ухудшается фитосанитарное состояние среды, качество заделки семян и удобрений, возрастают потери биогенных элементов (Котлярова О.Г., 1995).

Л.И. Никифорова (1989) полагает, что потери гумуса велики при любых механических обработках, а при безотвальных, кроме причин, общих для всех способов обработки, обусловлены ещё и низкой эффективностью гумификации в связи с локализацией источников гумуса на поверхности почвы. По его данным, на вспашке коэффициент гумификации составил 0,15%, а при плоскорезной обработке - 0,06%. При безотвальных обработках содержание гумуса уменьшается в нижних слоях корнеобитаемого слоя при относительно небольшом увеличении в верхних слоях. Автор также отмечает, что при систематической вспашке на протяжении 8 лет более интенсивной минерализации гумуса по сравнению с плоскорезной обработкой не наблюдается. Запасы гумуса в слое 0-20 и 20-40 см значительно больше по вспашке, чем по плоскорезной обработке. При поверхностной локализации органических веществ зоны поступления гумусообразователей и активной их гумификации не совпадают.

Таких же взглядов придерживается и М.И. Сидоров (1989), высказывающий мнение, что при мелкой заделке пожнивных остатков в годы с сухой осенью их разложение переносится на весну следующего года, что приводит к закреплению минеральных форм азота в необменную форму и обеднению почвы. В более глубоком слое почвы (10-20 см) лучше условия для гумификации органического вещества, но там оно отсутствует.

Факт воспроизводства гумуса под влиянием безотвальной обработки не подтверждается и в работах многих других исследователей (Новичихин А.М., 1989; Сидоров М.И. и др., 1989; Перфильев Н.В., 1995).

Так, А.Ф. Витер и Н.Я. Кутовая (1986) отмечают, что по вспашке на 20-22 см коэффициент гумусонакопления максимальный. Далее А.Ф. Витер говорит, что безотвальными обработками в течение 20 лет не удалось повысить плодородие почвы, в том числе новообразованных гуминовых кислот и гумуса.

Соглашаясь с вышеизложенным, А.М. Новичихин (1989) утверждает, что по безотвальной обработке в сравнении со вспашкой на глубину 20-22 и 25-27 см биологические процессы трансформации органического вещества смещаются в сторону усиления разложения гумуса, приводя к снижению его валовых запасов в почве.

Содержание гумуса на чернозёме обыкновенном в слое 0-40 см по вспашке было более высоким, чем по безотвальным обработкам почвы (Рымарь С.В., 2007; Турусов В.И., Новичихин А.М., 2012). На основании своих исследований авторы утверждают, что переход на безотвальную систему уже на 2-3-й годы проигрывает вспашке.

То же подтверждают данные Н.В. Перфильева (1995), свидетельствующие, что систематическая безотвальная обработка плугом со стойками СибИМЭ, снижала содержание гумуса в слое 0-20 см на 0,27-0,60%. Наиболее значительное обеднение почвы гумусом происходит в слое 10-20 и 20-40 см.

Такие учёные, как М. Niborg (1989), Н.К. Шикула (1989, 1991), И.М. Корнилов, Б.А. Рыбалкина (2001) полагают, что минимизация обработки почв способствует более полной гумификации, увеличению содержания гумуса и

улучшению его качества в почве. Но следует отметить, что образованный гумус при минимальной и тем более по нулевой обработке почвы, находится на поверхности и не может оказывать существенного действия на урожай культуры.

В защиту минимизации обработки почвы следует отметить мнение А.П. Карабутова (2012), который выявил, что содержание гумуса в горизонте 0-30 см было выше по минимальной обработке (БДН-3), по безотвальной оно уменьшалось и самым низким было по вспашке. Если же проанализировать лабильный гумус, то следует отметить, что его содержание возрастает, прежде всего, на отвальной вспашке.

Наряду с вышеизложенными мнениями также имеют место и взгляды многих учёных, которые утверждают, что способ основной обработки почвы не приводит к значительному изменению гумусового состояния почвы (Павловский В.Б. и др., 1989; Кошкин П.Д., 1990; Коломиец Н.В., 1993).

Обработка, как необходимый элемент системы земледелия, оказывает весьма сильное влияние на ситуацию в агроценозе как в отношении плодородия почвы и её продуктивности, так, в конечном счёте, и в экономической эффективности системы. Поэтому значимость её трудно переоценить, она требует тщательного и всестороннего исследования.

Имеется достаточно материалов, свидетельствующих о том, что значительным резервом сохранения и воспроизводства гумуса в пахотных почвах, наряду с почвозащитными и противоэрозионными мероприятиями, расширением посева многолетних трав, введением севооборотов и оптимизацией посевных площадей, являются органические и минеральные удобрения (Минеев В.Г. и Ремпе Е.Х., 1990)

Отмечая влияние удобрений на содержание органического вещества в почве, можно сказать следующее: органические удобрения увеличивают этот показатель при всех сопутствующих условиях (севообороты, способы обработки почв), минеральные также купируют убыль гумуса по сравнению с контролем, однако направленность процесса от минеральных удобрений по мере увеличения их доз будет зависеть во многом и от других факторов и кроме того от состава

самих минеральных удобрений (Петенко А.И., 2009; Чуб М.П. и др., 2010; Титова В.И., Добахова Е.В., Ветчинников А.А., 2011; Макарова А.И. и др., 2012).

Под действием корневой системы растений, в результате процесса гумификации органических удобрений и корневых остатков формируется агрономически ценная структура и оптимальный для растений водный и воздушный режим почвы (Королёв В.А., 2004).

Все органические удобрения положительно сказываются на общих запасах гумуса в пахотном слое, а также они служат основой для бездефицитного баланса гумуса в условиях зернотравянопаропропашного севооборота. Поэтому при использовании средних доз навоза 10-15 т/га удаётся сохранить и даже временно улучшить гумусовое состояние дерново-подзолистой почвы после их внесения (Макарова А.И., 2012).

Удобрения влияют на абсолютное количество растительных остатков и на их химический состав. При использовании удобрений корневых и пожнивных остатков культур заметно возрастает содержание макро- и микроэлементов, что способствует не только увеличению общего количества биогенных элементов в почвах, но и существенно влияет на скорость и глубину трансформации растительных остатков, и образование гумуса (Тейн Р., 1991).

Хорошо известно о положительном влиянии навоза и других органических удобрений на физические, химические и биологические свойства почв, что способствует глубокой трансформации органических и минеральных веществ. Представляется возможным с помощью минеральных и органических удобрений влиять на интенсивность и направленность процессов гумусообразования, на количественные и качественные параметры образующихся органических соединений (Габбиров М.А., 2001; Гришин Г.Е., 2001; Лапа В.В., 2009).

Систематическое внесение органических удобрений способствует интенсивному накоплению гумусовых веществ в чернозёмах. Применение навоза на чернозёмах выщелоченных позволило получить прирост гумуса до 20 относительных процента, на обыкновенных - до 16%, на южных до 12% (Шикула Н.К., 1998). В чернозёмах стран Восточной Европы положительные изменения в

содержании гумуса более выражены - повышение гумуса составило 13-52% (Kundler P., 1982).

По данным Л.К. Шевцовой с соавторами (1991), применение на чернозёмах 4-5 т/га навоза вполне достаточно для сохранения гумуса на первоначальном уровне, а К.В. Дьяконова (1990) уточняет, что такая доза уместна для севооборотов с большой насыщенностью зерновыми или с одним-двумя полями трав.

На чернозёмах типичных Курской области бездефицитный баланс гумуса наступает при внесении 6-8 т/га навоза. На чернозёме типичном Белгородской области необходимо вносить на гектар севооборотной площади 8 тонн навоза в сочетании с минеральными удобрениями (по  $N_{48-96}P_{48-96}K_{48-96}$ ) (Никитин В.В., 1989).

В опытах Белоцерковской опытной станции на чернозёме выщелоченном только внесение 12 тонн навоза и  $N_{50}P_{66}K_{66}$  позволило получить в зерносвекловичном севообороте с 40% пропашных культур положительный баланс гумуса (Лютая Ю.А., 1989).

Роль минеральных удобрений в трансформации гумуса в зависимости от комплекса условий представляется от умеренно положительной до отрицательной (Никифорова Л.И., 1989).

По мнению Б.М. Бижоева (1988), длительное применение минеральных удобрений на чернозёмах, как и на других почвах, ведёт к стабилизации и повышению содержания гумуса. Однако, в отличие от дерново-подзолистых почв, темпы изменения гумуса под влиянием удобрений в чернозёмах невысокие. Под влиянием минеральных удобрений, вносимых в течение 30-50 лет, содержание гумуса превышает контроль в чернозёме выщелоченном на 5-10%, в чернозёме обыкновенном - на 7-11%, в чернозёме южном - 2-9%.

Данные многих учёных показывают, что значение промышленных удобрений в повышении содержания гумуса зависит от количества их внесения. При ежегодном использовании полного комплекса удобрений в среднем около 25 кг/га каждого из элементов питания, способствует накоплению гумуса в почве. С

увеличением доз, до определённых уровней, содержание гумуса увеличивается. Для чернозёма Болгарии и Польши нормы внесения составили более 120 кг/га д.в. каждого элемента. Похожие результаты были получены и российскими исследователями (Шевцова Л.К., 1988).

В степной зоне Поволжья в зернопропашном севообороте с 60% зерновых и 40% пропашных культур содержание гумуса на неудобренном варианте в слое 0-30 см снизилось за ротацию на 0,3%, а внесение на гектар севооборотной площади по 60-90 кг/га NPK позволило увеличить содержание гумуса в пахотном слое (Шабает А.И. и др., 2007).

Длительные опыты, проведённые в юго-западной части ЦЧЗ, в севообороте с 40% многолетних бобовых трав, оставляющих после себя большое количество пожнивно-корневых остатков, все уровни доз минеральных удобрений увеличивали содержание гумуса; в севообороте с 20% чистого пара единичные дозы туков увеличивали содержание гумуса, а удвоенные - снижали (Азаров В.Б., 2004).

Минеральные удобрения способствовали уменьшению убыли гумуса в сравнении с неудобренными вариантами на чернозёмах выщелоченных (Халиуллин К.З., 1986), на чернозёмах типичных (Тукалова Е.И. и др., 1982), на чернозёмах южных (Чуб М.П. и др., 2010), на чернозёмах Германии (Sroler J., 1981).

По мнению Ю.И. Кудашова (1996), применение минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  на чернозёмах не позволяет получить положительного баланса гумуса ни в одном севообороте. Однако минимальный дефицит гумуса складывается в зерновом севообороте, в структуре которого содержится 67% колосовых культур. Этим автором установлена положительная корреляционная зависимость образования гумуса от количества пожнивно-корневых остатков, поступающих в почву.

О более сильной минерализации гумуса с применением минеральной системы удобрения по сравнению с контрольными вариантами свидетельствуют результаты опытов на дерново-подзолистой почве (Силкина Н.П., 1987; Дзанагов

С.Х., 1989). Зарубежные источники подтверждают результаты отечественных исследователей. По данным М. Stefanovic (1985), на чернозёмных почвах содержание гумуса в контроле было 2,49%, на вариантах  $N_{100}P_{90}K_{60}$  – 2,45%, на варианте  $N_{130}P_{120}K_{80}$  – 2,33%. В опытах F. Asmus (1985) внесение только минеральных удобрений привело к уменьшению содержания углерода в почве.

Совместное длительное внесение органических и минеральных удобрений устойчиво способствует поддержанию на более высоком уровне содержания гумуса. Активные поступления органического и минерального вещества с удобрением и биомассой растений создают благоприятный энергетический резерв, как для процессов мобилизации, так и гумификации (Гармашев В.М., 2001; Доманов М.Н., 2001; Доманов Н.М. и др., 2003).

Практика свидетельствует, что там, где имеется возможность систематического применения удобрений и соблюдается зональная агротехника возделывания сельскохозяйственных культур, удаётся получать хороший урожай и сохранять гумус (Зеленская Г.М., Веренич А.С., 2000).

Изучение чернозёмов оподзоленных государственных сортоучастков Новосибирской области позволило выявить стабилизацию содержания гумуса при систематическом ежегодном внесении 30-100 кг д.в./га минеральных удобрений и 1-2 т/га навоза. За 40 лет использования почв запасы гумуса в них почти не изменялись. Ранее аналогичная оценка изменения плодородия почв была проведена по сортоучасткам Омской области, которая показала, что за 25-летний период использования содержание гумуса в чернозёмах государственных сортоучастков под влиянием удобрений существенно повысилось (Музычкин Е.Т., 1978).

Экспериментально доказано, что под влиянием удобрений увеличивается доля подвижного и водорастворимого органического вещества почвы. Большое поступление свежего органического вещества способствует в процессе его разложения образованию мобильных соединений, которые служат резервом для минерализации. Интенсивность накопления подвижного органического вещества в чернозёмах выше, чем в других почвах (Акулов П.Г., Азаров В.Б., 1995).



В ряде стационарных опытов определено влияние удобрений на особенности распределения гумуса по профилю чернозёмов. Для всех чернозёмов характерно положительное воздействие удобрений на верхнюю полуметровую толщу. Весьма редки случаи повышения количества гумуса во втором полуметре (Доманов Н.М., 2003; Бондаренко М.В., 2005; Чуб М.П., 2010).

На мощном чернозёме западной Степи Украины на удобренных участках содержание гуминовых кислот увеличилось, а фульвокислоты остались на исходном уровне. При этом повысилось содержание фракции гуминовых кислот, связанных с полуторными окислами (Мамонтов В.Т., 1975).

Имеются сведения, об уменьшении соотношения С<sub>гк</sub>:С<sub>фк</sub> от применения удобрений. Результаты получены И.Л. Черниковой с соавторами (1987) на чернозёме типичном.

Количество углерода негидролизуемого остатка в разных опытах меняется по-разному: увеличивается, остаётся без изменений, уменьшается. Следует полагать, что при высокой интенсивности процесса гумусообразования и неодинаковых количественных параметрах поступления органического вещества в почвы, нестабилен и компонентный состав гумуса вновь образованных веществ (Исаев А.П., 2001; Баранов А.И., 2009).

В составе гумусовых кислот под влиянием систематического применения удобрений возрастает доля мобильных фракций. Доля гумусовых веществ, извлекаемых 0,1 н растворами кислоты и щелочи, остаётся неизменной (Алметов С.Н., 2001).

Систематическое применение удобрений приводит к накоплению в составе гумуса соединений с меньшим количеством углерода и большим – кислорода и водорода, возрастает количество метоксильных групп и снижается – карбоксильных, то есть удобрения способствуют образованию менее «зрелых» гумусовых веществ, находящихся на более ранних стадиях гумификации (Ишханова Г.В., 1990; Филон И.И. и др., 1992).

Следовательно, с помощью минеральных и органических удобрений при соблюдении ряда ограничений представляется возможность поддерживать

бездефицитный баланс гумуса в чернозёмах без ухудшения его качественного состава.

Один из ключевых факторов плодородия - севооборот, так как различный набор культур определяет интенсивность и направленность накопления органического вещества и элементов минерального питания и их трансформацию.

Процесс дегумификации почв усилился в последние десятилетия в связи с нарушением севооборотов, резким увеличением доли пропашных культур, недостаточным поступлением органического вещества в почвы. Об этом свидетельствует специальное исследование изменения гумусного фонда несмытых почв Белгородской области по материалам двух туров крупномасштабного почвенного картирования в 1950-1965 и 1970-1985 годах, когда распашка земель достигла предельных значений и резко возросла насыщенность севооборотов пропашными культурами (Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И., 2014).

Темпы минерализации, а, следовательно, снижения содержания гумуса могут существенно замедляться или ускоряться в зависимости от культур. На чернозёмах выщелоченных Центрально-Чернозёмного региона (лесостепь) за 17 лет бессменного пара в слое 0-30 см было потеряно 39 т/га гумуса – 1,7%, под бессменной сахарной свёклой – 2,5%, под бессменной кукурузой – 2,3%, под зерновыми культурами – 1,8%. Каждый килограмм минерального азота сберёг на зерновых и кукурузе 6-7 кг гумуса, на сахарной свёкле 8,1 кг, в среднем за севооборот (25% пропашных и 75% зерновых) – 7,2 кг (Зезюков Н.И., 2001).

Н.П. Масютенко (2003) в своих работах отмечает, что органическое вещество быстрее разлагается под чистым паром и пропашными культурами, а под зерновыми медленнее и ещё медленнее под многолетними травами.

Соглашаясь с мнением предыдущего автора А.П. Воблов с соавторами (2010) отмечают, что при прочих равных условиях чистый пар ухудшает потенциальное плодородие, так как приходная статья отсутствует, а минерализация гумуса и предгумусовых образований идёт усиленными темпами при наличии накапливающейся атмосферной влаги и оптимизации воздушного

режима. Исходя из этого, они делают вывод, что пар является хорошим предшественником для следующих за ним культур.

Ю.И. Кудашов (1996) отмечает, что в юго-восточной части Центрально-Чернозёмной зоны применение под сидеральные культуры минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  способствует не только повышению урожайности сельскохозяйственных культур звена севооборота, но и увеличению содержания гумуса в почве. Дефицит по сравнению с звеньями севооборота без внесения удобрений в гороховом сидеральном пару снизился с 1,07 до 0,26 т/га, в гречишном с 1,06 до 0,48 т/га, а в рапсовом пару в 2 раза.

Возделывание культур сплошного сева положительно влияет на процесс гумусонакопления в почве, как из-за большого количества растительных остатков, так и вследствие менее интенсивной обработки почвы. Насыщение севооборотов пропашными культурами ведёт к резкому преобладанию процессов распада над синтезом органического вещества. Увеличение доли пропашных культур до 75% в структуре посевных площадей привело к увеличению потерь гумуса в четыре раза по сравнению с севооборотом, где эти культуры занимали только 25% посевных площадей (Лыков А.М., 1995).

Влияние севооборота выражается балансом органического вещества за ротацию. Если он положителен, то при прочих равных условиях происходит накопление гумуса, как правило, во всём почвенном профиле. Потери гумуса под зерновыми в пахотном слое составляют в среднем 0,5-0,7 т/га, под сахарной свёклой – 1,5 т/га (Цвей Я.П., 2012).

Характер взаимосвязей показателей биологической активности почвы под озимой пшеницей указывает на то, что в зернопропашных севооборотах наиболее активно протекают процессы трансформации органического вещества по сравнению с зерновыми севооборотами, насыщенными колосовыми культурами до 67-75%. Это подтверждается и степенью разложения клетчатки, которая в последних севооборотах ниже в среднем на 6% (Козлов Е.Н., 1994).

Роль культуры севооборота в поддержании плодородия почвы в основном заключается в том, сколько она оставляет после себя растительных остатков. По

данным И.А. Ступакова и соавторов (2001), люцерна оставляет после себя растительных остатков в количестве 70-82 ц/га, однолетние травы – 53 ц/га, кукуруза – 41 ц/га, свёкла – 22 ц/га.

В почвах под севооборотами, где высокий удельный вес зерновых колосовых культур, коэффициент гумусонакопления, который определяется отношением полифенолоксидазы к пероксидазе в среднем на 30% выше, чем в других видах севооборотов (Александрова Л.Н., 1980).

В зерновом севообороте с 75% колосовых культур в почве под ячменём на 29% увеличивается численность грибной микрофлоры в сравнении с другими севооборотами, что создаёт предпосылки к развитию токсичности почвы; увеличивается количество гуминовых кислот и водорастворимого гумуса, что способствует увеличению мобильности гумуса почвы. Очевидно, в почве под ячменём, начинают превалировать минерализационные процессы в системе «синтез-распад» гумуса почвы, что отрицательно сказывается на её потенциальном плодородии (Костюкевич Л.И., 1990).

В почве севооборота с 67% колосовых культур создаются лучшие условия гумусообразования. Здесь на 30,6% выше коэффициент гумусонакопления. В групповом составе гумуса почвы этого севооборота увеличивается общее содержание гуминовых кислот, снижается содержание фульвокислот, отношение  $C_{гк}:C_{фк}$  становится шире. В составе гуминовых кислот увеличивается фракция гуматов кальция. Отмечается тенденция к увеличению углеродного остатка (Козлов Е.Н., 1994).

Различные способы возделывания сельскохозяйственных культур (монокультура, севооборот) оказывают решающее влияние на биологические процессы почвы, изменяя соотношения процессов синтеза и разложения органического вещества в ней, определяют уровень биологической активности и формирования эффективного плодородия почвы (Сидоров М.И., 1983).

При периодическом чередовании культур с разным соотношением в растительных остатках C:N, то есть инертных (зерновые колосовые) и активных (горох, кукуруза) культур в зернопропашных и зернопаропропашных

севооборотах, процессы минерализации преобладают над гумификацией, что приводит к потере потенциального плодородия почвы (Алексеева Е.Н., 1978).

По мнению В.С. Чумака с соавторами (1993) при прочих равных условиях специализация севооборота оказывает большое влияние на баланс гумуса. Так, на чернозёме типичном в севообороте с 60% зерновых и 10% сахарной свёклы без применения удобрений потери гумуса за 10 лет составили 0,16% от массы почвы, а где применяли 6 т/га навоза и по 63 кг/га NPK, содержание гумуса увеличилось на 0,25%. При той же дозе удобрений, но в севообороте с 90% зерновых, прирост гумуса составил 0,32%, там же, где зерновые занимали 50% пашни, а сахарная свёкла 30%, содержание гумуса снизилось на 0,12%.

Если рассматривать устойчивость органического вещества на пашне, то она напрямую зависит от вида севооборота и конкретно возделываемой культуры. В агроэкосистеме зернотравяного севооборота система органического вещества чернозёма типичного более устойчива по сравнению с таковой зернопаропропашного - в 1,2-1,4 раза (Леонтьева Е.В., 2007).

В почвозащитных севооборотах, где многолетние травы занимают свыше 50%, складывается положительный баланс органического вещества за счёт накопления в почве большого количества растительных остатков. В кормовых севооборотах при чередовании культур, обедняющих почву (корнеплоды) и повышающих её плодородие (многолетние травы), баланс гумуса, как правило, отрицательный. В зернопропашных севооборотах с преобладанием технических культур, наличием чёрного пара, насыщением зерновыми культурами баланс гумуса складывается отрицательный и для оптимизации гумусного состояния почвы требуется 8-10 и более тонн органических удобрений на гектар севооборотной площади (Данков В.А., 1990, Лукин С.В., 2004).

В Центрально-Чернозёмной зоне, в семипольных севооборотах с одним полем многолетних бобовых трав и тремя полями пропашных баланс гумуса был отрицательным, с двумя полями трав – положительным, а введение четырёх полей многолетних трав обеспечивало прибавку гумуса в пахотном слое почвы в количестве 2,3 т с 1 га (Ступаков И.А., 2001).

В почве плодосменного севооборота происходит рост содержания гумуса, что подтверждает важнейшую роль многолетних бобовых трав в гумусообразовании, и как следствии повышении плодородия почвы. В.Д. Соловиченко и С.И. Тютюнов (2012) отмечали, что в полуметровом слое почвы при урожайности сена около 75 ц/га остаётся примерно 60 ц/га легкоразлагающихся растительных остатков, которые благоприятствуют процессу гумификации.

В севообороте с многолетними травами отмечается положительный баланс гумуса в почве. В севооборотах, где отсутствуют травы, содержание гумуса уменьшается при внесении одних промышленных удобрений, а также без внесения каких-либо удобрений. Наибольшие потери произошли в зернопаропропашном севообороте при глубокой обработки почвы. Как следствие подтверждается важнейшая роль многолетних трав в увеличении содержания гумуса в росте плодородия почвы (Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И., 2012).

Роль многолетних трав в севооборотах подчёркивается и в публикациях Д.А. Коренькова (1985), Е.Н. Мишустина (1985), Б.Ф. Азарова с соавторами (2001), где особенно указывается на положительное влияние трав второго года пользования.

В Центрально-Чернозёмном районе на чернозёме типичном в 5-польном зернотравянопропашном севообороте все изучаемые варианты обеспечивали положительный баланс гумуса; в зернопропашном севообороте (без трав) снижение содержания гумуса в пахотном слое составило в зависимости от обработки почвы 0,14-0,33%, а в зернопаропропашном (20% чистого пара) – 0,23-0,44% (Никитин В.В. и др., 2013). В том же севообороте с присутствием многолетних бобовых трав в 1-й и во 2-й ротациях получен положительный баланс гумуса и без внесения удобрений (Азаров В.Б., 2004; Тютюнов С.И., 2005; Карабутов А.П., 2012; Никитин В.В. и др., 2013).

Севооборот имеет важное значение в эффективном воспроизводстве запасов органического вещества почвы. Поэтому структура посевных площадей с учётом почвенно-климатических условий должна быть таковой, чтобы можно было в

максимальной степени использовать положительную роль основных и промежуточных культур (Лыков А.М., 1995).

Как элемент земледелия вид севооборота и возделываемая культура, оказывает существенное влияние на запасы в почве негумифицированного органического вещества, содержание гумуса и лабильных гумусовых веществ.

Таким образом, следует сказать, что на данный момент имеется большое количество литературных данных о влиянии агротехнических приёмов на содержание гумуса в почве, однако в связи со сложностью его состава и наличием множественных связей с различными факторами истинное состояние вопроса можно выявить лишь в многолетнем полевом опыте за длительный промежуток времени, включающем в себя максимально возможное число ресурсов.

### **1.3. Действие основных агротехнологических приёмов на агрофизические свойства почвы**

Физические свойства почв постоянно изменяются как под действием природных факторов, так и под влиянием агротехнических мероприятий.

Благоприятные агрофизические свойства почв – одно из необходимых условий их плодородия, получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. Ухудшение агрофизического состояния почв (уплотнение, разрушение структуры почвы и др.) происходит за счёт несоблюдения чередования культур в севообороте, механического воздействия машин, уменьшения применения органических удобрений, снижения содержания гумуса в почве и др. (Воронин А.Н. и др. 2014).

Среди показателей агрофизического состояния почвы большое значение имеют запасы продуктивной влаги, характеризующие обеспеченность доступной влагой растений (Шеин Е.В., Гончаров В.М., 2006). Почвенная влага является жизненной основой растений, так как они получают воду, главным образом, из почвы. Вода важный фактор их питания, вместе с ней в растения поступают и минеральные вещества, которые содержатся в почвенном растворе (Лукин С.В.,

Корнейко Н.И., 2009).

В последние годы в различных районах нашей страны отмечается изменение климатических условий, что отражается на влагообеспеченности почвы. Обработка почвы – это один из наиболее оптимальных агроприёмов, который способен регулировать агрофизические показатели почвы (Кильдюшкин В.М. и др., 2015).

По данным В.М. Кильдюшкина с соавторами (2015) вспашка и чизелевание, в сравнении с поверхностной обработкой почвы способствовали лучшему накоплению влаги в весенний период времени. Кроме того при поверхностной обработке почвы был не экономичный расход влаги растением по сравнению со вспашкой. Эта же закономерность отмечалась и А.Н. Ворониным с соавторами (2014) – к посеву меньше влаги накапливалось на делянках с минимальной обработкой почвы.

Неоднозначное влияние обработки почвы на почвенную влагу отмечено в работе С.И. Тютюнова с соавторами (2012), где они отмечают, что без внесения удобрений и при внесении только минеральных удобрений при минимальной обработке почвы показатели влаги выше, чем при глубокой обработке почвы. Большие запасы влаги (113-125 мм) находились в пахотном слое при внесении органических удобрений.

Несоблюдение севооборотов, нарушение структуры посевных площадей, приводят к ухудшению основных свойств и режимов почвы. При возделывании разных сидеральных культур в севооборотах запасы продуктивной влаги оказываются различными. По мнению Т.В. Поповой с соавторами (2014), наибольшие запасы продуктивной влаги фиксируются под покровом редьки масличной в сравнении с горчицей. Как отмечает М.А. Несмеянова и А.В. Дедов (2014), применение многолетних бобовых трав в бинарных посевах с подсолнечником обеспечивают более рациональный расход доступной влаги.

М.И. Сидоров с соавторами (1966) делают акцент на том, что к концу вегетации многолетние травы сильно иссушают почву на всю глубину корнеобитаемого слоя. Установлено, что в почве под чёрным паром запас



продуктивной влаги самый большой. В отличие от других предшественников здесь хорошее увлажнение слоя почвы до 200 см. А.В. Кузнецовым (2012) эта же закономерность была отмечена на чернозёме типичном в чёрном пару.

Н.В. Афонченко с соавторами (2014) по данным исследований своего опыта сделал заключение, что под зерновыми культурами запасы влаги в почве выше, чем под покровом травосмесей.

Одним из основных показателей агрофизических свойств почвы, является её плотность. При сильном уплотнении почвы снижается запас доступной растениям влаги, однако и чрезмерно рыхлое сложение почвы может привести к ухудшению водного режима (Муха В.Д., 2003).

Одни растения способны уплотнять пахотный горизонт почвы, другие в свою очередь наоборот её уменьшают.

По данным Е.В. Навольневой и соавторов (2013, 2014, 2015) травы, как предшественник озимой пшеницы, уплотняют почву в отличие от чёрного пара. При этом минимальная обработка уплотняла почву, а вспашка разрыхляла. В работе Н.В. Афонченко и соавторов (2014) при сравнении многолетних трав с зерновыми культурами, отмечается та же закономерность – посевы эспарцета сильнее уплотняют почву.

Положительное влияние безотвальной обработки на этот показатель отмечают С.И. Тютюнов (2012) и С.И. Зинченко (2014). Неблагоприятное действие минимальной обработки на уплотнение пахотного слоя отмечается в работе В.М. Кильдюшкина с соавторами (2015), эти результаты также согласуются с исследованиями Н.И. Кожушко (1982).

Многими учёными отмечено и влияние удобрений на плотность почвы. Так, исследования С.И. Тютюнова и В.Д. Соловиченко (2012) показали, что под действием органической и органоминеральной системы удобрений происходило разуплотнение пахотного горизонта на 0,02-0,19 г/см<sup>3</sup>.

С.В. Лукин (2004) основной причиной уплотнения почв считает применение минеральных удобрений, которые при отрицательном балансе органического вещества негативно влияют на содержание гумуса в чернозёмах, а потери гумуса

в результате его минерализации приводят к уплотнению почвы. И, соглашаясь с авторами, упомянутыми выше, подтверждает положение о том, что наиболее эффективно совместное использование органических и минеральных удобрений. Этому мнению придерживается и А.Н. Воронин (2014), отмечая в своей работе, что внесение только минеральных удобрений увеличивает плотность почвы на 0,03-0,05 г/см<sup>3</sup>.

В процессе сельскохозяйственного использования земель, значительное изменение претерпевает структура почвы: уменьшается количество агрономически ценной комковато-зернистой фракции, возрастает глыбистость, пылеватость, наблюдается усреднение в распределении процентного содержания структурных отдельностей по фракциям (Лукин С.В., 2004).

Возделывание различных культур в севообороте не одинаково влияет на содержание агрономически ценной (комковато-зернистой) структуры почвы. По степени усиления негативного влияния культур на структуру почвы П.А. Косякин с соавторами (2015) расположил в следующий ряд: озимая пшеница по клеверу – клевер – озимая пшеница по пару – сахарная свёкла в звене с паром – ячмень. А.В. Дедов и Д.А. Балучевский (2014) в своей работе отметили, что количество структурных агрегатов в бинарных посевах озимой пшеницы и люцерны синей было больше на 25-38% по сравнению с выращиванием озимой пшеницы. Бинарные посевы при возделывании подсолнечника с многолетними бобовыми травами также обеспечивают более бережное отношение к существующей структуре пахотного слоя почвы (Несмеянова М.А., 2014).

Положительное влияние многолетних бобовых трав на структурность почвы отмечено и в работах С.И. Тютюнова с соавторами (2012), Е.В. Навольневой с соавторами (2014, 2015), А.В. Кузнецова (2012), а также об этом сообщалось О.К. Боронтовым и И.М. Никульниковым (1998). По сравнению с зерновыми культурами посев травосмесей способствовал увеличению коэффициента структурности почвы (Афонченко Н.В. и др., 2014).

Утрата комковато-зернистой структуры пахотных горизонтов почвы – это результат, прежде всего, механического разрушения структуры

передвигающимися по поверхности почвы во время работы сельскохозяйственными машинами и самим процессом обработки (Кузнецова И.В., 1979). Длительная распашка приводит к снижению содержания агрегатов агрономически ценного размера (10...0,25 мм) в пахотных горизонтах и сопровождается одновременным увеличением глыб (Медведев В.В., 1988). Однако, на основании многочисленных опытов Н.Е. Бекаревич с соавторами (1964), установил, что научно обоснованная обработка почвы приводит к улучшению её структуры. Это мнение поддерживает и А.Д. Воронин (1986), останавливаясь на том, что при воздействии на почву почвообрабатывающих орудий происходит процесс расчленения почвенной массы на структурные отдельности.

При сравнении минимальной обработки почвы со вспашкой наибольший процент агрономически ценной структуры отмечался по минимальной обработке и составлял 80,3%, по сравнению с 60,0% по вспашке, согласно данным Е.В. Навольневой с соавторами (2014, 2015). Эти выводы подтверждает и А.С. Бушнев (2015), делая акцент на том, что мелкая обработка почвы увеличивает содержание агрономически ценных агрегатов только при её длительном применении.

В то же время данные В.И. Марин с соавторами (1991) полностью противоречат этим выводам, здесь отмечалось благоприятное воздействие глубокой вспашки на структуру почвы, этого мнения придерживаются и В.М. Кильдюшкин с соавторами (2015). П.Г. Семихненко и П.Н. Ярославской (1977) было установлено, что структурное состояние почвы при глубокой обработке улучшается только в верхнем слое – 0-10 см. А П.А. Косякин и др. (2015) и М.Н. Масютенко (2015) отмечали положительное влияние безотвальной обработки почвы.

Осенняя комбинированная обработка приводит к снижению содержания водоустойчивых агрегатов в два раза, а осенняя плоскорезная обработка не ухудшает структурное состояние почвы (Аликина А.Н., 2013).

Улучшение структурно-агрегатного состава под влиянием удобрений отмечалось в опытах О.А. Минаковой с соавторами (2014), но основное влияние

на этот показатель оказывало наличие клевера в севообороте.

Внесение органических удобрений и особенно органических совместно с минеральными повышает коэффициент структурности верхнего пахотного слоя почв (Тютюнов С.И. и др., 2012; Воронин А.Н. и др., 2014; Соловиченко В.Д. и др., 2015). Однако по данным А.Г. Ступакова (1998) при максимальной насыщенности минеральными удобрениями наблюдается уменьшение количества агрономически ценных почвенных агрегатов. Работа М.Н. Елфимова с соавторами (2015) показала, что применение удобрений снижало коэффициент структурности на 5-45% и наибольшее снижение происходило по безотвальной обработке почвы – на 54%.

В заключении следует подчеркнуть, что в настоящее время в сельскохозяйственной практике большинство пахотных земель характеризуется средней и сильной степенью агрофизической деградации. Поэтому в настоящее время необходимо изучать и исследовать влияние агротехнических мероприятий на агрофизические свойства почв и выявлять приёмы по их улучшению.

#### **1.4. Урожайность озимой пшеницы и сахарной свёклы в зависимости от разных агроприёмов**

Повышению урожайности озимой пшеницы и сахарной свёклы посвящено много работ. В них рассматривается современное состояние производства основных культур Центрально-Чернозёмного региона, влияние агротехнических приёмов на продуктивность (Векленко В.И., 2006; Никитина О.Г., 2009). Однако для более точного анализа необходимо рассматривать эту проблему в пределах одной области или даже административного района.

Определяясь с предшественником, необходимо учитывать, что каждый из них создаёт различный уровень плодородия почвы и оказывает существенное влияние на урожайность последующей культуры (Корнева Н.Г., и др., 1989; Смирнова В.В., 2006). От предшественника зависит дружность всходов озимой пшеницы, содержание влаги в почве, засорённость посевов, что в итоге

сказывается на урожайности культуры (Дедов А.В., Болучевский Д.А., 2014). Н.В. Долгополовой (2015) было отмечено положительное действие чистого пара, который обеспечивал дружность всходов при любых погодных условиях.

А наибольшую массу зерна с колоса обеспечивали такие предшественники как горох и чёрный пар. Многолетние бобовые травы как предшественник в благоприятные погодные условия могут также положительно сказаться на урожайности даже без применения азотных удобрений. Похожее мнение было высказано и В.В. Смирновой с Г.И. Уваровым (2006) – высокая урожайность обеспечивается по многолетним и однолетним травам и чёрному пару, а по ячменю и кукурузе на силос урожайность культуры гораздо ниже. Также Г.И. Уваровым и М.В. Бондаренко (2006) отмечено преимущественное влияние зернотравяного севооборота над зернопропашным на урожайность озимой пшеницы.

Способы основной обработки почвы должны быть дифференцированы в зависимости от возделываемой культуры. При любой основной обработке почвы урожайность озимой пшеницы практически остаётся на одном уровне, однако отказ от проведения осенних обработок приводит к резкому снижению урожайности до 21,4 ц/га (Смуров С.И. и др., 2012). При этом наиболее эффективной под озимые зерновые является поверхностная обработка (Кильдюшкин В.М., 2015). В противовес чему Г.И. Уваров и М.В. Бондаренко (2006) говорят о преимуществе вспашки над мелкой обработкой.

Однако улучшение системы применения удобрений в зависимости от обработки почвы и предшественника является основным фактором повышения урожайности зерновых культур (Алексеева Е.Н., 1978).

Внесение навоза под сельскохозяйственные культуры является мощным фактором повышения их продуктивности (Габбиров М.А., 2001). Урожайность озимой пшеницы при внесении только навоза повышается на 8 ц/га (Бижоев Б.М., 1988; Квасов В.А., 1996).

Минеральные удобрения играют в формировании урожайности зерновых культур большую роль по сравнению с органическими (Уваров Г.И., Бондаренко

М.В., 2006; Смуров С.И., 2012). В частности в работе Н.П. Богомазова (1996) написано о положительном действии азотных удобрений в засушливые годы, которые повышают урожайность зерна на 5,6-6,0 ц/га. Однако применение органических и минеральных удобрений в совокупности позволяет получить наибольший урожай (Бондарева К.Г., Холявина И.Т., 1989; Дедов А.В., Богучевский Д.А., 2014).

В качестве основных требований возделывания сахарной свёклы является такой предшественник как озимая пшеница, которая позволяет создать высокое фитосанитарное состояние для возделывания сахарной свёклы (Бондаренко М.В., 2005; Навальнев В.В., 2006).

Под сахарную свёклу, в условиях ЦЧЗ рекомендуется проводить вспашку и безотвальное рыхление, в зависимости от засорённости (Воронин А.Н. и др., 2010). Однако в опытах С.Т. Медведева (1996) отмечалось, что поверхностная обработка при всех видах и дозах удобрений показала близкие результаты к обычной вспашке.

В случае отсутствия каких-либо удобрений урожайность свёклы не превышает 13,2 т/га, а за счёт удобрений продуктивность увеличивается на 126,5% (Тютюнов С.И., Шаповалов Н.К., 2014). Применение сидератов позволяет получить урожай сахарной свёклы на 35 ц/га больше, чем без них. А применение таких органических удобрений как навоз способствует увеличению урожая на 163 ц/га или на 12-29% (Квасов В.А., 1996, Тютюнов С.И., 2012).

По данным опытов С.Т. Медведева (1996) 20 т навоза даёт прибавку урожая свёклы в 13-16%, 40 т – в 25-26, а чисто минеральный фон по 140 кг/га NPK – порядка 36-42%. С.И. Тютюновым (2012) наиболее высокая урожайность сахарной свёклы была получена при совместном внесении минеральных и органических удобрений, а при увеличении доз в два раза рост урожайности корнеплодов составил 15-20%.

По данным В.В. Навальнева (2006), при внесении (NPK)<sub>120</sub> на фоне последействия 40 т/га навоза урожай составил 34,4 т/га, что на 15,5 т/га больше чем без применения удобрений, а при внесении (NPK)<sub>180</sub> – 40,3 т/га. Также им

было отмечено влияние минеральных удобрений на сахаристость свёклы – увеличение доз удобрений снижает содержание сахара на 1,4%, однако за счёт более высокой урожайности выход сахара с гектара значительно увеличивается.

В заключении следует отметить, что высокую урожайность сельскохозяйственных культур можно получить только при обеспечении растений оптимальными условиями для их роста и развития. А, следовательно, необходимым условием для этого является регулирование почвенного плодородия, показатели которого изменяются в зависимости от основных агротехнических приёмов.

Анализ научной литературы показал, что вопрос о влиянии севооборота, обработки почвы и удобрений на показатели плодородия почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур имеет давнюю историю, но, тем не менее, требует дальнейшего более углубленного изучения регулирования плодородия почв и получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур в связи с изменившейся организационной структурой сельскохозяйственного сектора, появления новых технологий, сортов и гибридов, а также комплекса сельскохозяйственных машин и орудий.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 2.1. Схема опыта и методика его проведения

Исследовательская работа была выполнена в 2012-2017 гг. в «Белгородском Федеральном аграрном научном центре Российской академии наук» на базе полевого опыта лаборатории плодородия почв и мониторинга и на кафедре земледелия, агрохимии и экологии Белгородского государственного аграрного университета имени В.Я. Горина. Исследования проводились в стационарном полевом опыте, который был заложен в 1987 году. Расположен опыт в с. Гонки Белгородского района Белгородской области в юго-западной части Центрально-Черноземного региона. Объектом исследования являлись почва и сельскохозяйственные культуры. Предметом исследований были свойства чернозёма типичного. Исследования проводились в лабораторных и полевых опытах с целью определения воздействия антропогенных факторов на свойства почвы, в том числе и на гумусное состояние, для разработки мероприятий, способствующих сохранению и повышению плодородия почвы, а также росту продуктивности сельскохозяйственных культур.

В опыте использовался метод расщепленных делянок. Опыт четырёхфакторный. Площадь посевной делянки 120 м<sup>2</sup>, учётной – 100 м<sup>2</sup>.

Почва опытного участка – чернозём типичный среднесиловой малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Пахотный слой характеризуется следующими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 5,1-5,4%, подвижного фосфора (по Чирикову) - 67-78 мг/кг почвы, обменного калия (по Чирикову) - 88-112 мг/кг почвы; pH<sub>(сол)</sub> - 5,8-6,3; степень насыщенности основаниями – около 90%.

Исследования проводились в двух севооборотах: зернотравянопропашном (зерновых 40%, пропашных 20%, многолетние травы 40%) и зернопаропропашном (зерновых 20%, пропашных 60%, пар 20%). Чередование



культур в севооборотах следующее:

Зернотравянопропашной:	Зернопаропропашной:
1. Многолетние травы 1 г.п.;	1. Чёрный пар;
2. Многолетние травы 2 г.п.;	2. Озимая пшеница;
3. Озимая пшеница;	3. Сахарная свёкла;
4. Сахарная свёкла;	4. Кукуруза на силос;
5. Ячмень+многолетние травы.	5. Кукуруза на зерно.

В качестве сорта озимой пшеницы применяли Синтетик, гибрид сахарной свёклы – Каскад. В опыте изучалось два способа основной обработки почвы: - вспашка плугом ПЛН - 5-35, предусматривала отвальное рыхление верхнего слоя почвы в зависимости от возделываемой культуры на глубину 20-22 или 30-32 см; - минимальная обработка проводилась дискаторами, рыхление осуществлялось на глубину 10-12 см.

Выбор способов обработки почвы зависел от разной глубины заделки органических и минеральных удобрений в почву, а также от способности заделывать в почву разное количество пожнивных остатков. Данные различия способны создавать разные питательный, водный и воздушные режимы в почве, что создаёт неодинаковые условия произрастания растений.

В опытах применялись три системы удобрений: органическая, минеральная и органоминеральная. Минеральные удобрения вносились ежегодно под каждую культуру в одной и двух дозах. Одинарная доза внесения удобрений рассчитана на простое воспроизводство плодородия почв, а двойная – на расширенное. В зернотравянопропашном севообороте на 1 га севооборотной площади вносили  $N_{42}P_{62}K_{62}$ , а в зернопаропропашном севообороте  $N_{54}P_{62}K_{62}$ . Под озимую пшеницу вносили  $N_{90}P_{60}K_{60}$  (одна доза), под сахарную свёклу  $N_{90}P_{90}K_{90}$  (одна доза). Органические удобрения вносились один раз за ротацию севооборотов под сахарную свёклу 40 т/га – 1 доза, что составляет 8 т/га севооборотной площади, а две дозы – 80 т/га или 16 т/га севооборотной площади. В опытах рассматривались 9 разных вариантов удобренности, что даёт возможность наиболее полной оценки влияния удобрений и способов обработки почвы на изучаемые показатели.

Были проанализированы следующие показатели:

- гидролизуемый азот почвы по методу Корнфилда (щелочногидролизуемый) – для оценки питательного режима почвы весной, для характеристики почвенного плодородия – после уборки озимой пшеницы;
- подвижный фосфор и обменный калий по методу Чирикова в модификации ЦИНАО – весной и после уборки озимой пшеницы;
- гидролитическую кислотность 0-10 см, 10-20 см, 20-30 см, 30-50 по Каппену в модификации ЦИНАО – после уборки озимой пшеницы;
- содержание общего гумуса, % по слоям почвы 0-10, 10-20, 20-30, 30-50 см по Тюрину (ГОСТ 26213-91) – после уборки озимой пшеницы;
- влажность почвы определяли термостатно-весовым методом и расчёт запасов продуктивной влаги в слоях почвы 0-10; 10-20; 20-30; 30-50; 50-70; 70-100 см;
- плотность почвы методом режущего кольца по Качинскому для слоев почвы 0-10, 10-20, 20-30, 30-50 см – после уборки урожая озимой пшеницы;
- структурно-агрегатный состав почвы по слоям 0-10;10-20;20-30; 30-50 см методом сухого просеивания по Саввинову– после уборки озимой пшеницы;
- общая биологическая активность почв по методу Мишустина, Вострова и Петровой (по интенсивности разложения льняного полотна). Исследования проводились на посевах сахарной свеклы по слоям 0-10; 10-20; 20-30 см.

Для оценки влияния изучаемых факторов на продуктивность культур определяли урожайность всех культур зернотравянопропашного и зернопаропропашного севооборотов. В качестве примера приводится продуктивность двух ведущих культур севооборотов - сахарной свёклы и озимой пшеницы. Математическая обработка экспериментальных данных проводилась методом дисперсионного анализа по В.А. Доспехову (1985) с помощью прикладных компьютерных программ. В настоящее время получила завершение пятая ротация севооборотов и у нас есть возможность обобщить и проанализировать данные, которые приводятся в нашем табличном материале.

## **2.2. Характеристика зоны по климатическим условиям и метеорологические наблюдения в годы проведения опыта**

Особенности климатических и в целом природных условий Белгородской области характеризуются, в первую очередь, её географическим положением. Она расположена в лесостепной и степной зонах Среднерусской возвышенности. Площадь области составляет 2713,4 тыс. га, в том числе пашни – 1654,4 тыс. га (61%), кормовых угодий – 347,6 тыс. га (12,8%) (Статистический ежегодник Белгородская область 2006, 2007).

В лесостепной зоне области находятся наиболее плодородные почвы – чернозёмы типичные и чернозёмы выщелоченные. Часть области, расположенная в степной зоне представлена чернозёмами обыкновенными, чернозёмами карбонатными и остаточно-карбонатными. Также на территории области встречаются чернозёмно-луговые, пойменные луговые, болотные и балочные почвы (Соловиченко В.Д., Лукин С.В. и др., 2007).

Климат территории области умеренно-континентальный с достаточно жарким летом и сравнительно холодной зимой. Средняя годовая температура воздуха колеблется от 6,0 до 9,6°C. Средняя температура января -9,3...-8,2 °C, июля +19,2...+21,1 °C (Агроклиматические ресурсы Белгородской области, 1972).

Зима в области продолжительная, снежный покров может лежать до 110 дней, его высота колеблется от 20 до 26 см. Почва начинает замерзать 10-15 ноября, а её размерзание и, следовательно, снеготаяние наступает 25-28 марта. Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше нуля градусов составляет 225-237 дней, а с температурой выше 5°C – 186-197 дней. Продолжительность периода с температурами выше 10°C колеблется от 148 до 159 дней, а сумма температур выше 10°C составляет 2750-3050<sup>0</sup> (Агроклиматические ресурсы Белгородской области, 1972).

Территория области имеет неустойчивое увлажнение, осадки распределяются неравномерно, со значительными колебаниями по сезонам. Их среднегодовое количество колеблется в пределах от 460 до 560 мм. Осадки по

временам года распределяются следующим образом: зимой выпадает 19%, весной – 22, летом – 36 и осенью – 23% общего их количества. Гидротермический коэффициент (по Селянинову) за вегетационный период убывает с северо-запада на юго-восток от 1,2 до 0,9.

Климат, в первую очередь, влияет на формирование почвы, её профиля, в большей степени от него зависит протекание физико-химических и биохимических процессов, что определяет уровень плодородия почвы.

Природные ресурсы в зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения играют очень существенную роль в деле формирования продуктивности культурных растений. Поэтому, чтобы интерпретировать влияние агрогенных ресурсов на урожайность сельскохозяйственных культур, необходимо в обязательном порядке учитывать этот неподвластный регулировке природный “фон”.

Если рассматривать весенний период, то наиболее холодным он был в 2015 и в 2017 годах, но это совсем не значит, что апрель был неблагоприятным для с.-х. культур (табл. 2.2.1). Как известно, для озимых желателен постепенный переход от зимовки до входа в ВВВВ. Затем, в летние месяцы температурный режим выравнивается, и по годам особых различий в июне по этому фактору не обнаружено. Если же анализировать обеспеченность теплом в среднем за вегетацию, то лидируют по этому показателю 2013 и 2016 годы.

По уровню же обеспеченности влагой экстремум был обнаружен в 2013 году, когда в апреле выпало только 5 мм осадков, что, конечно же, сказалось на продуктивности культуры, а наибольшее количество осадков имело место ранней весной в 2015 году. Наиболее благоприятная ситуация в июне-июле имела место в 2014 и в 2016 годах. В целом же за вегетацию наиболее благоприятными по увлажнению были 2014 и 2016 года, как по общему количеству осадков, так и по распределению их по месяцам.

Для сахарной свеклы также, как и для озимой пшеницы, сравнительно холодный апрель 2015 и 2017 годов не представлял большой угрозы для жизнедеятельности взошедших растений, а вот холодный сентябрь 2013 года,

безусловно, лимитировал фотосинтез листового аппарата и повлек за собой, в конечном счете, недобор урожая.

Таблица 2.2.1 - Среднесуточная температура воздуха и сумма атмосферных осадков за вегетационный период с.-х. культур

Годы/месяцы	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-VII	IV-VIII	IV-IX
Среднесуточная температура воздуха, °С									
2012	13,8	20,7	21,5	23,4	22,0	16,5	17,4	20,3	19,3
2013	11,5	22,1	23,0	22,3	21,4	11,7	19,7	20,1	18,7
2014	10,3	20,3	19,6	23,6	22,9	15,1	18,5	19,3	20,1
2015	9,4	17,7	22,4	22,6	23,2	20,0	18,0	19,1	19,2
2016	13,1	17,2	22,7	25,5	23,7	15,9	19,6	20,4	19,7
2017	8,1	13,7	18,6	23,0	24,7	18,1	15,9	17,6	17,7
Среднее	11,0	18,6	21,3	23,4	23,0	16,2	18,2	19,5	19,1
Сумма атмосферных осадков, мм/месяц									
2012	28	30	49	78	111	23	185	296	318
2013	5	27	67	60	19	128	159	178	306
2014	30	82	114	9	64	26	235	299	325
2015	54	38	59	80	2	5	231	233	236
2016	35	104	37	97	85	8	273	358	366
2017	25	32	22	54	25	9	133	158	167
Среднее	30	52	58	63	51	33	203	254	287

Наиболее сухой весна была в 2013 году, когда в апреле выпало всего 5 мм, но, все же, наиболее неблагоприятным следует считать по этому ресурсу 2015 год, когда в августе-сентябре выпало всего 7 мм. Однако интегральным показателем, показывающим результирующие условия вегетационного периода является гидротермический коэффициент Селянинова. Для обеих культур он был оптимален в 2016 году, а самым напряженным – в 2013 и в 2017 годах (табл. 2.2.2).

Таблица 2.2.2 - Гидротермический коэффициент за годы проведения опытов

Годы/месяцы	IV-VII	IV-VIII	IV-IX
2012	0,88	0,97	0,91
2013	0,67	0,59	0,91
2014	1,05	1,03	0,90
2015	1,06	0,81	0,69
2016	1,16	1,17	1,03
2017	0,70	0,59	0,53
Среднее	0,92	0,86	0,83

Таким образом, изучение влияния рассматриваемых факторов производилось в достаточно разных метеорологических условиях, что обусловило объективно оценить изучаемые агроприёмы в широком агроклиматическом диапазоне.

### **ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ СЕВООБОРОТОВ, СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЧЕРНОЗЁМЕ ТИПИЧНОМ**

#### **3.1. Питательный режим чернозёма типичного**

Для оценки эффективного плодородия, то есть реальной способности почвы обеспечивать высокие урожаи сельскохозяйственных культур первостепенное значение имеет содержание в ней питательных веществ в доступной для растений формах (Ягодин Б.А., 1982; Авраменко П.М. и др., 2002; Баранов А.И., Данилевский В.П., 2009).

С целью выявления зависимости гидролизуемого азота от факторов, присутствующих в эксперименте, нами была взята трехлетняя выборка с озимой пшеницей. Содержание щёлочногидролизуемого азота ожидаемо уменьшалось с глубиной в обоих севооборотах и по обоим способам основной обработки почвы (табл. 3.1.1).

При внесении возрастающих доз минеральных и органических удобрений содержание гидролизуемого азота увеличивалось независимо от вида севооборота и способа основной обработки почвы. При этом статистически значимое увеличение этого показателя имело место во всех глубинах.

Если сравнить показатели обеспеченности почвы этой формой азота по сгруппированным блокам, то и по обоим видам севооборотов, и по обоим способам основной обработки почвы получены в среднем за три года одинаковые показатели (табл. 3.1.2), что и подтверждается не только глазомерно, но показателями наименьшей существенной разности.

Долевое участие севооборотов в формировании азотного режима в пахотном слое составило в среднем за три года по севооборотам 3,3%, по способам обработки почвы – 17%, по органическим удобрениям – 48,7% и по минеральным – 41,3%, то есть ведущая роль в обеспеченности почвы в пахотном слое принадлежит удобрениям.

Таблица 3.1.1 - Содержание гидролизуемого азота в почве под озимой пшеницей, мг/кг (2012-2014 гг.)

Удобрения		Глуби- на, см	ЗТП*		ЗПП	
навоз, т/га	мин., ед.		В**	М	В	М
0	0	0-30	148	150	146	148
		30-50	128	131	130	133
		0-50	140	143	140	142
	1***	0-30	152	154	150	152
		30-50	133	136	135	138
		0-50	144	147	144	147
	2	0-30	155	157	153	155
		30-50	136	140	138	141
		0-50	147	150	147	150
8	0	0-30	152	154	150	153
		30-50	134	137	136	139
		0-50	145	147	145	147
	1	0-30	156	158	154	157
		30-50	138	142	140	143
		0-50	149	152	149	151
	2	0-30	159	161	157	159
		30-50	142	145	144	147
		0-50	152	155	152	154
16	0	0-30	155	157	154	156
		30-50	138	141	140	143
		0-50	148	151	148	151
	1	0-30	159	161	157	160
		30-50	143	146	145	148
		0-50	153	155	152	155
	2	0-30	162	164	160	163
		30-50	146	149	148	151
		0-50	156	158	155	158
НСР <sub>05</sub> для 0-30 см: А – 6,5; В – 6,4; С – 2,9; D – 3,0; для 30-50 см: А – 11,6; В – 3,4; С – 5,2; D – 4,3 для 0-50 см: А – 8,5; В – 5,2; С – 3,8; D – 3,5						

Примечание.\*Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП – зернопаропропашной; \*\* Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная обработка; \*\*\* 1 - N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; 2 - N<sub>180</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub>

Если же рассматривать подпахотный слой чернозема, то доленое участие наших ресурсов будет несколько иным, что и следовало ожидать с учетом



консервативного характера этой формы азота. Если по севооборотам долевое участие было 3,5%, а по способам основной обработки почвы – 7,6%, то по навозу и промышленным удобрениям – соответственно 53,8% и 35,1%, то есть усиливается роль навоза и уменьшается – способов основной обработки почвы.

Таблица 3.1.2 - Группировка содержания гидролизуемого азота по способам обработки почвы и севооборотам под озимой пшеницей в слое 0-30 см, мг/кг

(2012-2014 гг.)

Удобрения.		Среднее по севооборотам		Среднее по обработкам	
навоз, т/га	мин., ед.	В	М	ЗТП	ЗПП
0	0	147	149	149	147
	1	151	153	153	151
	2	154	156	156	154
8	0	151	153	153	152
	1	155	157	157	155
	2	158	160	160	158
16	0	154	157	156	155
	1	158	161	160	159
	2	161	164	163	162
<b>Среднее</b>		<b>155</b>	<b>157</b>	<b>156</b>	<b>155</b>

НСР<sub>05</sub>: севообороты – 6,5; обработка почвы – 6,4; навоз – 2,9; минеральные удобрения – 3,0

Представляют определенный интерес показатели коррелятивной связи между экспериментальными факторами и наличием гидролизуемого азота в почве. Для севооборотов и способов обработки почвы корреляционное отношение составило для двух глубин по видам севооборотов 0,10, по способам обработки почвы 0,14-0,15, по органическим удобрениям – 0,38-0,40, по минеральным – 0,32-0,35. Следовательно, только удобрительные средства обеспечили достоверный показатель связи с содержанием гидролизуемого азота в почве.

Комплексный показатель гидролизуемого азота в полуметровом слое почвы, представленный в графическом виде, подтверждает табличные данные: некоторое преимущество имеют минимальная обработка и зернотравянопропашной севооборот (рис. 3.1.1.).

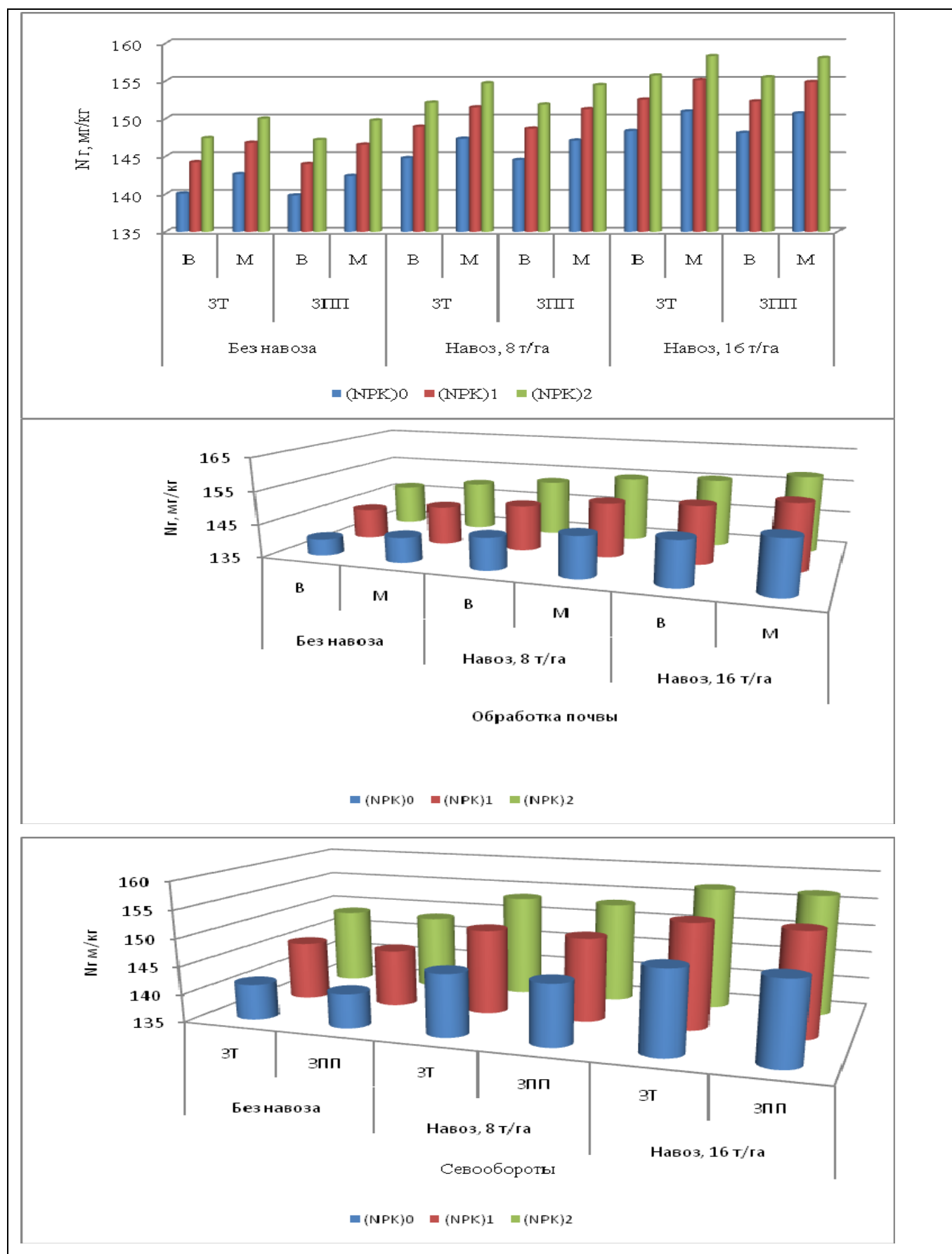


Рис. 3.1.1. Содержание гидролизующего азота в почве под озимой пшеницей в слое 0-50 см, мг/кг (2012-2014 гг.)

За три года исследований содержание подвижного фосфора на вариантах опыта без внесения удобрений в зернотравянопропашном севообороте находилось в слое 0-30 см под озимой пшеницей в пределах 73-80 мг/кг, а в зернопаропропашном 88-95 мг/кг (табл. 3.1.3). И минеральные удобрения, и органические на всех глубинах обеспечивали достоверные прибавки подвижного фосфора на всех дозах, присутствующих в схеме опыта. В подпахотных же слоях почвы, в отличие от ситуации, имеющей место с гидролизуемым азотом, подвижного фосфора содержится больше по глубокой отвальной обработке. Если в слое 0-30 см при вспашке содержалось меньше фосфора, чем по минимальной обработке на контроле на 7 мг/кг, то в слое 30-50 см, напротив, преимущество вспашки составляло 25 мг/кг.

Зернопаропропашной севооборот как на контрольных вариантах, так в целом по блокам имел преимущество перед зернотравянопропашным (табл.3.1.4). В варианте без удобрений, а также в среднем по блоку содержание подвижного фосфора в зернопаропропашном севообороте под озимой пшеницей было выше, чем в севообороте с многолетними бобовыми травами на 15 мг/кг.

Что касается способов основной обработки почвы в слое 0-30 см, то здесь в среднем по двум севооборотам содержание фосфора преобладает при минимальной обработке, и это различие составляет 7 мг/кг.

Долевое участие севооборотов в формировании запасов подвижного фосфора в слое 0-30 см составляло 3,8%, способа основной обработки почвы – 0,9%, органических удобрений – 21,1% и минеральных – 74,2%. Для подпахотного горизонта - 20,6%, 24,4%, 20,0% и 35,0%. Таким образом, подтверждается положение о закреплении фосфора удобрений, в особенности минеральных, в местах контакта с почвой.

Коэффициенты корреляционной зависимости для обоих слоев почвы довольно хорошо отражают показатели долевого участия.

Таблица 3.1.3 - Содержание подвижного фосфора в почве под озимой пшеницей, мг/кг (2012-2014 гг.)

Удобрения		Глуби- на, см	ЗТП*		ЗПП	
навоз, т/га	мин., ед.		В**	М	В	М
0	0	0-30	73	80	88	95
		30-50	65	40	88	63
		0-50	70	64	88	82
	1***	0-30	110	126	133	140
		30-50	85	60	108	83
		0-50	105	99	123	118
	2	0-30	153	160	168	175
		30-50	101	76	124	99
		0-50	132	127	150	145
8	0	0-30	97	105	112	119
		30-50	80	55	115	78
		0-50	91	85	114	103
	1	0-30	143	150	158	165
		30-50	101	76	136	99
		0-50	126	120	149	138
	2	0-30	177	185	192	199
		30-50	117	92	152	115
		0-50	153	147	176	166
16	0	0-30	116	123	131	138
		30-50	92	67	103	90
		0-50	107	101	120	119
	1	0-30	161	168	176	183
		30-50	113	86	124	111
		0-50	142	136	155	154
	2	0-30	196	203	211	218
		30-50	129	104	140	127
		0-50	169	163	182	181
НСР <sub>05</sub> для 0-30 см: А – 12,2; В – 6,8; С –10,3; D – 11,4; для 30-50 см: А – 23,8; В – 10,2; С –10,0; D – 9,2; для 0-50 см: А – 16,8; В – 8,2; С –10,2; D – 10,5						

Примечание.\*Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП – зернопаропропашной

\*\* Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная обработка;

\*\*\* 1 - N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; 2 - N<sub>180</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub>

Таблица 3.1.4 - Группировка содержания подвижного фосфора по способам обработки почвы и севооборотам под озимой пшеницей в слое 0-30 см, мг/кг (2012-2014 гг.)

Удобрения.		Среднее по севооборотам		Среднее по обработкам	
навоз, т/га	мин., ед.	В	М	ЗТП	ЗПП
0	0	81	88	77	92
	1	126	133	118	137
	2	161	168	157	172
8	0	105	112	101	116
	1	150	157	146	161
	2	185	192	181	196
16	0	123	131	120	134
	1	169	176	165	180
	2	203	211	200	215
<b>Среднее</b>		<b>145</b>	<b>152</b>	<b>141</b>	<b>156</b>

НСР<sub>05</sub>: севообороты – 12,2; обработка почвы – 6,8; навоз – 10,3; минеральные удобрения – 11,4

Например, для верхнего слоя корреляционное соотношение для севооборотов составило 0,17, для обработок почвы – ничтожно малую величину, близкую к нулю, для навоза – 0,39 и для минеральных удобрений – 0,74; для подпахотного – соответственно 0,35, 0,38, 0,34 и 0,45.

В связи с вышеупомянутым перераспределением подвижного фосфора по глубинам в аспекте способов основной обработки почвы различия для полуметрового слоя по этому фактору нивелируются, хотя более глубокое закрепление фосфора при вспашке – положительный момент для засушливой зоны. Что касается севооборотов, то преимущество зернопаропропашного севооборота, сохраняется.

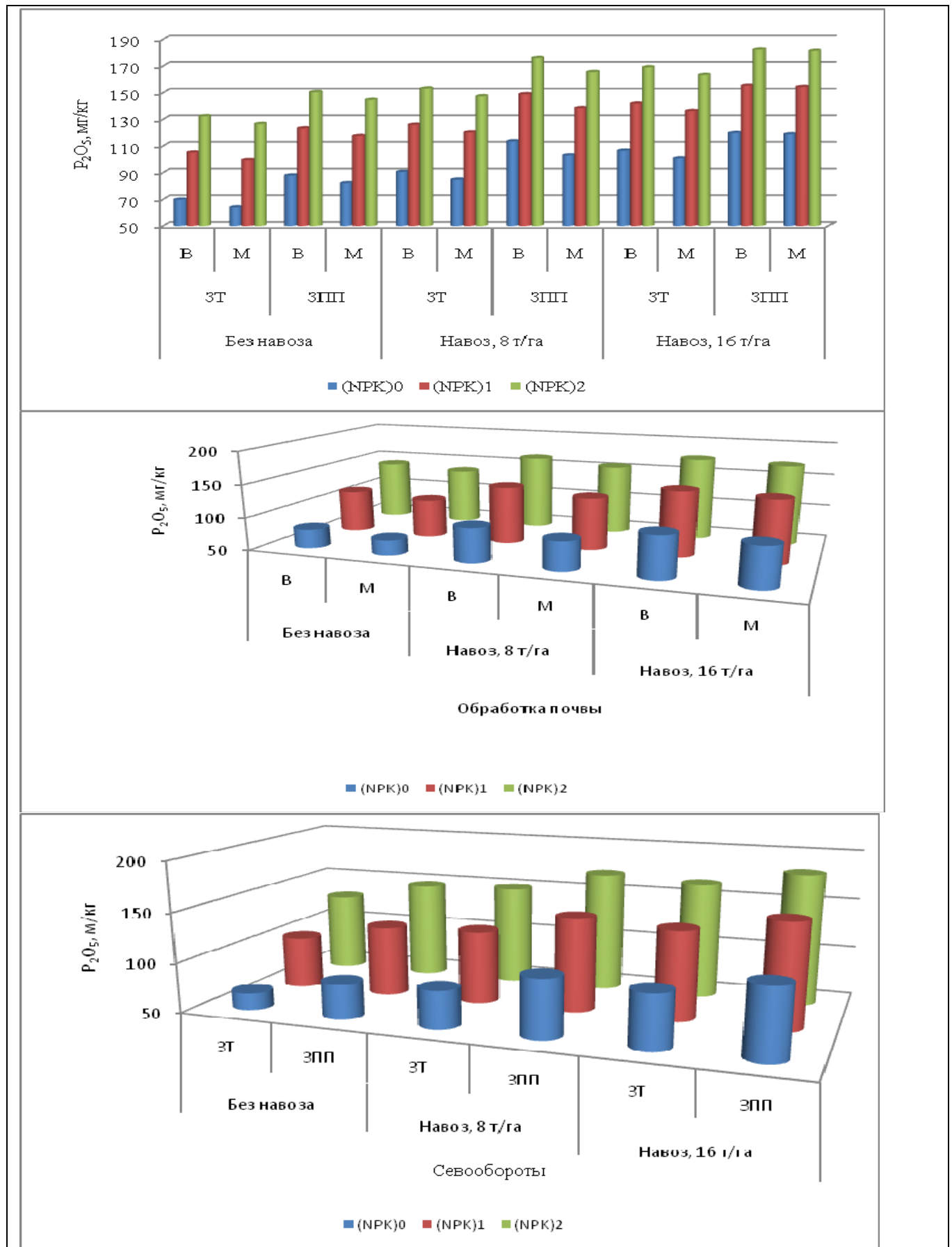


Рис. 3.1.2. Содержание подвижного фосфора в почве под озимой пшеницей в слое 0-50 см, мг/кг (2012-2014 гг.)

Анализируя содержание подвижного калия чернозема типичного в слое 0-30 см, отметим, что в обоих севооборотах без внесения удобрений он квалифицировался по существующей шкале для метода Чирикова как повышенный (табл. 3.1.5). Содержание калия в почве в пахотном слое определялось дозами органических и минеральных удобрений независимо от вида севооборота и способа основной обработки почвы и на всех глубинах, при этом различия по подвижному калию были достоверны на 95%-ном уровне вероятности как по сравнению с контрольным вариантом, так и между вариантами с различными дозами внесения удобрений.

При сравнительной оценке обеспеченности пшеницы подвижным калием между севооборотами довольно отчетливо проявляется лидерство севооборота с чистым паром, однако значительный уровень дисперсии, свидетельствующий о большом разбросе данных по повторениям, не дает формального основания для утверждения о преимуществе зернопаропропашного севооборота в этом сегменте наблюдений (табл. 3.1.6).

Если сравнить содержание калия в пахотном слое почвы между блоками с обработками, то можно сказать, что здесь превалировала в среднем по двум севооборотам глубокая вспашка, но мы здесь можем говорить только о тенденциозной закономерности.

Долевое участие факторов в формировании содержания калия в слое 0-30 см имеет следующий вид: севообороты – 21,8%, способы обработки почвы – 3,9%, органические удобрения – 27,3%, минеральные – 47,0%; для слоя 30-50 см – 14,7%, 4,9%, 40,1%, 40,3%, то есть с глубиной увеличивается роль навоза и способов обработки почвы и снижается – промышленных удобрений и севооборотов.

Корреляционные отношения, фиксирующее тесноту связи между изучаемыми факторами и функцией соответствуют уровням долевого участия. В пахотном слое почвы показатель криволинейной связи был: для севооборотов – 0,34, для способов обработки – 0,15, для навоза – 0,39, для промышленных удобрений – 0,51; для подпахотного – 0,24, 0,14, 0,39 и 0,39.

Таблица 3.1.5 - Содержание подвижного калия в почве под озимой пшеницей, мг/кг (2012-2014 гг.)

Удобрения		Глуби- на, см	ЗТП*		ЗПП	
навоз, т/га	мин., ед.		В**	М	В	М
0	0	0-30	103	96	116	111
		30-50	81	76	90	85
		0-50	94	88	107	101
	1***	0-30	118	111	133	127
		30-50	91	86	99	94
		0-50	107	101	120	114
	2	0-30	130	123	145	139
		30-50	98	93	106	101
		0-50	117	111	130	124
8	0	0-30	114	108	130	123
		30-50	91	86	106	94
		0-50	105	99	120	112
	1	0-30	130	123	145	139
		30-50	100	95	116	104
		0-50	118	112	133	125
	2	0-30	142	135	157	151
		30-50	107	103	123	111
		0-50	128	122	143	135
16	0	0-30	123	117	139	132
		30-50	98	93	99	102
		0-50	113	108	123	120
	1	0-30	139	132	154	148
		30-50	108	103	109	111
		0-50	126	121	136	133
	2	0-30	151	144	166	160
		30-50	115	110	116	118
		0-50	136	131	146	143
НСР <sub>05</sub> для 0-30 см: А – 31,9; В – 7,2; С – 7,5; D – 7,1; для 30-50 см: А – 13,9; В – 6,2; С – 7,6; D – 6,1; для 0-50 см: А – 24,7; В – 6,8; С – 7,5; D – 6,7						

Примечание.\*Севообороты: ЗТП–зернотравнопропашной, ЗПП – зернопаропропашной

\*\* Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная;

\*\*\* N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>



Таблица 3.1.6 - Группировка содержания подвижного калия по способам обработки почвы и севооборотам под озимой пшеницей в слое 0-30 см, мг/кг (2012-2014 гг.)

Удобрения.		Среднее по севооборотам		Среднее по обработкам	
навоз, т/га	мин., ед.	В	М	ЗТП	ЗПП
0	0	110	104	99	115
	1	126	119	115	130
	2	137	131	127	142
8	0	122	116	111	127
	1	138	131	127	142
	2	149	143	138	154
16	0	131	125	120	136
	1	147	140	136	151
	2	158	152	147	163
<b>Среднее</b>		<b>135</b>	<b>129</b>	<b>124</b>	<b>140</b>

НСР<sub>05</sub>: севообороты – 31,9; обработка почвы – 7,2; навоз – 7,5; минеральные удобрения – 7,1

Таким образом, в слое 0-30 см зависимость между калийным режимом, севооборотами и навозом была существенной на 5%-ном уровне значимости, а между минеральными удобрениями и содержанием калия – на 1%-ном. В 30-50 см достоверными были только связи с удобрениями.

Анализируя и группируя данные, полученные в ходе изучения слоя 30-50 см, можно составить более объективное представление об обеспеченности растений озимой пшеницы подвижным калием, а также о зависимости калийного режима от факторов эксперимента.

В противоположность фосфору, поведение калия по глубинам в связи с фактором обработки почвы очень схоже: и в тридцатисантиметровом слое, и в слое 30-50 см калия содержалось больше при проведении вспашки. Точно также можно говорить о приоритете севооборота с чистым паром в слое 0-50 см (рис. 3.1.3.).

В заключении следует отметить, что на питательный режим чернозёма типичного оказали влияние все изучаемые факторы, но в различной степени не только по абсолютной величине, но и по направленности.

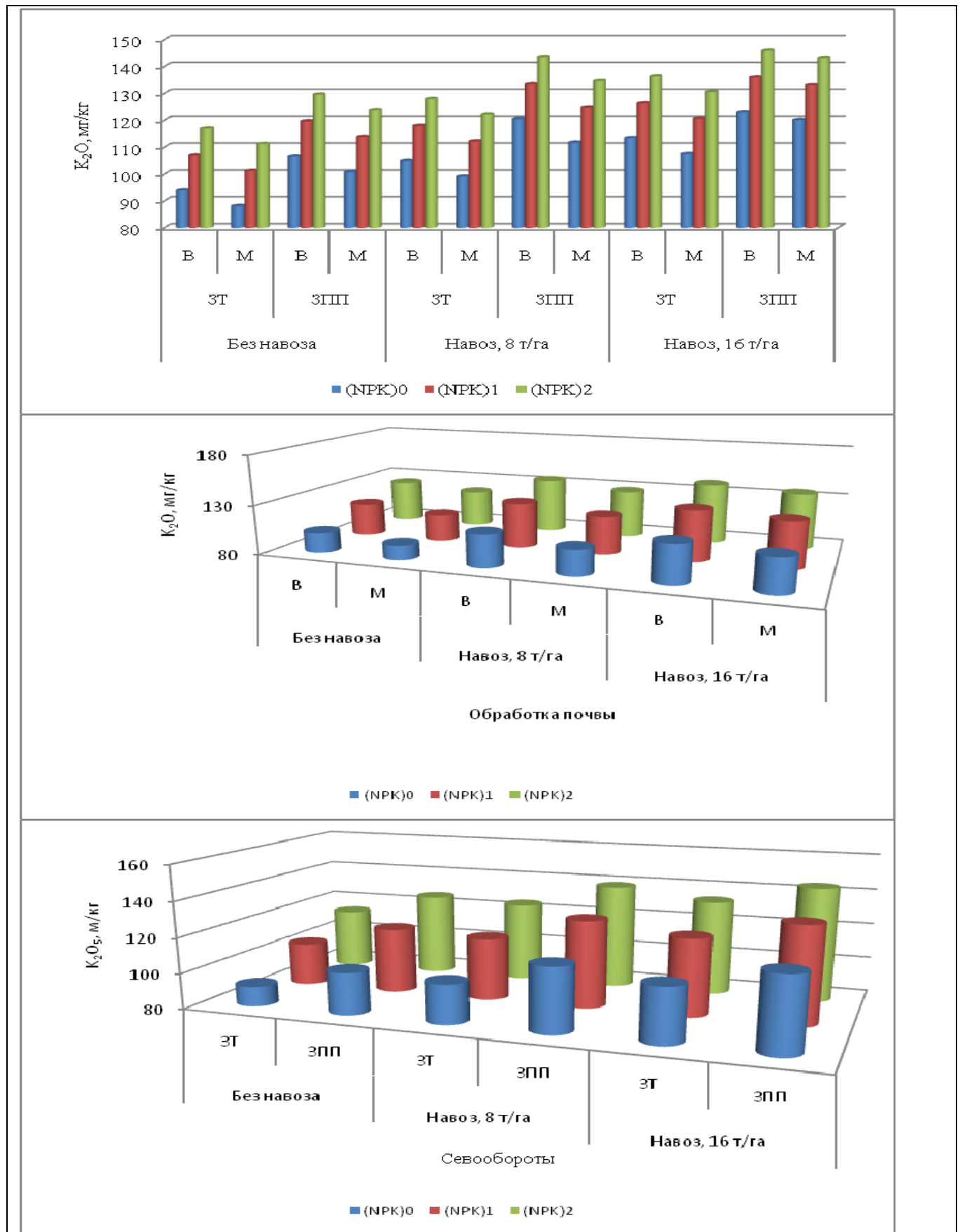


Рис. 3.1.3. Содержание подвижного калия в почве под озимой пшеницей в слое 0-50 см, мг/кг (2012-2014 гг.)

## **ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ НА ВОСПРОИЗВОДСТВО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ**

### **4.1. Гумус**

Не исключая значимости прочих показателей потенциального и эффективного плодородия, следует отметить особую роль органического вещества почвы, представленного в основном гумусом, даже на сравнительно плодородных черноземах по сравнению с другими подзолистыми почвами северо-западных районов.

Содержание гумуса после двадцатипятилетнего периода времени изменялось до 50 см. Отмечено снижение количества гумуса на всех вариантах от зернотравянопропашного севооборота к зернопаропропашному и увеличение от вспашки к минимальной обработке, при этом с глубиной влияние вида севооборота выражено сильнее (табл. 4.1.1).

После прохождения пяти ротаций отмечается положительное действие навоза на содержание гумуса в пахотном и подпахотном горизонтах, как по вспашке, так и по минимальной обработке почвы, в обоих изучаемых севооборотах. А вот действие минеральных удобрений неоднозначно и в значительной мере определяется структурой посевных площадей в севообороте.

В севообороте с многолетними травами содержание гумуса при внесении минеральных удобрений возрастает, как при одной, так и при двух дозах на всех фонах удобренности навозом. В севообороте с чистым паром одинарные дозы минеральных удобрений обеспечили прирост органического вещества независимо от дозы органических удобрений, а при внесении двойных доз минеральных удобрений, в силу увеличения минерализации, содержание гумуса падает как без внесения навоза, так и по фону навоза, независимо от его дозы.

Следует предполагать, что в данном случае главная роль принадлежит растительным остаткам, которые остаются в почве после уборки урожая.

Таблица 4.1.1 - Содержание гумуса в почве, % к массе почвы  
(2012-2014 гг.)

Удобрения		Глуби- на, см	ЗТП*		ЗПП	
навоз, т/га	мин., ед.		В**	М	В	М
0	0	0-30	5,51	5,62	4,97	5,18
		30-50	5,15	5,18	4,26	4,50
		0-50	5,36	5,45	4,69	4,91
	1***	0-30	5,62	5,73	5,01	5,21
		30-50	5,22	5,26	4,35	4,59
		0-50	5,46	5,54	4,74	4,96
	2	0-30	5,71	5,82	4,94	5,14
		30-50	5,28	5,31	4,25	4,48
		0-50	5,54	5,62	4,66	4,88
8	0	0-30	5,65	5,76	5,40	5,61
		30-50	5,23	5,27	4,77	5,01
		0-50	5,48	5,56	5,15	5,37
	1	0-30	5,76	5,87	5,44	5,64
		30-50	5,30	5,34	4,87	5,10
		0-50	5,58	5,66	5,21	5,43
	2	0-30	5,85	5,96	5,37	5,57
		30-50	5,36	5,39	4,76	5,00
		0-50	5,65	5,74	5,12	5,34
16	0	0-30	5,80	5,91	5,43	5,63
		30-50	5,31	5,35	4,81	5,05
		0-50	5,60	5,69	5,18	5,40
	1	0-30	5,91	6,03	5,46	5,66
		30-50	5,39	5,43	4,90	5,14
		0-50	5,70	5,79	5,24	5,45
	2	0-30	6,00	6,12	5,39	5,60
		30-50	5,44	5,48	4,79	5,03
		0-50	5,78	5,86	5,15	5,37
НСР <sub>05</sub> для 0-30 см: А - 0,36; В – 0,17; С – 0,20; D – 0,09; для 30-50 см: А – 0,29; В – 0,26; С – 0,21; D – 0,12; для 0-50 см: А – 0,33; В – 0,21; С – 0,20; D – 0,10						

Примечание.\*Севообороты: ЗТ – зернотравянопропашной, ЗПП – зернопаропропашной

\*\* Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная;

\*\*\* N<sub>42-54</sub>P<sub>62</sub>K<sub>62</sub>

Больше всего их оставалось в почве в зернотравянопропашном севообороте и минимальное количество в севообороте с 20% культур сплошного сева и полем чистого пара.

В то же время известно, что интенсивность и направленность процесса гумификации определяется соотношением углерода к азоту в субстрате. Если оно увеличивается, гумификация усиливается, в противном случае преобладает минерализация.

Более четкую роль севооборотов и обработки почвы в регулировании режима гумуса можно определить при группировке полученных результатов по этим параметрам (табл. 4.1.2.). В зернотравянопропашном севообороте, независимо от уровня удобренности, определённо видно, что содержание гумуса было больше чем в зернопаропропашном севообороте. В среднем по блокам, севооборот с многолетними травами превосходит севооборот с чистым паром по содержанию гумуса, что математически доказано, а большее содержание гумуса по минимальной обработке в сравнении со вспашкой можно характеризовать как тенденция.

Таблица 4.1.2 - Группировка содержания гумуса по способам обработки почвы и севооборотам в слое 0-30 см, % к массе почвы (2012-2014 гг.)

навоз, т/га	мин., ед.	В	М	ЗТП	ЗПП
0	0	5,24	5,40	5,56	5,07
	1	5,31	5,47	5,68	5,11
	2	5,32	5,48	5,77	5,04
8	0	5,53	5,68	5,70	5,51
	1	5,60	5,76	5,82	5,54
	2	5,61	5,77	5,91	5,47
16	0	5,61	5,77	5,86	5,53
	1	5,69	5,84	5,97	5,56
	2	5,70	5,86	6,06	5,49
<b>Среднее</b>		<b>5,51</b>	<b>5,67</b>	<b>5,81</b>	<b>5,37</b>

НСР<sub>05</sub>: севообороты - 0,36; обработка почвы - 0,17; навоз - 0,20; минеральные удобрения - 0,09

В связи с консервативностью такого показателя как гумус, чрезвычайно важно проследить изменение его содержания во времени. Данные рисунка 4.1.1. показывают, что в зернотравянопропашном севообороте на всех уровнях удобренности при любом способе основной обработки почвы количество органического вещества в слое почвы 0-30 см увеличивается к пятой ротации, в сравнении с первой, а в зернопаропропашном севообороте не все так однозначно. При всех уровнях удобренности минеральными удобрениями, без внесения навоза произошло снижение содержания гумуса по сравнению с исходными показателями. По фону 8 тонн навоза на гектар севооборотной площади, без внесения минеральных удобрений происходит увеличение органического вещества, добавление одной дозы туков сопровождается приростом гумуса, удвоение же дозы приводит к рецессии этого показателя, как на вспашке, так и на минимальной обработке почвы.

По фону 16 тонн навоза на гектар севооборотной площади проявилась схожая ситуация с поведением гумуса, которая получена при единичной дозе внесения навоза, только на более высоком абсолютном уровне гумуса.

Усреднение данных по способам обработки почвы говорит о положительном влиянии структуры посевных площадей, и в первую очередь многолетних трав на процессы сохранения и накопления такого важного показателя как гумус (рис. 4.1.2.).

Усреднённые результаты по двум севооборотам показали положительную роль минимальной обработки почвы в процессах сохранения гумуса при всех уровнях удобренности участков, что в первую очередь связано с меньшим доступом кислорода в глубокие слои почвы при обработке дискатором, нежели по глубокому рыхлению с оборотом пласта.

Показатели верификации зависимости содержания гумуса в слое почвы 0-50 см показывают, что наиболее существенным было влияние вида севооборота и органических удобрений. Первое место по значимости факторов при оценке корреляционного отношения занимает севооборот, что вполне объяснимо и подтверждается предыдущими таблицами.

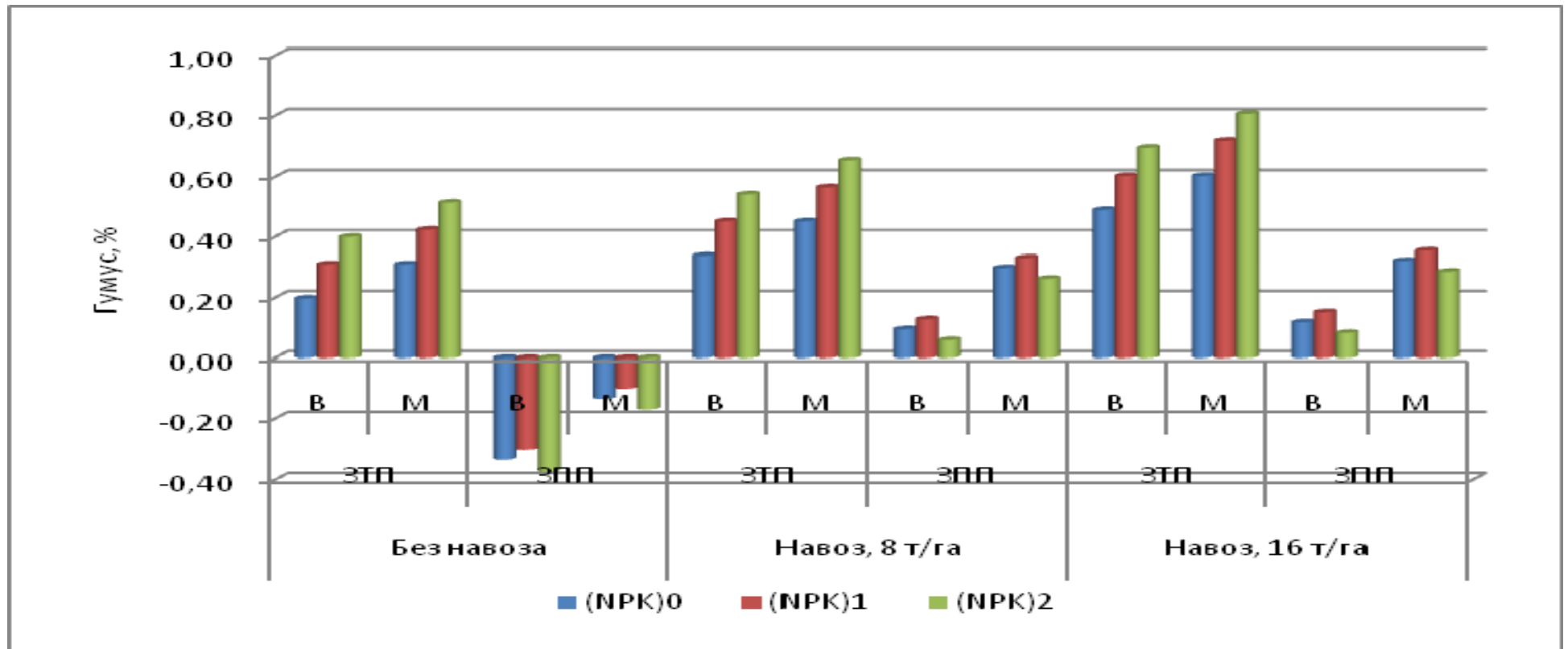


Рис. 4.1.1. Изменение содержания гумуса в почве в пятой ротации севооборотов в слое 0-30 см, % к массе почвы к исходным показателям 1987 года

Примечание. \* Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП - зернопаропропашной;

\*\* Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная;

\*\*\*Одинарная доза  $N_{42-54}P_{62}K_{62}$

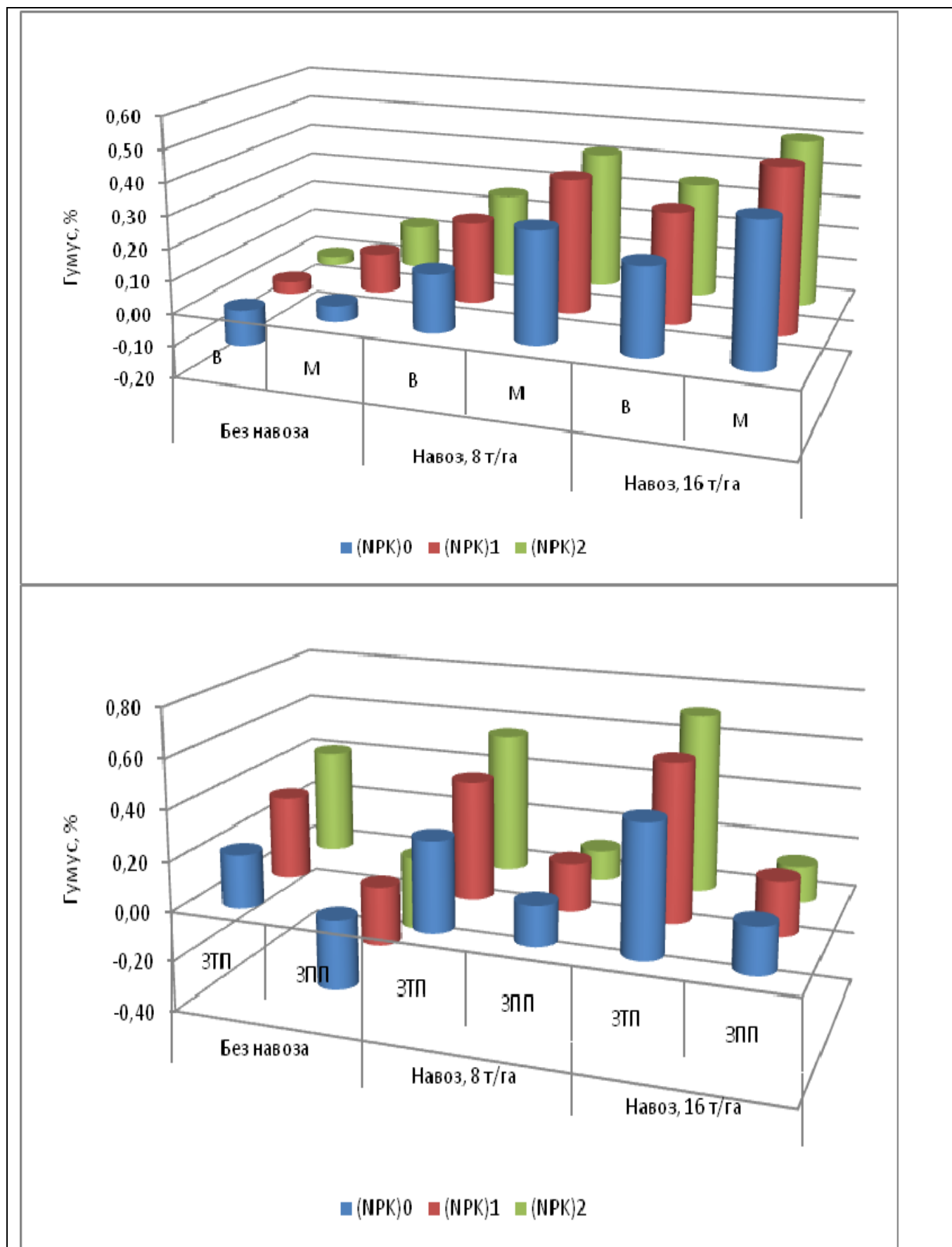


Рис. 4.1.2. Изменение содержания гумуса 2012-2014 гг. в почве под влиянием обработок почвы и севооборотов в слое 0-30 см к исходным показателям 1987 года



Навоз в этой характеристике занимает второе место, по минеральным удобрениям уровень связи значительно ниже, так как его величина и достоверность зависят от вида севооборота и уровня внесённых доз удобрений (табл. 4.1.3.).

Таблица 4.1.3 - Критерии верификации и связи факторов с распределением гумуса по глубине почвенного профиля (2012-2014 гг.)

Факторы	0-30 см	30-50 см	0-50 см
Корреляционное отношение ( $\eta$ )			
A	0,59	0,63	0,61**
B	0,21	0,16	0,18
C	0,42	0,36	0,40*
D	0,10	0,08	0,09
Долевое участие, %			
A	59,7	71,7	64,4
B	7,6	4,5	6,4
C	31,0	22,7	27,7
D	1,7	1,1	1,5

\* Достоверны при  $P = 0,05$

\*\*Достоверны при  $P = 0,01$

Примечание: A – севообороты, B – обработка почвы, C – навоз, D – минеральные удобрения

Самая большая доля влияния на содержание гумуса в почве принадлежит севообороту (64,4%) и навозу (27,7%); влияние способа основной обработки почвы и минеральных удобрений значительно ниже – 6,4 и 1,5%.

Наши исследования показали, что вид севооборота и способ основной обработки почвы достаточно заметно влияют на распределение гумуса по профилю чернозема типичного, что имеет существенное значение в регионе с недостаточным и неустойчивым увлажнением к тому же с четким трендом аридизации.

Так, в слое 0-30 см по вспашке на глубине пахотного горизонта сосредоточено 80,7% гумуса от слоя 0-50 см, а при проведении минимальной обработки – 88%; соответственно в более увлажненном слое почвы 30-50 см – 19,3% и 12,0% (рис. 4.1.3.).

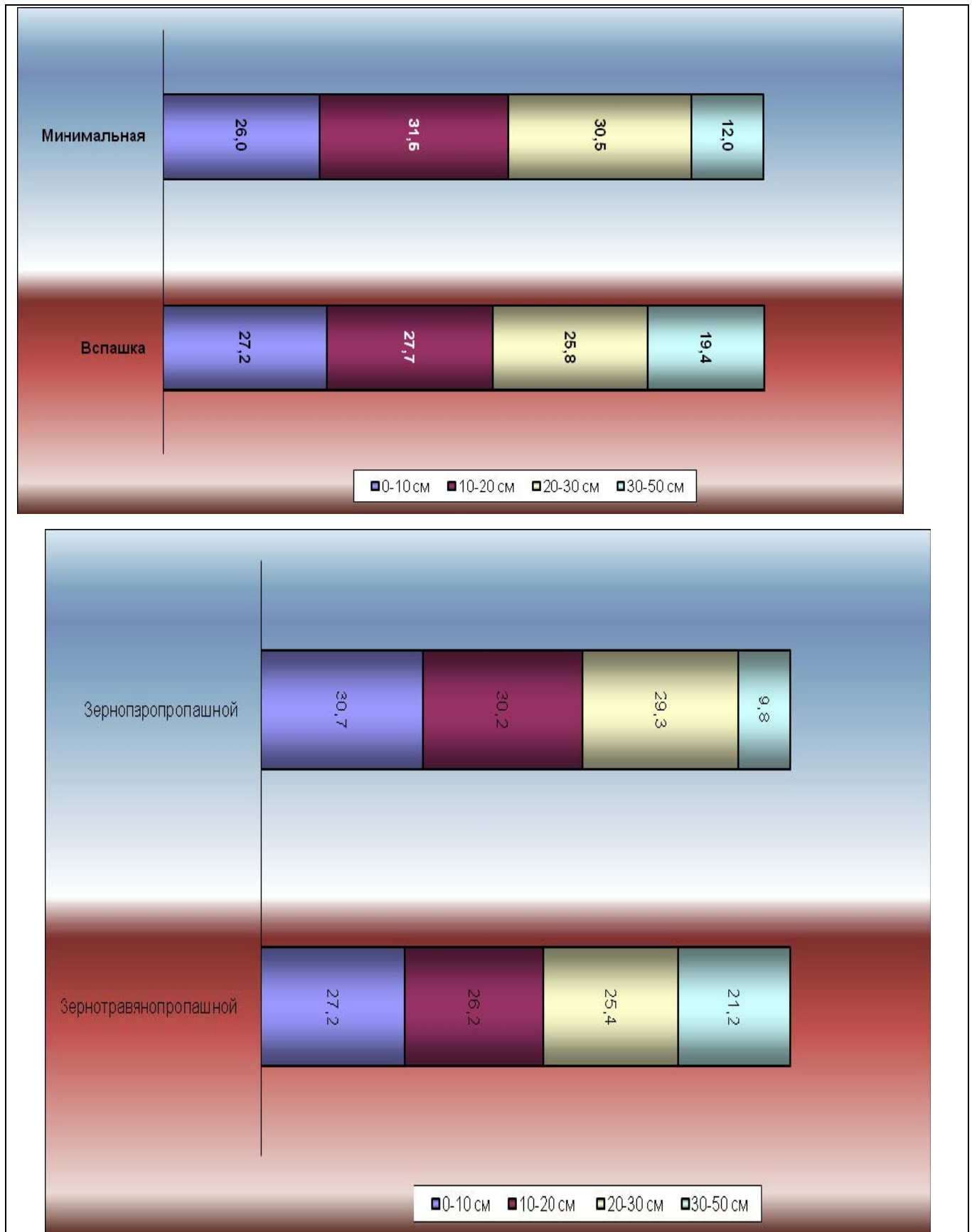


Рис. 4.1.3. Влияние способов обработки почвы и типа севооборота на распределение гумуса по почвенному профилю, % к 0-50 см (2012-2014 гг.)

Наряду с этим, если в севообороте с многолетними травами в слое 0-30 см было сосредоточено 78,8% гумуса от его содержания в полуметровом слое, то в севообороте с чистым паром – 90,2%, а в слое 30-50 см соответственно – 21,2% и 9,8%.

Таким образом, положительная роль зернотравянопропашного севооборота, помимо сохранения и накопления гумуса, заключается еще и в том, что он способствует локализации гумуса в нижних слоях почвы, что предохраняет его от усиленной минерализации.

#### **4.2. Гидролизуемый азот**

Азот черноземных почв представлен различными группами, усвояемость которых регламентируется химической структурой экстрагента. Начиная с валовых форм, содержание которых в пахотном горизонте составляет 0,2-0,3%, и заканчивая минеральным азотом, к которому относятся нитраты и аммонийные формы, усвояемые практически на 100%.

Для проведения сравнительной оценки азотного режима за большой промежуток времени эти методы не подходят и поэтому мы остановились на щелочногидролизуемом азоте, который определяли методом Корнфилда, где азот извлекали довольно сильной реактивной щелочной вытяжкой.

Соединения гидролизуемого азота на всех вариантах схемы нашего опыта в соответствии с существующей градацией относятся в исследованиях к категории низкой обеспеченности независимо от рассматриваемых факторов (табл. 4.2.1.). При группировке полученных данных по севооборотам и способам обработки почвы, в среднем по девяти уровням удобренности более высокое содержание азота было при глубокой обработке почвы в сравнении с минимальной обработкой и в зернотравянопропашном севообороте по сравнению с зернопаропропашным.

Таблица 4.2.1 - Содержание гидролизуемого азота в почве в пятой ротации севооборотов, мг/кг (2012-2014 гг.)

Удобрения		Глуби- на, см	ЗТП*		ЗПП	
навоз, т/га	мин., ед.		В**	М	В	М
0	0	0-30	135	136	133	136
		30-50	118	105	105	85
		0-50	128	123	122	116
	1***	0-30	138	139	137	140
		30-50	121	108	109	89
		0-50	131	127	126	119
	2	0-30	142	143	140	143
		30-50	124	111	113	92
		0-50	135	130	129	123
8	0	0-30	138	138	137	140
		30-50	123	110	109	89
		0-50	132	127	126	119
	1	0-30	141	141	140	143
		30-50	127	114	113	93
		0-50	135	130	130	123
	2	0-30	144	145	144	147
		30-50	130	117	117	97
		0-50	139	134	133	127
16	0	0-30	141	141	140	142
		30-50	131	118	115	94
		0-50	137	132	130	123
	1	0-30	144	144	143	146
		30-50	135	122	118	98
		0-50	140	135	133	127
	2	0-30	147	148	147	150
		30-50	138	125	122	102
		0-50	143	139	137	130
НСР <sub>05</sub> для 0-30 см: А – 9,0; В – 4,1; С – 5,1; D – 2,2; для 30-50 см: А – 5,8; В – 5,5; С – 4,7; D – 2,7; для 0-50 см: А – 7,7; В – 4,7; С – 4,9; D – 2,4						

Примечание.\*Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП – зернопаропропашной

\*\* Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная обработка;

\*\*\* N<sub>42-54</sub>P<sub>62</sub>K<sub>62</sub>

Однако если различия между обработками существенны на требуемом уровне значимости, то между севооборотами - не выходят за пределы статистической погрешности (табл. 4.2.2.).

Таблица 4.2.2 – Группировка гидролизуемого азота в почве по способам обработки почвы и севооборотам в пятой ротации в слое 0-50 см, мг/кг (2012-2014 гг.)

Удобрения.		Среднее по севооборотам		Среднее по обработкам	
навоз, т/га	мин., ед.	В	М	ЗТП	ЗПП
0	0	125	120	126	119
	1	129	123	129	123
	2	132	126	132	126
8	0	129	123	130	123
	1	132	127	133	126
	2	136	130	136	130
16	0	133	128	135	126
	1	137	131	138	130
	2	140	135	141	134
<b>Среднее</b>		<b>133</b>	<b>127</b>	<b>133</b>	<b>126</b>

НСР<sub>05</sub>: севообороты – 7,7; обработка почвы – 4,7; навоз – 4,9; минеральные удобрения – 2,4

Влияние минеральных удобрений на показатели щелочногидролизуемого азота не слишком заметное, и уверенная доказуемость имеет место лишь при внесении двойных доз. Например, от одной дозы промышленных удобрений этот показатель увеличился всего на 3,0-4,0, а от двойной дозы – на 6,0-7,0 мг/кг почвы при наименьшей существенной разности 2,4 мг. Этого и следовало ожидать с учетом специфики метода определения этого элемента, рекомендуемого для черноземных почв.

То же самое можно сказать и о роли органических удобрений в обеспеченности почвы этой формой азота. Если без удобрений (абсолютный контроль) содержание гидролизуемого азота в пятой ротации составляло в среднем по обработкам 120-125 мг/кг, то при внесении одной дозы навоза – 123-129 мг/кг, а при удвоении количества органических удобрений – 128-133 мг/кг, то

есть прибавка от одной дозы навоза была на уровне статистической погрешности и лишь удвоенные дозы, математически доказаны.

Изменение гидролизуемого азота во времени также зависело от севооборота, глубины обработки почвы и уровня удобренности, однако здесь ситуация несколько другая, так как проявляется влияние не только изучаемых факторов, но и вынос азота с урожаями всех предшествующих культур за 25 лет (рис. 4.2.1.). Без внесения навоза и минеральных удобрений по вспашке в среднем по двум севооборотам отмечено снижение гидролизуемого азота, внесение одной дозы минеральных удобрений дает положительный результат на 1 мг/кг, а двойной - в количестве 4 мг/кг (рис. 4.2.2.). На минимальной же обработке происходило снижение содержания гидролизуемого азота как на абсолютном контроле, так и в случае применения минеральных удобрений.

При внесении 8 т/га навоза по вспашке уже получен положительный баланс азота по всем вариантам, а по минимальной обработке – только при внесении на этом фоне двойной дозы промышленных удобрений. При удвоении уровня навозного фона повышение обеспеченности почвы гидролизуемым азотом вполне очевидно на обоих способах обработки почвы.

Если усреднить результаты по двум обработкам, то в зернотравянопропашном севообороте на абсолютном контроле содержание азота уменьшилось незначительно (на 2 мг/кг) за пять ротаций, а на остальных вариантах произошло увеличение азота. В севообороте с чистым паром на абсолютном контроле убыль азота вполне ощутима (9 мг/кг), и положительный баланс зафиксирован лишь при внесении двойной дозы минеральных удобрений на фоне 8 тонн навоза и 1-2 доз минеральных удобрений совместно с 16 тоннами навоза.

Применение минеральных удобрений при всех комбинациях севооборотов, обработки почвы и внесении навоза способствовало увеличению содержания гидролизуемого азота и с ростом дозы, повышался и уровень обеспеченности почвы азотом.

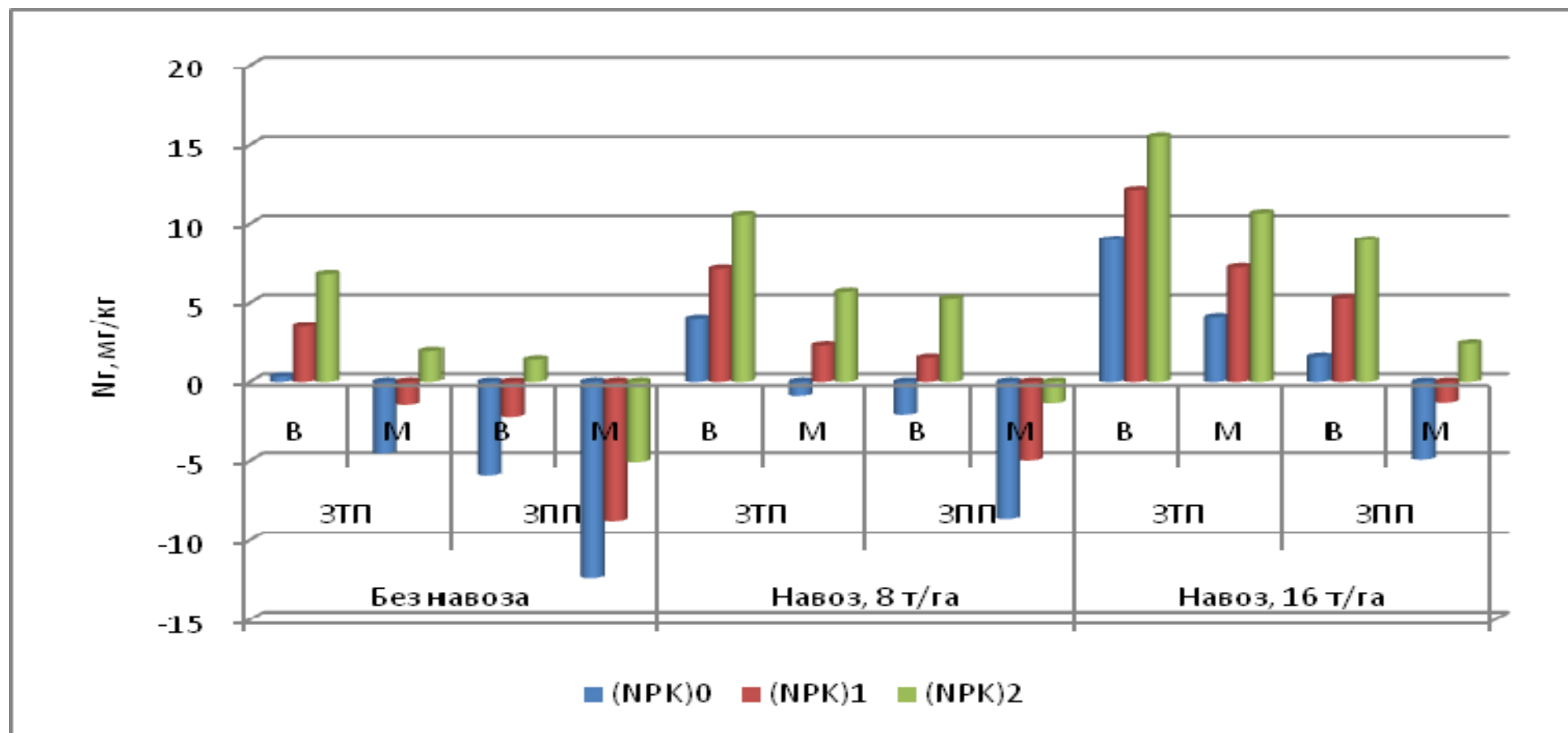


Рис. 4.2.1. Изменение содержания гидролизующего азота в почве в пятой ротации севооборотов в слое 0-50 см, мг/кг N к исходным показателям 1987 года

Примечание.\* Севообороты: ЗТП – зерноотравнопропашной, ЗПП - зернопаропропашной;

\*\* Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная обработка;

\*\*\*Одна доза  $N_{42-54}P_{62}K_{62}$

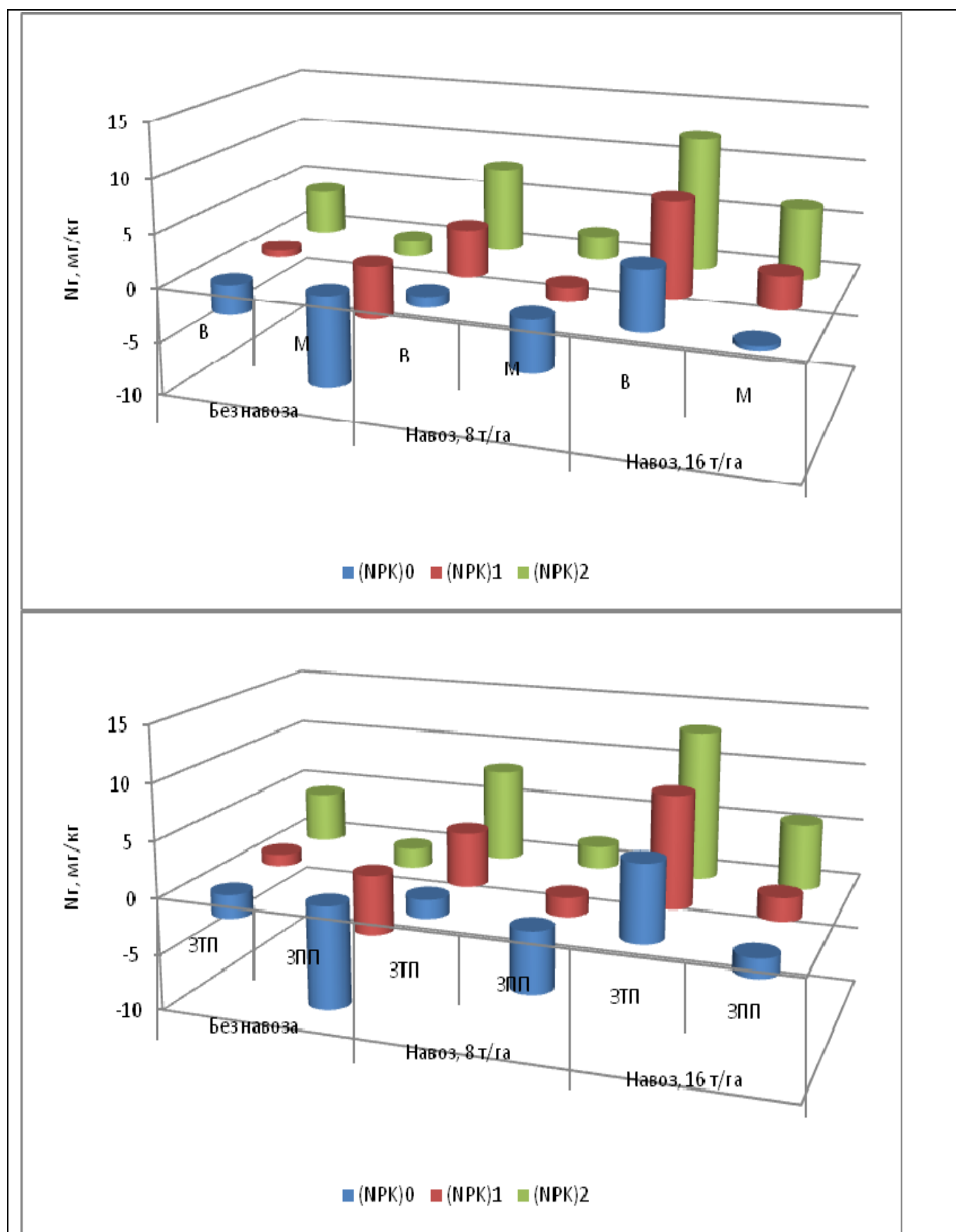


Рис. 4.2.2. Изменения содержания гидролизующего азота 2012-2014 гг. в почве под влиянием обработок почвы и севооборотов в слое 0-50 см, мг/кг к исходным показателям 1987 года



Это положение имеет не только научную, но и производственную ценность, так как в настоящее время практики для расчета доз азотных удобрений под культуры пользуются именно данным методом.

Сложившуюся ситуацию, не имея в своем распоряжении специальных методов, предусмотренных методикой исследований, можно интерпретировать следующим образом: преимущество зернотравянопропашного севооборота в том, что многолетние бобовые травы дают много органического материала для пополнения гумуса, в составе которого широко представлен гидролизуемый азот.

Что касается негативного влияния минимальной обработки, то здесь можно предположить, что неглубокая заделка (на 8-10 сантиметров) пожнивно-корневых остатков и навоза, затормаживает минерализацию и стабилизирует содержание гумуса, что, в общем-то, следует считать положительным моментом. Однако это, в свою очередь, снижает концентрацию промежуточных продуктов разложения гумуса, представленных различными формами азота почвы, извлекаемых при химическом анализе.

Данные таблицы 4.2.3. показывают, что наиболее сильное влияние на азот в слое 0-50 см оказали обработка почвы и удобрения.

Таблица 4.2.3 - Критерии верификации и связи факторов с распределением гидролизованного азота по глубине почвенного профиля (2012-2014 гг.)

Факторы	0-30 см	30-50 см	0-50 см
Корреляционное отношение ( $\eta$ )			
A	0,01	0,59**	0,24
B	0,13	0,57**	0,31*
C	0,34*	0,32*	0,33*
D	0,40**	0,19	0,32*
Долевое участие, %			
A	0,1	43,2	17,3
B	5,5	40,0	19,3
C	39,8	12,2	28,8
D	54,6	4,6	34,6

\* Достоверны при  $P = 0,05$ ; \*\* Достоверны при  $P = 0,01$ ;

Примечание: A – севообороты, B – обработка почвы, C – навоз, D – минеральные удобрения

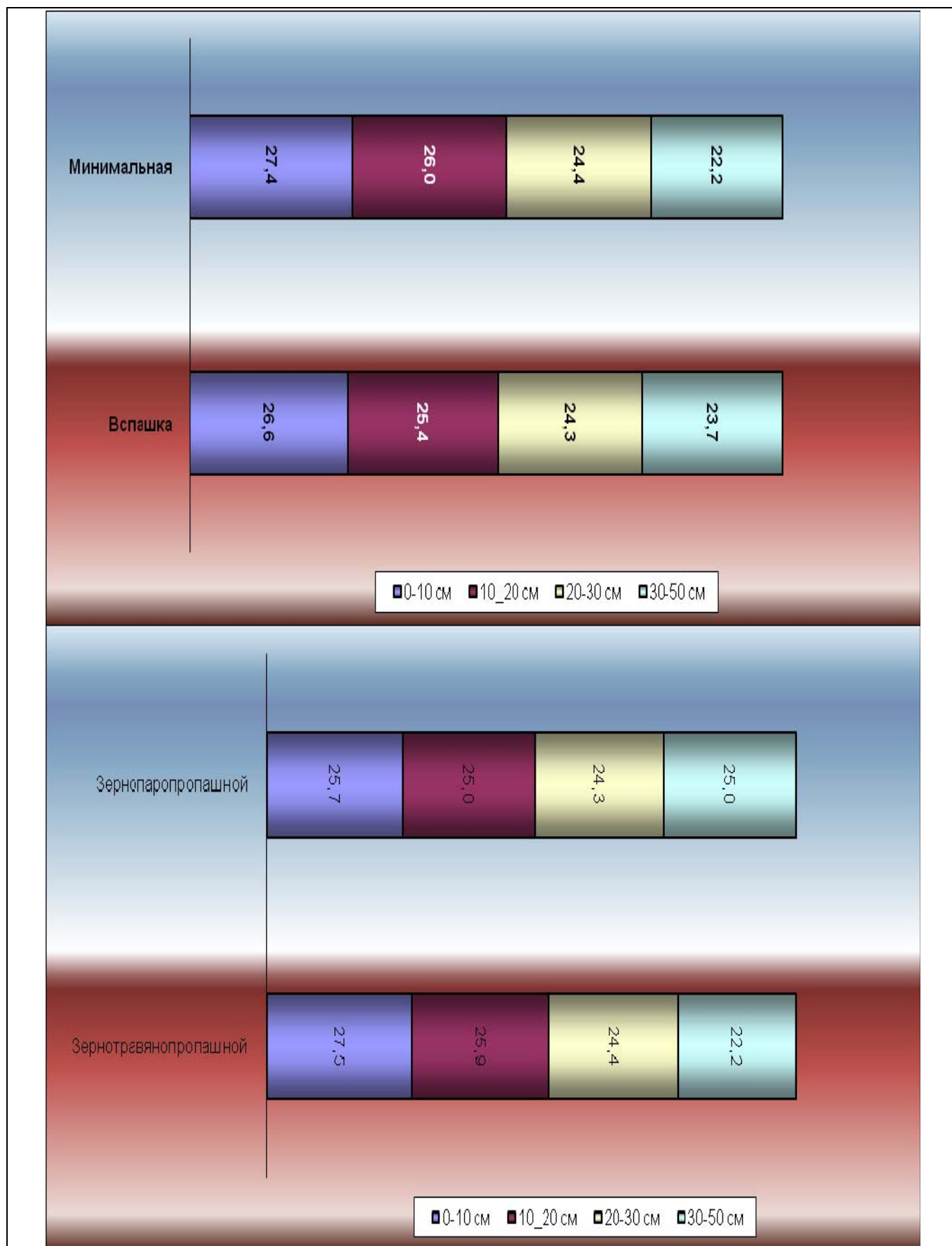


Рис. 4.2.3. Влияние способов обработки почвы и типа севооборота на распределение гидролизующего азота по почвенному профилю, % к 0-50 см

Корреляция между содержанием гидролизуемого азота и видом севооборота, если рассматривать результаты по глубинам, в верхнем горизонте слабая, а в подпахотном сильная, и в среднем для слоя 0-50 см она незначительна на 5%-ном уровне значимости, но с учетом габитуса корневой системы для лесостепной зоны следует считать этот фактор заслуживающим внимания.

Похожая ситуация сложилась и по способам основной обработки почвы – в слое 0-30 см корреляционное отношение незначительно, а в более глубоком слое коэффициент корреляции достоверен с 99%-ным уровнем вероятности.

Навоз и минеральные удобрения в среднем для слоя 0-50 см обеспечивают существенное влияние на показатели гидролизуемого азота. В целом существенная корреляция получена в слое 0-50 см по способам основной обработки почвы, по органическим и минеральным удобрениям.

Способы основной обработки почвы практически не оказали влияние на распределение гидролизуемого азота по глубине почвенного профиля, а вот вид севооборота, способствовал большему накоплению его в севообороте с многолетними травами в верхней его части (рис. 4.2.3.).

### **4.3. Фосфор**

Содержание подвижного фосфора за 2012-2014 гг. на контрольных делянках практически не изменилось в пахотном слое и осталось в одной и той же градации средней обеспеченности по шкале, районированной для черноземных почв (табл. 4.3.1.). Наибольший показатель подвижного фосфора в зернотравянопропашном севообороте отмечен по вспашке, а в зернопаропропашном - по минимальной обработке. Например, без применения удобрений его содержание в слое 0-30 см составило в севообороте с травами на вспашке 56, на минимальной обработке 53 мг/кг, а в севообороте с чистым паром 80 и 86 мг/кг соответственно; также и при одной дозе минеральных удобрений – в ЗТП севообороте по вспашке 110, по минимальной обработке 107 мг/кг, а в ЗПП севообороте соответственно 119 и 125 мг.

Таблица 4.3.1 - Содержание подвижного фосфора в почве в пятой ротации севооборотов, мг/кг (2012-2014 гг.)

Удобрения		Глуби- на, см	ЗТП*		ЗПП	
навоз, т/га	мин., ед.		В**	М	В	М
0	0	0-30	56	53	80	86
		30-50	36	34	63	44
		0-50	48	45	73	69
	1***	0-30	110	107	119	125
		30-50	72	50	65	56
		0-50	95	84	97	97
	2	0-30	164	161	174	180
		30-50	86	64	100	80
		0-50	133	122	144	140
8	0	0-30	76	73	85	91
		30-50	64	42	68	48
		0-50	71	60	78	74
	1	0-30	130	126	124	130
		30-50	81	59	80	60
		0-50	110	99	107	102
	2	0-30	184	181	179	185
		30-50	94	72	104	85
		0-50	148	137	149	145
16	0	0-30	80	77	99	105
		30-50	65	43	73	53
		0-50	74	64	88	84
	1	0-30	134	131	138	144
		30-50	82	60	85	65
		0-50	113	103	117	112
	2	0-30	189	185	193	199
		30-50	95	73	109	90
		0-50	151	141	159	86
НСР <sub>05</sub> для 0-30 см: А – 6,1; В –4,1; С – 4,5; D –2,3; для 30-50 см: А – 4,7; В –3,0; С – 3,0; D –1,8; для 0-50 см: А – 5,5; В –3,7; С – 3,9; D – 2,1						

Примечание.\* Севообороты: ЗТП – зерноотравнопропашной, ЗПП – зернопаропропашной

\*\* Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная обработка;

\*\*\* N<sub>42-54</sub>P<sub>62</sub>K<sub>62</sub>

В подпахотном слое независимо от севооборота больше всего фосфора содержалось при проведении глубокой отвальной обработки. Если без удобрений содержание фосфора в слое 30-50 см колебалось в зависимости от севооборотов по вспашке в пределах 36-63 мг/кг, то по минимальной обработке – 34-44; при одной дозе минеральных удобрений – 65-72 и 50-56 мг. В сумме в слое 0-50 см разница между обработками в содержании подвижного фосфора становится незначительной, но преимущество остается за глубокой обработкой почвы.

Севооборот с чистым паром способствовал увеличению обеспеченности подвижным фосфором, в сравнении с севооборотом с травами (табл. 4.3.2.). Исходя из данных статистической обработки, следует отметить, что способы основной обработки почвы и вид севооборота оказали существенное влияния на содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-50 см чернозема типичного.

Таблица 4.3.2. - Группировка подвижного фосфора в почве по способам обработки почвы и севооборотам в пятой ротации в слое 0-50 см, мг/кг (2012-2014 гг.)

Удобрения		Среднее по севооборотам		Среднее по обработкам	
навоз, т/га	мин., ед.	В	М	ЗТП	ЗПП
0	0	61	57	47	75
	1	96	91	89	105
	2	139	131	127	139
8	0	75	67	66	79
	1	108	101	105	105
	2	149	141	143	152
16	0	81	74	69	87
	1	115	108	108	117
	2	155	148	146	158
<b>Среднее</b>		<b>109</b>	<b>102</b>	<b>100</b>	<b>111</b>

НСР<sub>05</sub>: севообороты – 5,5; обработка почвы – 3,7; навоз – 3,9; минеральные удобрения – 2,1

Также существенное влияние на этот показатель оказали органические и минеральные удобрения. Удобрения увеличивали обеспеченность почвы подвижным фосфором на всех глубинах, на двух способах обработки почвы и в

обоих севооборотах. Например, от применения одной дозы минеральных удобрений содержание подвижного фосфора увеличилось на 34-35 мг/кг по сравнению с контрольным вариантом, а от двойной - на 74-78 мг/кг при наименьшей существенной разности 2,1 мг/кг.

Внесение органических удобрений также заметно повышало содержание фосфора и с увеличением дозы росло содержание фосфора. Если от применения 8 т/га навоза на 1 га с.п. содержание подвижного фосфора увеличилось в среднем по двум севооборотам на 10-14 мг/кг, то от 16 т/га – 17-20 мг/кг при показателе наименьшей существенной разности 3,9 мг/кг. То есть следует заключить, что органические и минеральные удобрения являются важным ресурсом пополнения фосфатного фонда почвы.

Мониторинг изменения фосфора через двадцать пять лет после закладки опыта показал незначительное снижение его содержания в слое 0-50 см в зернотравянопропашном севообороте без применения удобрений при проведении вспашки и минимальной обработки; при других комбинациях обработок и удобрений содержание фосфатов увеличилось (рис. 4.3.1.). В зернопаропропашном севообороте на всех обработках, при различных уровнях удобренности зафиксирован положительный тренд почвенных фосфатов.

При этом по накоплению подвижного фосфора хорошо заметна положительная роль севооборота с чистым паром по сравнению с зернотравянопропашным севооборотом в слое почвы 0-50 см чернозема типичного, а так же глубокой обработки почвы с оборотом пласта на всех уровнях внесения органических и минеральных удобрений при сравнении с минимальной обработкой.

Сгруппированные данные по способам основной обработки почвы и видам севооборотов подтверждают данные таблицы 4.3.2. Увеличение содержания подвижного фосфора в слое почвы 0-50 см было более высоким по вспашке, а зернопаропропашной севооборот имел преимущество перед зернотравянопропашным (рис. 4.3.2).

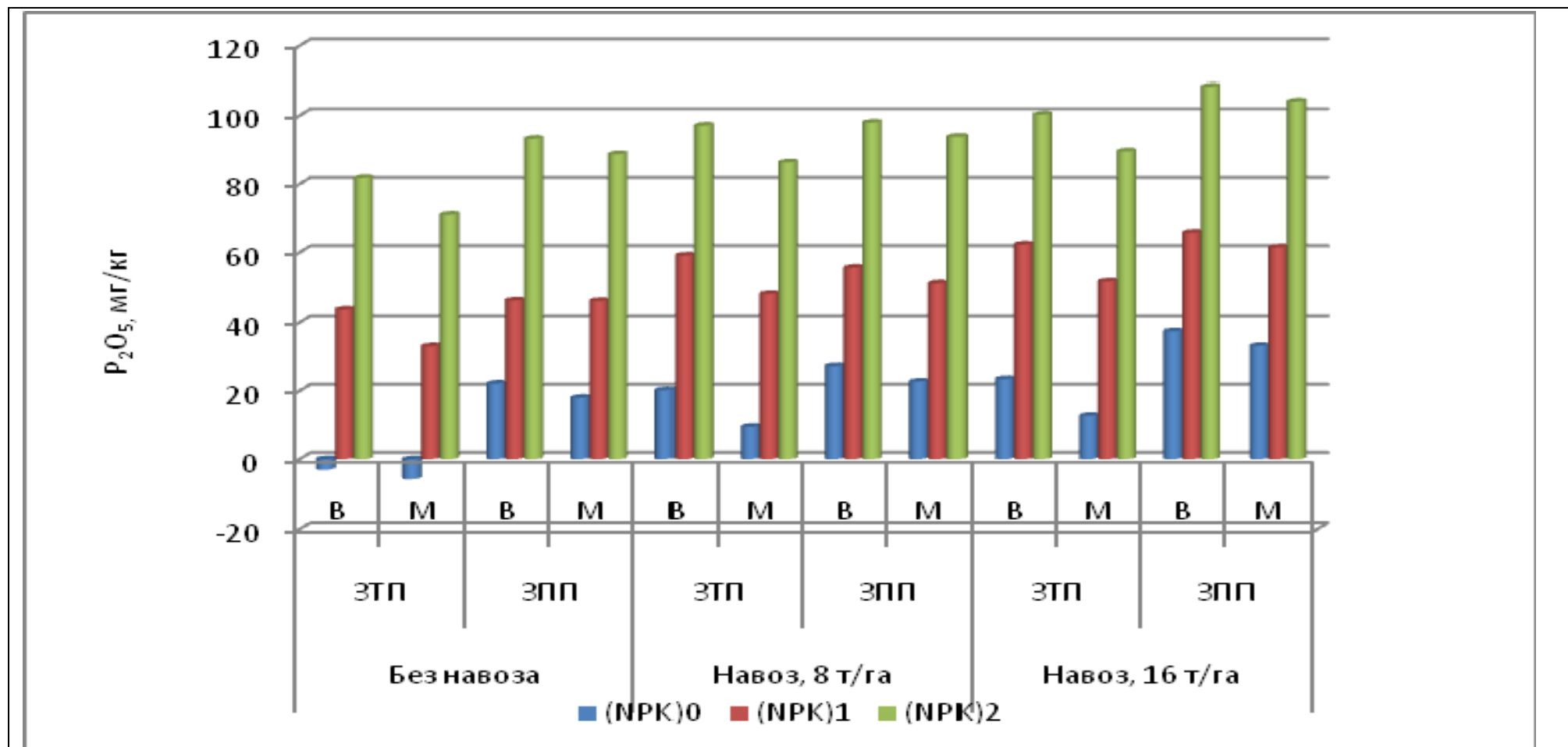


Рис. 4.3.1. Изменение содержания подвижного фосфора в почве в пятой ротации севооборотов в слое 0-50 см, мг/кг  $P_2O_5$  к исходным показателям 1987 года

Примечание.\* Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП - зернопаропропашной;

\*\* Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная обработка;

\*\*\*  $N_{42-54}P_{62}K_{62}$

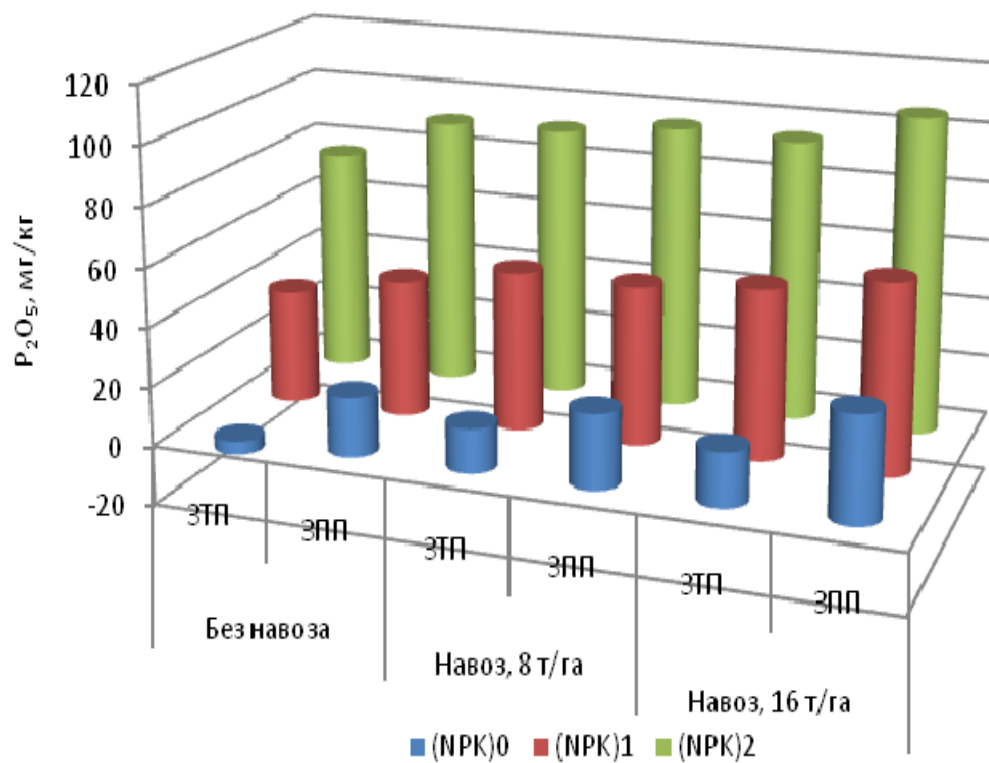
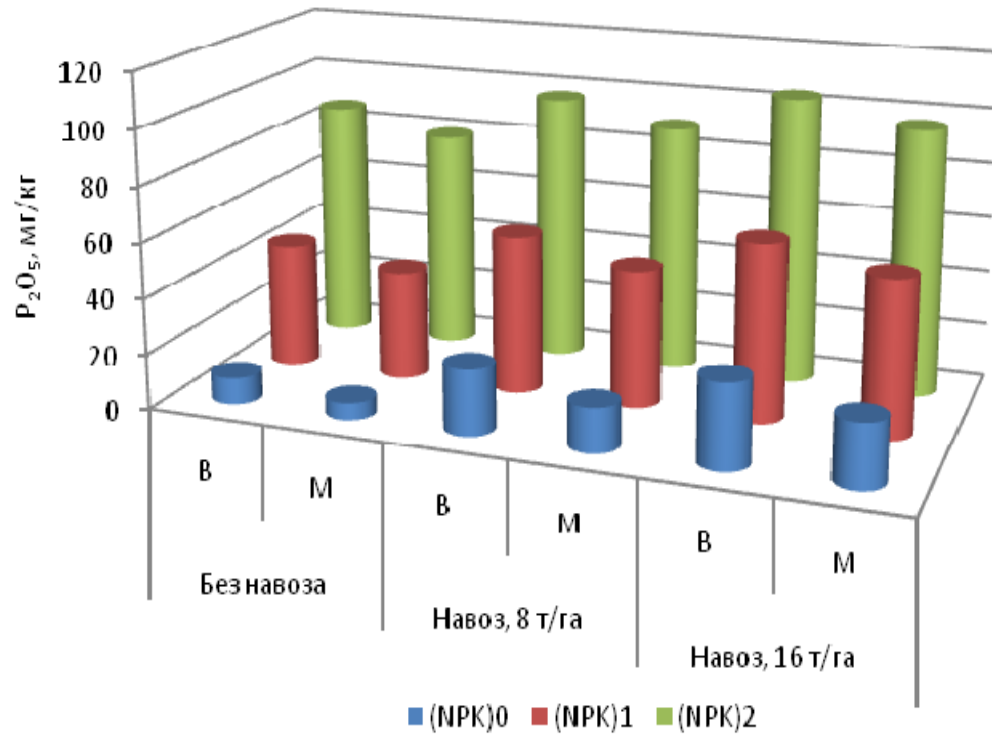


Рис. 4.3.2. Изменения содержания подвижного фосфора 2012-2014 гг. в почве под влиянием обработок почвы и севооборотов в слое 0-50 см, мг/кг к исходным показателям 1987 года



Таблица верификации экспериментальных данных, полученных в пятой ротации севооборотов, свидетельствует, что значения показателей корреляционной связи и долевого участия факторов в формировании фосфатного режима почвы для слоя 0-50 см незначительны, за исключением показателей по применению минеральных удобрений (табл. 4.3.3).

Таблица 4.3.3 - Критерии верификации и связи факторов с распределением подвижного фосфора по глубине почвенного профиля (2012-2014 гг.)

Факторы	0-30 см	30-50 см	0-50 см
Корреляционное отношение ( $\eta$ )			
A	0,14	0,22	0,17
B	0,01	0,49*	0,20
C	0,21	0,26	0,23
D	0,95*	0,74*	0,87*
Долевое участие, %			
A	2,0	5,4	3,4
B	0,1	26,8	10,8
C	4,4	7,5	5,6
D	93,5	60,3	80,2

\* Достоверны при  $P = 0,05$

Примечание: A – севообороты, B – обработка почвы, C – навоз, D – минеральные удобрения

Так, рассматривая корреляционное отношение севооборотов и содержанием подвижного фосфора на всех глубинах, вовлеченных в выборку, не удовлетворяет требованиям 5%-ного уровня значимости; по способам обработки почвы этот критерий в пахотном слое также незначителен, а в слое почвы 30-50 см он достоверен на 95%-ном уровне вероятности.

Показатели корреляционной связи по навозу на всех глубинах недостоверны, а по минеральным удобрениям удовлетворяют требованиям 5%-ного уровня значимости. По севооборотам корреляционное отношение на глубине 0-50 см составило 0,17, по способам основной обработки почвы - 0,20, по навозу – 0,23, а по минеральным удобрениям - 0,87.

Максимальная доля участия в формировании фосфорного режима на всех глубинах принадлежит минеральным удобрениям, несколько меньшая способам обработки почвы и минимальная органическим удобрениям и севооборотам.

Так, долевое участие вида севооборота в формировании подвижной формы фосфора в почве в слое 0-50 см составило в среднем за три года 3,4%, способа основной обработки почвы – 10,8%, навоза – 5,6% и минеральных удобрений – 80,2%.

Однако следует отметить, что при проверки достоверности влияния по наименьшей существенной разности способы основной обработки почвы и виды севооборотов являются достоверными на 5%-ном уровне значимости, а показатели корреляционного отношения недостоверны. Это связано с тем, что НСР в значительной мере определяется уровнем дисперсии, а корреляция средними абсолютными значениями. И если дисперсия невелика, что имеет место при небольшом разбросе информации по повторениям, то НСР будет достоверна и при небольшой детерминационной связи, что и имело место в данном конкретном случае.

Анализ распределения подвижного фосфора по глубине почвенного горизонта показал, что по минимальной обработке фосфора, в процентном отношении в верхнем горизонте было больше, чем при вспашке. Так, если по минимальной обработке в среднем за три года в слое 0-10 см подвижного фосфора содержалось 38,1% от 0-50 см, то по вспашке – 33,1% (рис. 4.3.3.). А в подпахотном слое почвы содержание этого элемента по вспашке (15,9%) на 2,3% больше, чем по минимальной обработке (12,9%).

Такая зависимость носит положительный характер в связи с тем, что использование фосфора нижележащих слоев почвы является намного эффективнее в силу более благоприятного и более стабильного режима влажности.

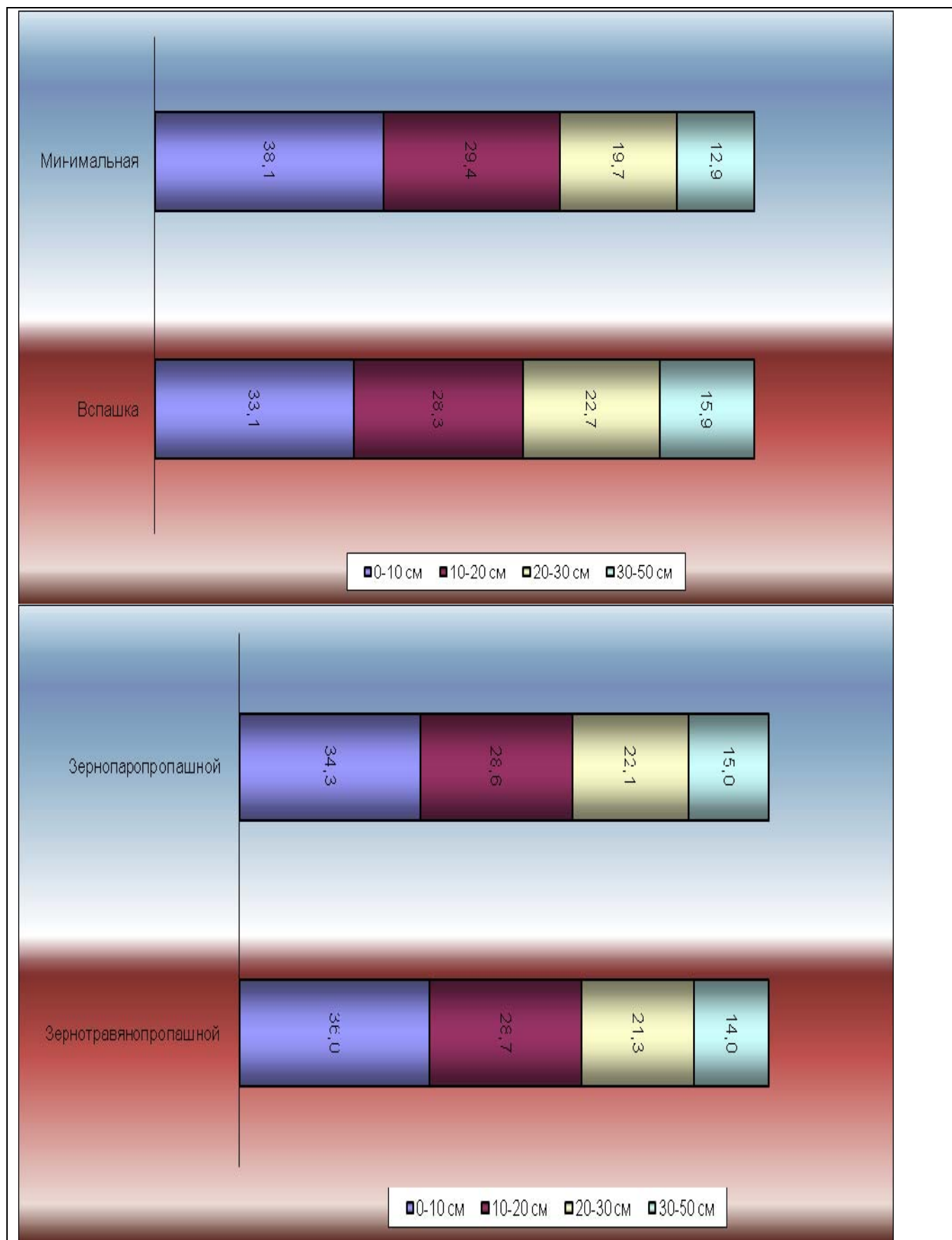


Рис. 4.3.3. Влияние способов обработки почвы и типа севооборота на распределение подвижного фосфора по почвенному профилю, % к 0-50 см

Севообороты на распределение фосфатов по глубине почвенного профиля оказали незначительное влияние, можно лишь отметить, что зернопаропропашной севооборот способствовал большему накоплению подвижного фосфора в нижних слоях почвы, чем зернотравянопропашной севооборот. В севообороте с чистым паром в слое 30-50 см находилось 15% подвижного фосфора от его количества в полуметровом слое, а в зернотравянопропашном севообороте – 14%.

#### **4.4. Калий**

Калий для Центрально-Черноземной зоны, казалось бы, не представляет проблемы с точки зрения системы удобрения. Его валовое содержание в почвах, представляющих основные почвенные разности, превышает в 6-10 раз валовое содержание двух других макроэлементов – фосфора и азота. Однако и вынос его с урожаями ведущих культур значительно превосходит вынос фосфора и азота из почвы. Поэтому для сбалансированного питания этот элемент необходим, и установки его применения будут определяться структурой баланса калия (а он пока отрицателен в зоне) в севообороте и динамикой его подвижных форм.

Рассматривая влияние обработок почв на обменный калий, следует отметить, что он вел себя несколько иначе, чем подвижный фосфор, но основные закономерности, полученные по этим двум показателям плодородия, схожи. На всех вариантах в слое 0-30 см содержание подвижного калия было примерно одинаковым по обоим способам обработки почвы (табл. 4.4.1.). В подпахотном слое совершенно четко просматривается положительная роль вспашки, что можно было бы объяснить более глубокой заделкой калия удобрений. Однако и на абсолютном контроле имеет место подобная ситуация. Возможно, при вспашке плугом с оборотом пласта на дно плужной борозды попадают пожнивно-корневые остатки растений, после разложения, из которых в течение длительного времени формируется повышенный фон валового калия, а впоследствии, и подвижного.

Таблица 4.4.1 - Содержание подвижного калия в почве в пятой ротации севооборотов, мг/кг (2012-2014 гг.)

Удобрения		Глуби- на, см	ЗТП*		ЗПП	
навоз, т/га	мин., ед.		В**	М	В	М
0	0	0-30	94	93	104	114
		30-50	88	82	98	92
		0-50	92	89	102	105
	1***	0-30	105	104	119	129
		30-50	93	86	101	95
		0-50	100	97	112	115
	2	0-30	122	121	142	151
		30-50	91	85	100	94
		0-50	110	107	125	129
8	0	0-30	104	103	115	124
		30-50	94	87	103	97
		0-50	100	96	110	114
	1	0-30	114	113	129	139
		30-50	98	92	106	100
		0-50	108	105	120	124
	2	0-30	132	131	152	162
		30-50	97	90	105	99
		0-50	118	115	133	137
16	0	0-30	109	108	127	136
		30-50	94	87	102	97
		0-50	103	100	117	121
	1	0-30	120	119	141	151
		30-50	98	91	105	99
		0-50	111	108	127	130
	2	0-30	137	136	164	174
		30-50	97	90	104	99
		0-50	121	118	140	144
НСР <sub>05</sub> для 0-30 см: А – 7,7; В –3,8; С – 4,5; D –2,1; для 30-50 см: А – 6,3; В –4,8; С – 4,2; D – 2,4; для 0-50 см: А – 7,1; В –4,2; С – 2,0; D –2,2						

Примечание.\* Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП – зернопаропропашной

\*\* Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная обработка;

\*\*\* N<sub>42-54</sub>P<sub>62</sub>K<sub>62</sub>

В сумме в слое 0-50 см в среднем по блоку с удобрениями содержание подвижного калия было одинаковым и по глубокой обработке почвы с оборотом

пласта, и при применении мелкой обработки почвы. По севооборотам более высокие показатели были получены в севообороте с чистым паром, причем его преимущество перед зернотравянопропашным достоверно на требуемом статистическом уровне (табл. 4.4.2.). Эта достоверность подтверждается как по отдельным вариантам, так и в среднем по блокам.

Таблица 4.4.2 - Группировка подвижного калия в почве по способам обработки почвы и севооборотам в пятой ротации в слое 0-50 см, мг/кг  
(2012-2014 гг.)

Удобрения		Среднее по севооборотам		Среднее по обработкам	
навоз, т/га	мин., ед.	В	М	ЗТП	ЗПП
0	0	97	97	91	104
	1	106	106	99	114
	2	118	118	109	127
8	0	105	105	98	112
	1	114	115	107	122
	2	126	126	117	135
16	0	110	111	102	119
	1	119	119	110	129
	2	131	131	120	142
<b>Среднее</b>		<b>114</b>	<b>114</b>	<b>106</b>	<b>123</b>

НСР<sub>05</sub>: севообороты - 7,1; обработка почвы – 4,2; навоз – 2,0; минеральные удобрения – 2,2

Изменение содержания подвижного калия на глубине 0-50 см во времени показывает, что в зернотравянопропашном севообороте оно снизилось в пятой ротации по сравнению с исходным, снижение по минимальной обработке почвы было в большей степени, а по вспашке в меньшей степени, то есть после двадцатипятилетнего периода без применения удобрений был отрицательный тренд. Внесение минеральных удобрений способствовало положительному балансу (рис. 4.4.1.).

В севообороте с чистым паром происходит накопление этого элемента как с применением минеральных или органических удобрений, так и без них.

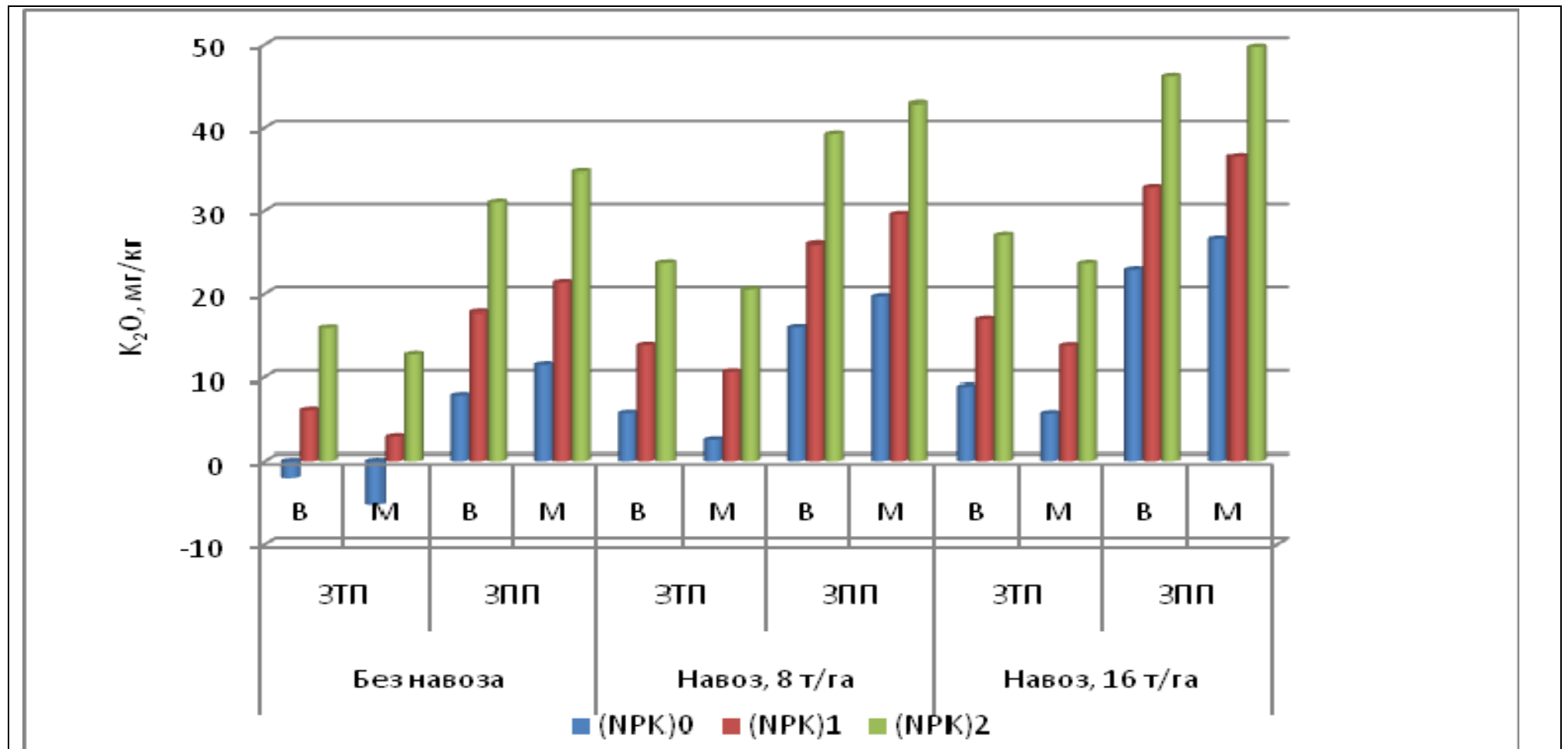


Рис. 4.4.1. Изменение содержания подвижного калия в почве в пятой ротации севооборотов в слое 0-50 см, мг/кг  $K_2O$  к исходным показателя 1987 года

Примечание.\* Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП - зернопаропропашной;

\*\* Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная обработка;

\*\*\*  $N_{42-54}P_{62}K_{62}$

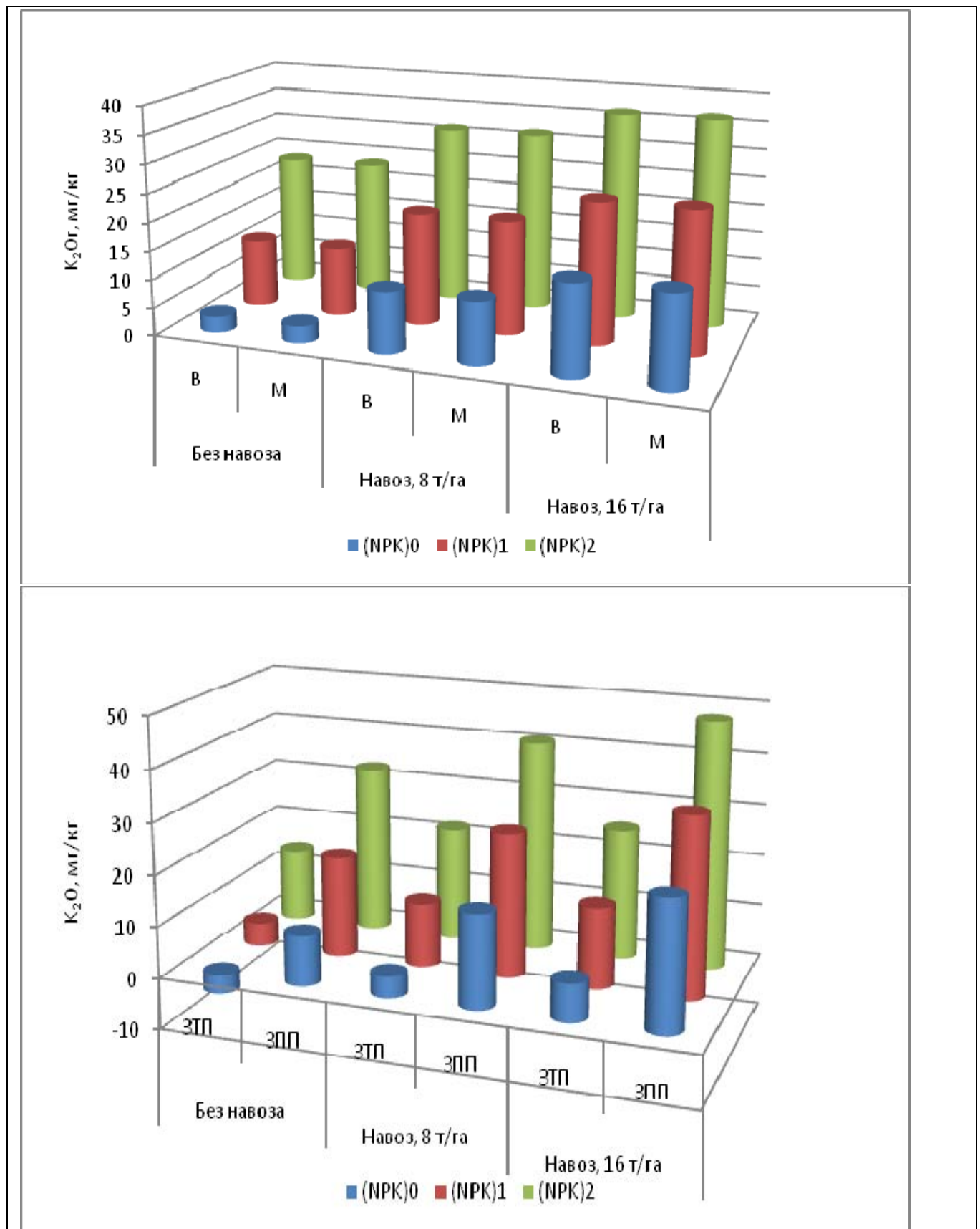


Рис. 4.4.2. Изменения содержания подвижного калия 2012-2014 гг. в почве под влиянием обработок почвы и севооборотов в слое 0-50 см, мг/кг к исходным показателям 1987 года



Группировка результатов анализов по блокам дает более четкую картину изменения подвижного калия во времени в зависимости от факторов способа основной обработки почвы и вида севооборота (рис. 4.4.2).

В среднем по двум севооборотам оба способа основной обработки почвы обеспечили положительный баланс подвижного калия как без применения удобрений, так и на удобренных участках.

При внесении только органических удобрений появляется положительный тренд подвижного калия и по вспашке, и по минимальной обработке без дополнительного внесения минеральных удобрений.

Наблюдение за динамикой подвижного калия в течение двадцати пяти лет показало, что несомненное преимущество имеет зернопаропропашной севооборот над зернотравянопропашным. Если в севообороте с многолетними травами без применения удобрений отмечено снижение калия, то в севообороте с чистым паром – увеличение. А внесение минеральных удобрений даже в одной дозе позволяет получить положительный баланс калия в слое 0-50 см.

Таблица 4.4.3 - Критерии верификации и связи факторов с распределением подвижного калия по глубине почвенного профиля (2012-2014 гг.)

Факторы	0-30 см	30-50 см	0-50 см
Корреляционное отношение ( $\eta$ )			
A	0,56**	0,55**	0,56**
B	0,11	0,39*	0,22
C	0,37*	0,28	0,33*
D	0,66**	0,17	0,46**
Долевое участие, %			
A	34,4	53,6	42,1
B	1,3	26,7	11,5
C	15,6	14,4	15,1
D	48,7	5,3	31,3

\* Достоверны при  $P = 0,05$

\*\* Достоверны при  $P = 0,01$

Примечание: A – севообороты, B – обработка почвы, C – навоз, D – минеральные удобрения

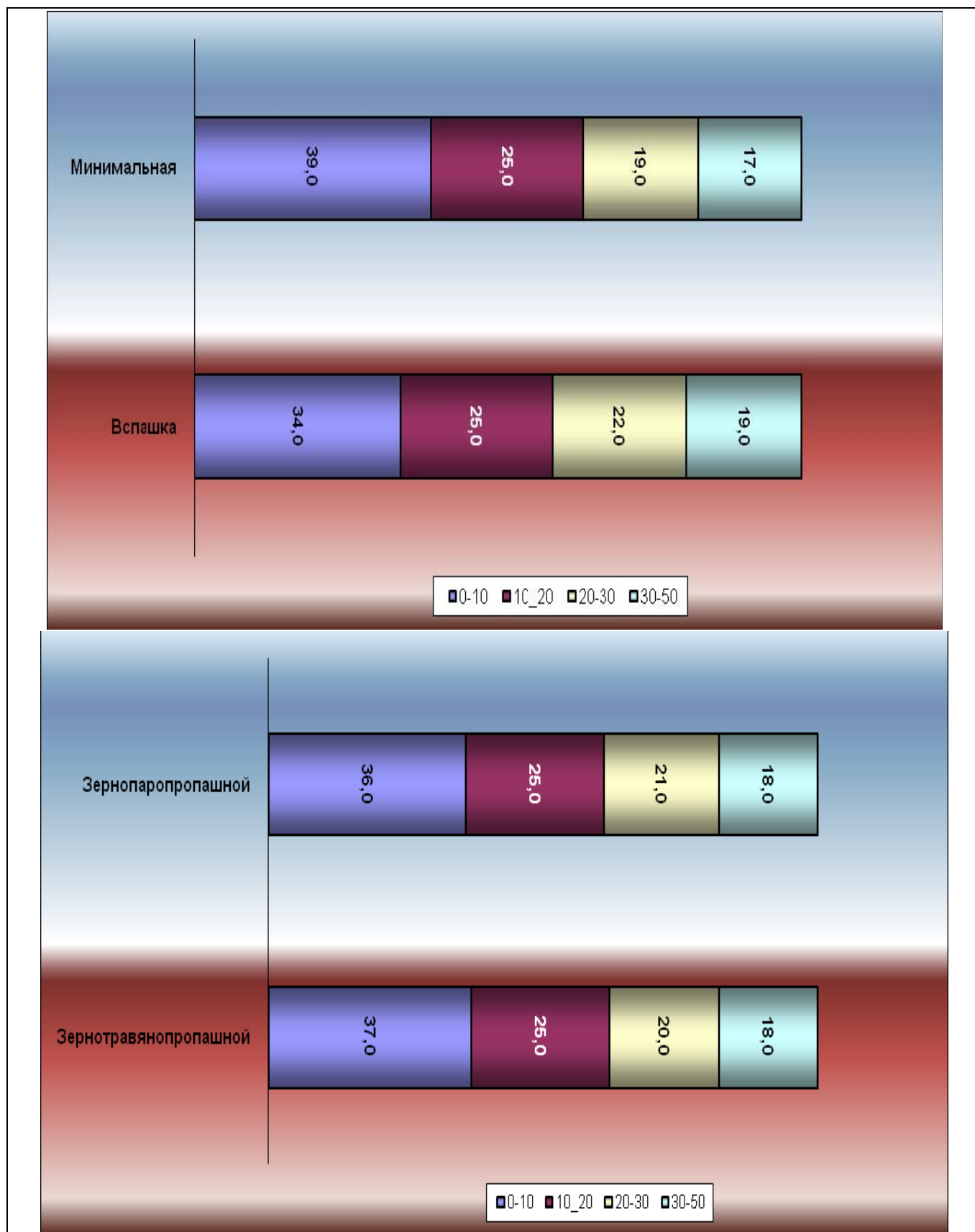


Рис. 4.4.3. Влияние способов обработки почвы и типа севооборота на распределение подвижного калия по почвенному профилю, % к 0-50 см

Показатели верификации свидетельствуют о значимости в полуметровом слое показателей вида севооборота и промышленных удобрений на общепринятом в статистике уровне. Корреляционное отношение по способам основной обработки почвы имеет существенный статус только в подпахотном слое почвы, а по органическим и минеральным удобрениям наоборот – в верхнем слое (табл. 4.4.3). При этом севооборот оказывал существенное влияние как в верхнем, так и в нижнем слое почвы.

Показатель корреляционной связи для слоя 0-50 см превосходил критические значения по органическим удобрениям на 0,95% уровне вероятности, а по минеральным удобрениям и севооборотам на 0,99% уровне.

При распределении подвижного калия по глубинам, имела место следующая ситуация. По вспашке больше подвижного калия находилось в более глубоких слоях, чем по минимальной обработке, что объясняется характером работы сельскохозяйственных орудий (рис. 4.4.3).

Так, по минимальной обработке в верхнем пахотном слое было обнаружено 83% подвижного калия от содержания его в слое 0-50 см, в то время как по вспашке – 81%; соответственно в подпахотном слое – 17% и 19%. При анализе севооборотов, следует отметить, что были получены одинаковые значения как в зернотравянопропашном, так и в зернопаропропашном – по 82% в слое 0-30 см и по 18% в слое 30-50 см.

#### **4.5. Гидролитическая кислотность**

Казалось бы, черноземы типичные, не говоря уже об обыкновенных, не требуют особого внимания в отношении реакции почвенной среды и не имеют проблем по данному параметру. Это, прежде всего, связано с характером материнских пород, представленных в основном карбонатными комплексами и генезисом. В силу насыщенности почвенного поглощающего комплекса черноземов двухвалентными солями кальция и магния они имеют слабокислую среду и значительную буферность, являющуюся залогом сохранения стабильной

реакции почвенного раствора. Тем не менее, повышенный уровень химизации, имевший место в 60-80 годы прошлого века, да и в настоящее время, привел к закислению этих плодородных почв, так как большинство туков имеют физиологически кислый характер. Сюда следует добавить и резкое сокращение объемов органических удобрений в последние двадцать лет. По последнему десятому циклу агрохимического обследования около 30% почв ЦЧЗ имеют слабокислую или среднекислую среду, и этот процесс со временем усиливается, так как мелиорация в настоящее время не достигает необходимого уровня.

Наши исследования показывают, что с течением времени в зернотравянопропашном севообороте при глубокой обработке почвы с оборотом пласта гидролитическая кислотность почвенного раствора в слое 0-30 см выше чем при минимальной обработке. А в зернопаропропашном севообороте наоборот максимальная кислотность почвы отмечается при проведении мелкой обработки. В подпахотном горизонте в изучаемых севооборотах отмечаются те же закономерности действия способов обработки почвы на гидролитическую кислотность, как и в пахотном слое почвы, но с меньшей разницей в сравнении с слоем 0-30 см (табл. 4.5.1.). При сравнении севооборотов, следует отметить, что гидролитическая кислотность почвы в пятой ротации была выше в севообороте с чистым паром, нежели в севообороте с многолетними бобовыми травами это прослеживается как по минимальной обработке почвы, так и по глубокой (вспашке).

Если усреднить результаты, полученные по севооборотам и способам основной обработки почвы на глубине 0-50 см, то следует отметить, что различия по гидролитической кислотности между обработками почвы статистически не состоятельны (табл. 4.5.2.), а в севообороте с чистым паром этот показатель выше, чем в зернотравянопропашном с 95%-ной степенью вероятности.

При применении навоза показатели гидролитической кислотности снижаются, а от минеральных удобрений наоборот увеличиваются, и чем выше доза удобрений, тем больше кислотность почвенного раствора.

Таблица 4.5.1 - Показатели гидролитической кислотности почвы в пятой ротации севооборотов, мг-экв./100 г почвы (2012-2014 гг.)

Удобрения		Глуби- на, см	ЗТП*		ЗПП	
навоз, т/га	мин., ед.		В**	М	В	М
0	0	0-30	3,47	3,26	4,32	4,68
		30-50	2,78	2,34	3,61	3,77
		0-50	3,20	2,89	4,04	4,32
	1***	0-30	3,89	3,67	4,84	5,20
		30-50	2,99	2,55	3,84	4,00
		0-50	3,53	3,22	4,44	4,72
	2	0-30	4,29	4,08	5,13	5,49
		30-50	3,00	2,56	3,91	4,07
		0-50	3,78	3,47	4,64	4,92
8	0	0-30	3,16	2,95	4,14	4,50
		30-50	2,50	2,06	3,37	3,53
		0-50	2,90	2,59	3,83	4,11
	1	0-30	3,58	3,36	4,66	5,03
		30-50	2,70	2,26	3,60	3,76
		0-50	3,23	2,92	4,24	4,52
	2	0-30	3,98	3,77	4,95	5,31
		30-50	2,72	2,28	3,67	3,83
		0-50	3,47	3,17	4,44	4,72
16	0	0-30	3,03	2,82	3,87	4,24
		30-50	2,30	1,86	3,31	3,46
		0-50	2,74	2,43	3,65	3,93
	1	0-30	3,44	3,23	4,40	4,76
		30-50	2,51	2,07	3,53	3,69
		0-50	3,07	2,76	4,05	4,33
	2	0-30	3,85	3,63	4,68	5,05
		30-50	2,52	2,08	3,61	3,76
		0-50	3,32	3,01	4,25	4,53
НСР <sub>05</sub> для 0-30 см: А – 0,25; В – 0,12; С – 0,16; D – 0,06; для 30-50 см: А – 0,25; В – 0,15; С – 0,14; D – 0,08; для 0-50 см: А – 0,25; В – 0,13; С – 0,15; D – 0,07						

Примечание.\*Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП – зернопаропропашной

\*\* Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная обработка;

\*\*\* N<sub>42-54</sub>P<sub>62</sub>K<sub>62</sub>

Таблица 4.5.2 - Группировка гидролитической кислотности по способам обработки почвы и севооборотам в пятой ротации в слое 0-50 см, мг-экв./100 г почвы (2012-2014 гг.)

Удобрения		Среднее по севооборотам		Среднее по обработкам	
навоз, т/га	мин., ед.	В	М	ЗТП	ЗПП
0	0	3,62	3,61	3,05	4,18
	1	3,98	3,97	3,38	4,58
	2	4,21	4,20	3,62	4,78
8	0	3,37	3,35	2,74	3,97
	1	3,73	3,72	3,07	4,38
	2	3,96	3,95	3,32	4,58
16	0	3,19	3,18	2,59	3,79
	1	3,56	3,55	2,92	4,19
	2	3,79	3,77	3,17	4,39
<b>Среднее</b>		<b>3,71</b>	<b>3,70</b>	<b>3,10</b>	<b>4,32</b>

НСР<sub>05</sub>: севообороты – 0,25; обработка почвы – 0,13; навоз – 0,50; минеральные удобрения – 0,07

Если проанализировать изменения гидролитической кислотности, произошедшие за двадцать пять лет опыта, то можно констатировать, что в зернотравянопропашном севообороте кислотность без применения удобрений снизилась на минимальной обработке, а на вспашке повысилась (рис. 4.5.1.). В севообороте с чистым паром в данном случае произошло увеличение гидролитической кислотности на обеих обработках.

Внесение навоза в дозе 8 тонн на гектар севооборотной площади позволило снизить гидролитическую кислотность без внесения минеральных удобрений по сравнению с исходным только в севообороте с многолетними травами на обеих обработках почвы; совместное применение навоза с промышленными удобрениями на вспашке привело к увеличению кислотности, а по минимальной обработке увеличение этого показателя отмечалось лишь при внесении удвоенной дозы туков.

В зернопаропропашном севообороте внесение 8 т/га севооборотной площади навоза не снизило показатели гидролитической кислотности почвы независимо от дозы промышленных удобрений.

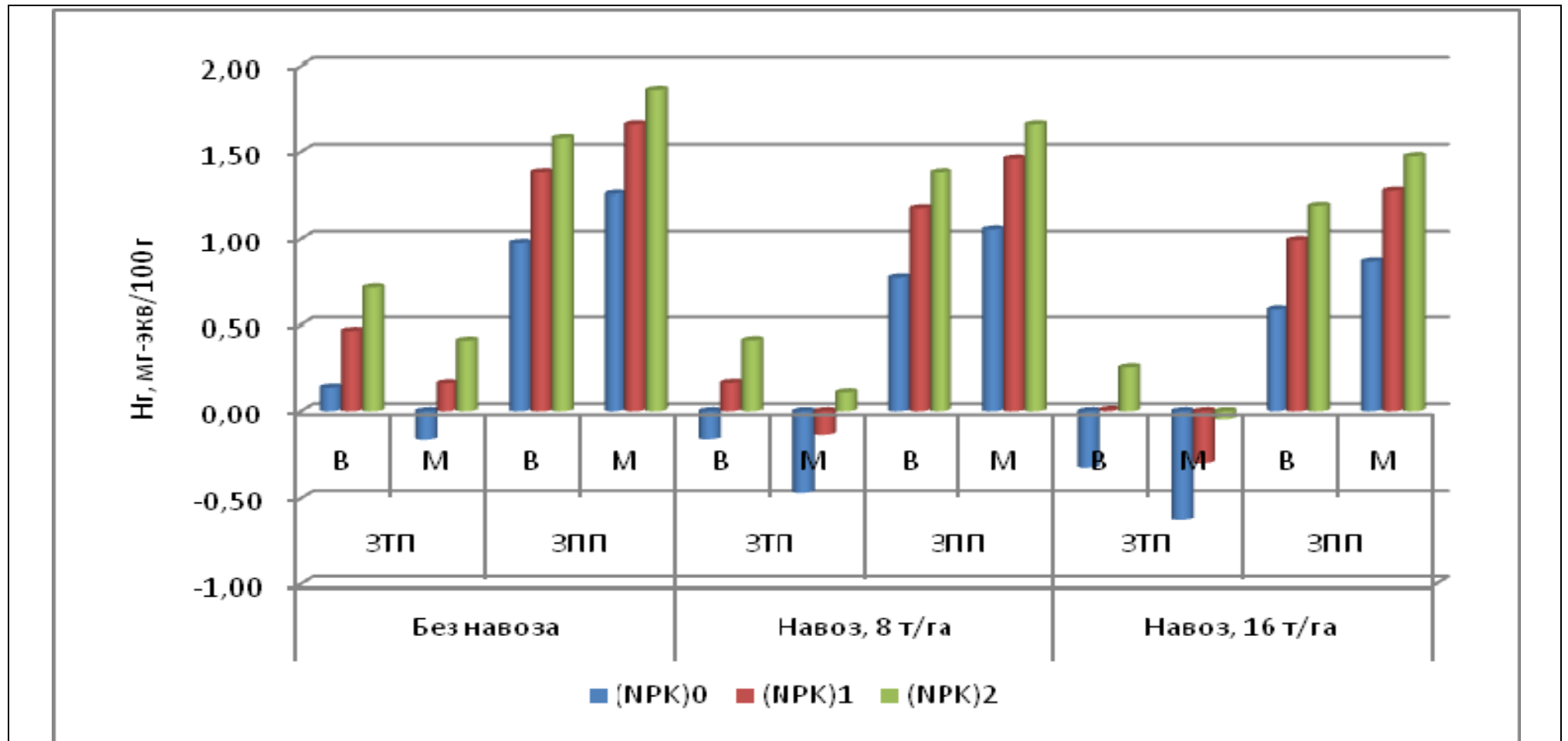


Рис. 4.5.1. Изменение гидролитической кислотности в почве в пятой ротации севооборотов в слое 0-50 см, мг-экв./100 г почвы к исходным показателям 1987 года

Примечание.\* Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП - зернопаропропашной;

\*\* Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная обработка;

\*\*\*  $N_{42-54}P_{62}K_{62}$

При увеличении количества органических удобрений в два раза, в зернотравянопропашном севообороте уменьшение гидролитической кислотности на вспашке произошло лишь без применения минеральных удобрений, а при совместном использовании удобрений – сохраняется негативный тренд. В случае минимальной обработки почвы снижение кислотности отмечено как при отдельном действии двойной дозы навоза, так и при его совместном действии с одной дозой минеральных удобрений.

В зернопаропропашном севообороте гидролитическая кислотность почвы увеличилась по сравнению с исходным состоянием этого показателя независимо от способа основной обработки почвы и уровня внесения минеральных удобрений. Иными словами, в севооборотах подобного плана для сохранения реакции почвенной среды на первоначальном уровне необходимо применять известьсодержащие мелиоранты.

При усреднении результатов по обоим севооборотам гидролитическая кислотность возрастает во времени как на вспашке, так и на минимальной обработке (рис. 4.5.2.). Внесение навоза в одной и двух дозах способствует замедлению темпов увеличения кислотности.

При группировки обработок почв следует отметить роль севооборотов: без применения удобрений в зернотравянопропашном севообороте в пятой ротации гидролитическая кислотность практически осталась на первоначальном уровне (снижение составило 0,01 мг-экв/100 г почвы), а в севообороте с чистым паром имело место значительное увеличение кислотности – на 1,12 мг-экв/100 г почвы.

По фону 8 тонн органических удобрений в зернотравянопропашном севообороте гидролитическая кислотность в слое 0-50 см снизилась на 0,32 мг-экв/100 г почвы, внесение одной дозы минеральных удобрений привело к нулевому балансу, а удвоение дозы промышленных удобрений повысило кислотность на 0,26 мг-экв/100 г почвы. В зернопаропропашном севообороте кислотность также увеличилась, но не в такой мере как на безнавозном фоне.



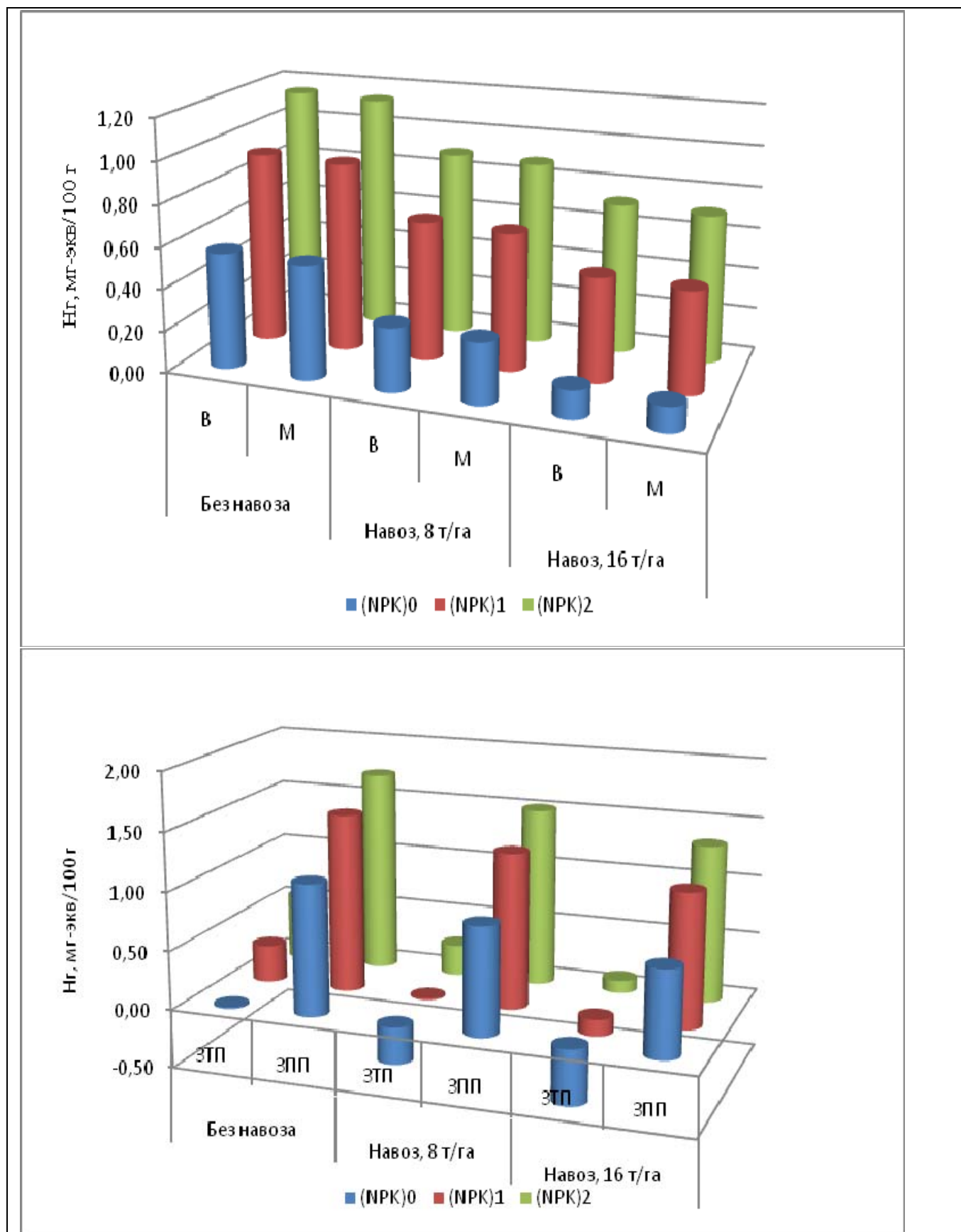


Рис. 4.5.2. Изменения гидролитической кислотности 2012-2014 гг. в почве под влиянием обработок почвы и севооборотов в слое 0-50 см, мг-экв/100 г почвы к исходным показателям 1987 года

По удвоенной дозе органических удобрений гидролитическая кислотность в зернотравянопропашном севообороте уменьшается без применения минеральных удобрений и на варианте с единичной дозой промышленных удобрений, в зернопаропропашном - кислотность увеличивается на всех вариантах, хотя и в меньших степени, по сравнению с внесением одной дозы навоза.

Показатели корреляционного отношения для слоя 0-50 см наиболее высокие для севооборотов и самые низкие для способов обработки почвы. Для минеральных удобрений корреляционная связь существенна в верхнем слое почвы и среднем для слоя 0-50 см, а для подпахотного – квалифицируется как тенденция (табл. 4.5.2).

Таблица 4.5.2 - Критерии верификации и связи факторов с распределением гидролитической кислотности по глубине почвенного профиля (2012-2014 гг.)

Корреляционное отношение ( $\eta$ )			
A	0,81**	0,89**	0,84**
B	0,05	0,10	0,07
C	0,24	0,24	0,24
D	0,44**	0,16	0,33*
Долевое участие, %			
A	71,4	89,6	78,7
B	0,3	1,1	0,6
C	6,5	6,3	6,4
D	21,8	3,0	14,3

\* Достоверны при  $P = 0,05$

\*\*Достоверны при  $P = 0,01$

Примечание: A – севообороты, B – обработка почвы, C – навоз, D – минеральные удобрения

При рассмотрении долевого участия факторов в пятой ротации на показатель гидролитической кислотности следует отметить, что наибольший по абсолютной величине фактор – это вид севооборота, затем – минеральные удобрения, органические удобрения и способ основной обработки почвы, который значительно им уступает.

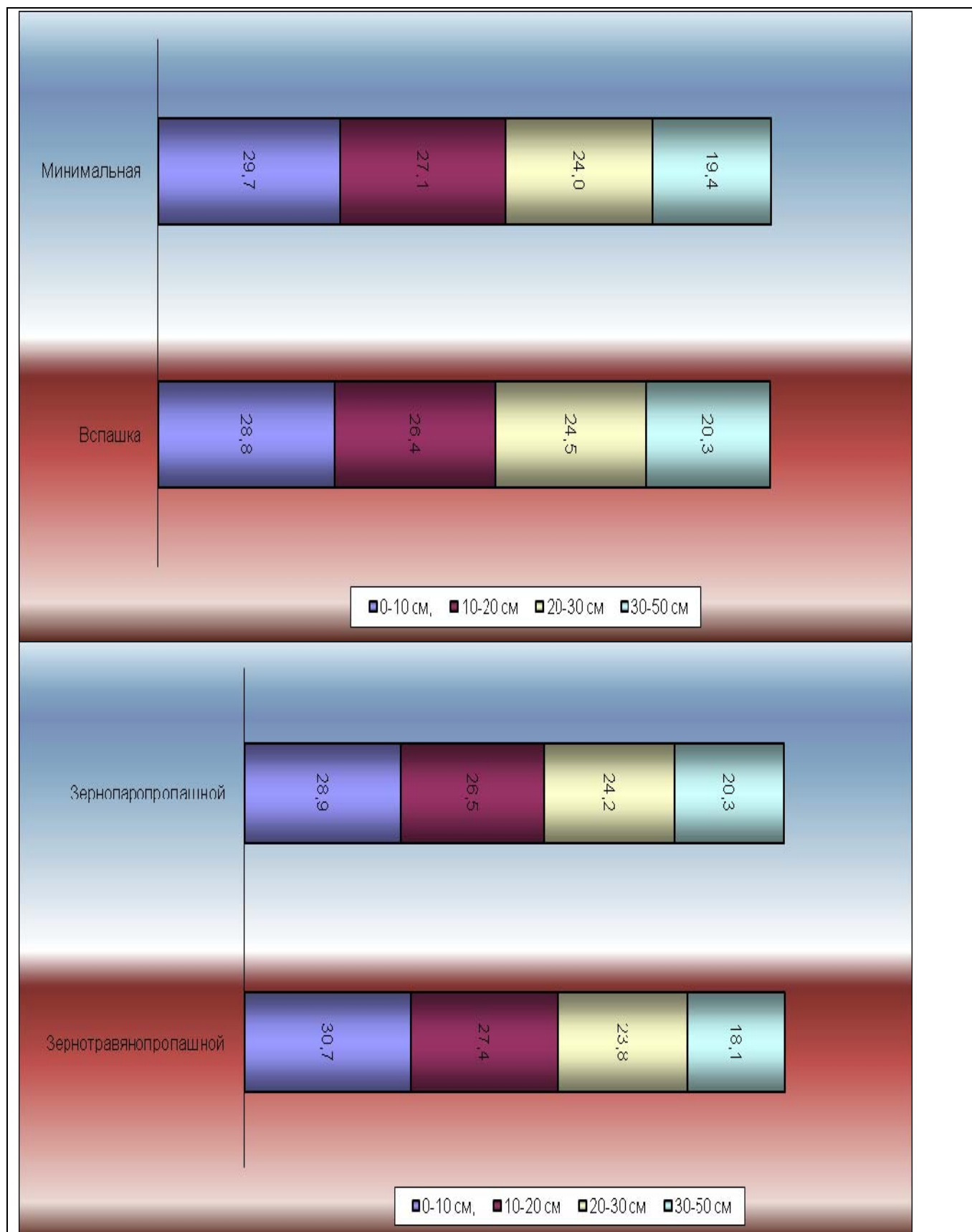


Рис. 4.5.3. Влияние способов обработки почвы и типа севооборота на распределение гидролитической кислотности по почвенному профилю, % к 0-50 см

С теоретической и практической стороны заслуживает внимания локализация показателей гидролитической кислотности по профилю почвы. В пахотном слое почвы показатели гидролитической кислотности выше по минимальной обработке, а в подпахотном – по вспашке (рис. 4.5.3.).

Если анализировать влияние вида севооборота на показатель гидролитической кислотности в зависимости от глубины почвенного слоя, то следует отметить относительную локализацию на больших глубинах в севообороте с чистым паром.

## **ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ СЕВООБОРОТОВ, СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ И УДОБРЕНИЙ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ**

### **5.1. Агрофизические свойства почвы**

К числу мероприятий, способствующих повышению плодородия почв и получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур, необходимо отнести улучшение агрофизических свойств, регулирование которых составляет одну из важнейших задач в земледелии и растениеводстве, так как физические свойства почв существенно влияют на показатели плодородия, рост и развитие растений и, в конечном итоге, на продуктивность сельскохозяйственных культур.

Общеизвестно, что продуктивная влага – это часть почвенной влаги, которая доступна растениям, за счёт которой они поддерживают свою жизнедеятельность и синтезируют органическое вещество. И при анализе состояния продуктивной влаги по срокам необходимо, прежде всего, ориентироваться на весенний, так как перед уборкой этот показатель искажается в силу неодинакового потребления воды на вариантах с различной продуктивностью.

Проведенные нами исследования показали, что запасы продуктивной влаги, накопившейся в почве к апрелю, зависели от изучаемых факторов, но в различной степени (табл. 5.1.1). Минеральные удобрения повышали запас продуктивной влаги в метровом слое как на вспашке, так и на минимальной обработке только на первых двух навозных фонах – нулевом и 8 т/га, затем с увеличением дозы содержание влаги несколько снижается с повышением уровня минерального питания.

Эту закономерность можно объяснить двумя противоположно направленными процессами: поглощение и удержание атмосферной влаги почвой удобренных вариантов в большей степени, чем контрольных благодаря

большему количеству органического вещества в виде пожнивно-корневых остатков в первом случае.

Таблица 5.1.1 - Влияние севооборотов, способов обработки и удобрений на запасы продуктивной влаги в почве под озимой пшеницей, мм (2012-2014 гг.)

Удобрения		Глу- бина, см	Среднее по севооборотам				Среднее по обработкам			
навоз, т/га.	мин. ед.		В*		М		ЗТП		ЗПП	
			весна	убор- ка	весна	убор- ка	весна	убор- ка	весна	убор- ка
0	0	0-30	40,7	22,6	46,5	26,4	43,7	25,1	43,5	23,9
		0-100	111,6	73,4	127,8	87,8	109,8	77,4	129,6	83,8
	1*	0-30	48,0	23,2	48,6	26,9	45,3	25,5	51,3	24,6
		0-100	124,4	82,3	133,4	94,7	124,3	88,7	133,5	88,3
	2	0-30	44,3	24,1	48,5	27,5	44,6	27,5	48,2	24,1
		0-100	131,1	81,9	132,1	89,3	129,4	86,9	133,8	84,3
8	0	0-30	48,6	24,0	47,9	28,1	47,3	26,1	49,2	25,9
		0-100	131,8	77,5	136,3	86,4	128,6	80,9	139,5	82,9
	1	0-30	45,9	24,1	49,4	27,5	45,7	26,7	49,6	24,9
		0-100	135,7	85,0	135,4	98,1	132,1	96,9	139,0	86,1
	2	0-30	50,3	24,6	53,8	26,9	53,3	27,1	50,8	24,4
		0-100	139,6	83,4	141,4	91,0	141,1	92,2	139,9	82,2
16	0	0-30	50,4	26,3	51,0	28,3	49,9	27,4	51,6	27,2
		0-100	143,7	86,1	144,1	95,8	143,7	89,7	144,1	92,2
	1	0-30	52,0	26,9	55,3	28,0	53,1	28,7	54,1	26,3
		0-100	142,1	90,2	144,5	92,9	142,5	86,8	144,1	96,3
	2	0-30	45,9	26,5	49,6	27,9	47,1	29,1	48,3	25,3
		0-100	140,1	91,4	141,5	87,7	140,5	95,2	141,1	83,9
Сред- нее	-	0-30	47,3	24,7	50,1	27,5	47,8	27,0	49,6	25,2
		0-100	133,3	83,5	138,4	91,5	133,7	88,3	138,3	86,7
НСР <sub>05</sub> для слоя 0-100 см (весна)		севооборот – 7,7; обработка почвы – 19,1; навоз – 16,2; минеральные удобрения – 3,4								
НСР <sub>05</sub> для слоя 0-100 см (уборка)		севооборот – 3,0; обработка почвы – 12,2; навоз – 11,2; минеральные удобрения – 1,1								

Примечание: \*1 доза внесения NPK севооборотной площади: ЗТП - N<sub>42</sub>P<sub>62</sub>K<sub>62</sub>; ЗПП - N<sub>54</sub>P<sub>62</sub>K<sub>62</sub>.

Снижение же продуктивной влаги на делянках, получивших минеральные удобрения, скорее всего, следствие следующего процесса. Озимая пшеница замыкает ротацию севооборотов, и режим влажности оказался под влиянием последствий предшествующих культур. На этих делянках был самый высокий

урожай и самое интенсивное потребление воды, дефицит которой не восстановился и на последней культуре севооборота.

По минимальной обработке почвы отмеченные закономерности не просматриваются так четко, но при усреднении данных по двум обработкам данная закономерность подтверждается. Например, содержание продуктивной воды весной составило по вариантам в порядке схемы опыта – 120 мм, 129 мм, 132 мм, 134 мм, 136 мм, 141 мм, 144 мм, 143 мм, 141 мм. И эти различия существенны на безнавозном фоне и на фоне 8 тонн навоза, но при увеличении дозы навоза, проявляются как тенденция.

В зернопаропропашном севообороте запасы влаги были больше, чем в зернотравянопропашном, что объясняется влиянием черного пара, способствующего сохранению влаги. Органические удобрения также способствовали накоплению и сохранению продуктивной влаги в почве, но это квалифицируется как тенденция в связи со статистической несостоятельностью. Различия между способами основной обработки почвы по этому параметру также оказались несущественными в силу большого показателя наименьшей существенной разности.

Органические удобрения увеличивают обеспеченность метрового слоя почвы усвояемой влагой в ранневесенний период и, несмотря на значительные критерии наименьшей существенной разности, по удвоенной норме эти различия статистически состоятельны.

Минимальная обработка способствовала существенному накоплению влаги в слое 0-100 см как по отдельным вариантам, так и в среднем по блоку с удобрениями. А среди севооборотов по данному параметру на первом месте находился севооборот с чистым паром.

Состояние влажности перед уборкой контролировалось помимо всего прочего еще и потреблением воды растениями на формирование вегетативной масс, и поэтому роль агрогенных экспериментальных факторов здесь трудно оценить. По большому счету влажность почвы, конечно же, зависела от осадков. Например, в апреле 2013 года, при сумме осадков равной 5 мм (табл. 2.2.1) запасы

продуктивной влаги в среднем в слое почвы 0-100 см были минимальными и составили около 111 мм, в схеме опыта, которая не предусматривает внесение удобрений (Приложение Б).

В 2012 году сумма осадков составила 27,5 мм, а запасы влаги в среднем 117 мм (Приложение А). 2014 год характеризовался наибольшим количеством выпавших осадков: в период первого отбора образцов (апрель) сумма осадков составила 30,0 мм, что сказалось на запасах продуктивной влаги, которые составили 131,6 мм весной (Приложение В).

В течение вегетационного периода запасы продуктивной влаги уменьшались. В зернотравянопропашном севообороте без применения удобрений уменьшение было 26,9-37,8 мм, в зависимости от обработки почвы, что составило 27-31% от данных, полученных весной. В зернопаропропашном севообороте запасы влаги сократились на 42,1-49,6 мм или на 31-40%. Применение двойной дозы минеральных удобрений усиливало уменьшение влаги до 47,8-50,6 мм, что соответствует 36-38%.

В зернотравянопропашном севообороте по минимальной обработке на варианте с максимальной дозой минеральных удобрений запасы влаги сократились с 128,5 до 91,3, а без внесения удобрений с 120,8 до 83 мм; уменьшение влажности почвы в относительных единицах было примерно на одном уровне (на 29% с удобрениями и на 31% на абсолютном контроле).

Общеизвестно, что коэффициент водопотребления на единицу полученной продукции зависит не только от содержания продуктивной влаги в почве, но и от урожайности культуры. В наших опытах максимальное водопотребление складывалось в вариантах, не предусматривающих внесение удобрений, и в зернотравянопропашном севообороте он составил 664-699, а в зернопаропропашном 732-755 м<sup>3</sup>/т (табл. 5.1.2).

При улучшении питательного режима почвы, путём внесения удобрений, растение более экономно использовало запасы продуктивной влаги на единицу продукции. Например, при внесении только минеральных удобрений коэффициент водопотребления в зернотравянопропашном севообороте



уменьшился до 452-522, а в зернопаропропашном до 467-481 м<sup>3</sup>/т. Последствие навоза также сокращало потребление влаги растением, но в меньшей степени. В зернотравянопропашном севообороте водопотребление сократилось на 45-157 м<sup>3</sup>/т, а в ЗПП на 216-221 м<sup>3</sup>/т. При сочетании промышленных удобрений и навоза коэффициент водопотребления был наименьшим и составил 432-440 м<sup>3</sup>/т в зернотравянопропашном севообороте и 414-431 м<sup>3</sup>/т в севообороте с чистым паром (значения варьируют в зависимости от обработки почвы).

Таблица 5.1.2 - Водопотребление озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки почвы и удобрений в среднем за 2012-2014 гг.

навоз, т/га.	мин. уд., ед.	Суммарное водопотребление, м³/га		Коэффициент водопотребления, м³/т	
		способ обработки почвы			
		вспашка	минимальная	вспашка	минимальная
Зернотравянопропашной севооборот					
0	0	2190	2377	664	699
	1*	2314	2239	579	546
	2	2399	2216	522	452
8	0	2443	2352	643	619
	1	2385	2162	530	450
	2	2474	2346	485	489
16	0	2537	2385	619	542
	1	2475	2482	538	507
	2	2374	2374	440	432
Зернопаропропашной севооборот					
0	0	2417	2343	755	732
	1	2372	2376	565	553
	2	2428	2406	467	481
8	0	2485	2489	592	593
	1	2472	2427	515	458
	2	2493	2504	453	439
16	0	2456	2425	534	516
	1	2405	2392	481	451
	2	2442	2545	414	431
НСР <sub>05</sub>		севооборот – 13; обработка почвы – 45; навоз – 40; мин. удобрения – 57			

Примечание: \*1 доза внесения НРК севооборотной площади: ЗТП - N<sub>42</sub>P<sub>62</sub>K<sub>62</sub>; ЗПП - N<sub>54</sub>P<sub>62</sub>K<sub>62</sub>.

Одним из основных агрофизических показателей почвы является её плотность - масса единицы её объёма в естественном сложении. Для большинства культур на черноземных почвах она колеблется от 1,1 до 1,3 г/см<sup>3</sup>. Плотность почв зависит от минералогического, механического состава, а также от содержания в ней органических веществ, её структурности, сложения и механической обработки.

Данные по определению плотности почвы широко используются в почвоведении, земледелии, в сельскохозяйственной мелиорации. Ими четко характеризуют почвенный профиль, выявляя уплотненный (иллювиальный) горизонт, рыхлость или уплотненность пахотного горизонта. На основании показателей плотности почвы рассчитывают запасы в ней воды, гумуса, солей, питательных веществ.

В зернотравянопропашном севообороте и в севообороте с чистым паром мы провели исследования по этому параметру по каждому году (Приложение Г) и сгруппировали данные в среднем по годам (таблица 5.1.3.). Анализ результатов исследований по каждому севообороту в аспекте глубины затруднителен ввиду сложности проблемы из-за методических сложностей, поэтому следует остановиться на более объективной информации о закономерностях её изменения. Влияние способа основной обработки почвы на плотность в среднем по двум севооборотам проявилась следующим образом. Глубокая отвальная вспашка уменьшила показатель плотности на всех уровнях применения органических и минеральных удобрений в слое 0-30 см. И эта различие достоверно на 5%-ном уровне значимости.

Что касается севооборотов, то здесь более предпочтителен севооборот с чистым паром. Так, в среднем по девяти разноудобренным вариантам плотность в севообороте с многолетними бобовыми травами составила 1,17 г/см<sup>3</sup>, в то время как в севообороте с чистым паром – 1,14 г/см<sup>3</sup>. И если это различие недостоверно на общепринятом уровне вероятности, то тенденция тоже заслуживает внимания, так как при увеличении объема выборки и, следовательно, степеней свободы, результирующая оценка может перекалиброваться в достоверную.

Таблица 5.1.3 - Влияние севооборотов, способов обработки и удобрений на плотность почвы под озимой пшеницей, г/см<sup>3</sup> (2012-2014 гг.)

На-воз, т/га .	NPK, доза	Глубина, см	ЗТП		ЗПП		Среднее			
			В*	М	В	М	по севообо-ротам		по обработ-кам	
							В	М	ЗТП	ЗПП
0	0	0-10	1,10	1,21	1,11	1,16	1,10	1,19	1,15	1,14
		10-20	1,19	1,27	1,19	1,18	1,19	1,22	1,23	1,19
		20-30	1,24	1,20	1,20	1,10	1,22	1,15	1,22	1,15
		<b>0-30</b>	<b>1,17</b>	<b>1,23</b>	<b>1,17</b>	<b>1,15</b>	<b>1,17</b>	<b>1,19</b>	<b>1,20</b>	<b>1,16</b>
	1**	0-10	1,13	1,20	1,09	1,15	1,11	1,18	1,17	1,12
		10-20	1,22	1,26	1,19	1,16	1,20	1,21	1,24	1,18
		20-30	1,26	1,23	1,16	1,22	1,21	1,22	1,24	1,19
		<b>0-30</b>	<b>1,20</b>	<b>1,23</b>	<b>1,15</b>	<b>1,17</b>	<b>1,18</b>	<b>1,20</b>	<b>1,22</b>	<b>1,16</b>
	2	0-10	1,15	1,16	1,12	1,09	1,14	1,13	1,16	1,11
		10-20	1,24	1,24	1,19	1,26	1,21	1,25	1,24	1,23
		20-30	1,30	1,29	1,18	1,21	1,24	1,25	1,30	1,20
		<b>0-30</b>	<b>1,23</b>	<b>1,23</b>	<b>1,16</b>	<b>1,19</b>	<b>1,20</b>	<b>1,21</b>	<b>1,23</b>	<b>1,18</b>
8	0	0-10	1,10	1,16	1,07	1,16	1,09	1,16	1,13	1,12
		10-20	1,15	1,20	1,23	1,17	1,19	1,18	1,17	1,20
		20-30	1,19	1,19	1,18	1,25	1,19	1,22	1,19	1,22
		<b>0-30</b>	<b>1,14</b>	<b>1,18</b>	<b>1,16</b>	<b>1,19</b>	<b>1,15</b>	<b>1,19</b>	<b>1,16</b>	<b>1,18</b>
	1	0-10	1,11	1,15	1,04	1,08	1,08	1,12	1,13	1,06
		10-20	1,17	1,20	1,16	1,21	1,17	1,21	1,19	1,19
		20-30	1,20	1,20	1,12	1,25	1,16	1,22	1,20	1,18
		<b>0-30</b>	<b>1,16</b>	<b>1,18</b>	<b>1,11</b>	<b>1,18</b>	<b>1,13</b>	<b>1,18</b>	<b>1,17</b>	<b>1,14</b>
	2	0-10	1,13	1,15	1,05	1,10	1,09	1,12	1,14	1,07
		10-20	1,16	1,19	1,08	1,09	1,12	1,14	1,18	1,09
		20-30	1,25	1,22	1,14	1,15	1,19	1,18	1,23	1,14
		<b>0-30</b>	<b>1,18</b>	<b>1,19</b>	<b>1,09</b>	<b>1,11</b>	<b>1,13</b>	<b>1,15</b>	<b>1,18</b>	<b>1,10</b>
16	0	0-10	1,06	1,10	1,07	1,07	1,07	1,08	1,08	1,07
		10-20	1,13	1,19	1,13	1,12	1,13	1,15	1,16	1,12
		20-30	1,18	1,21	1,11	1,18	1,14	1,20	1,19	1,15
		<b>0-30</b>	<b>1,12</b>	<b>1,16</b>	<b>1,10</b>	<b>1,12</b>	<b>1,11</b>	<b>1,14</b>	<b>1,14</b>	<b>1,11</b>
	1	0-10	1,11	1,11	1,00	1,05	1,05	1,08	1,11	1,03
		10-20	1,11	1,18	1,05	1,06	1,08	1,12	1,15	1,06
		20-30	1,17	1,15	1,13	1,12	1,15	1,13	1,16	1,12
		<b>0-30</b>	<b>1,13</b>	<b>1,15</b>	<b>1,06</b>	<b>1,08</b>	<b>1,09</b>	<b>1,11</b>	<b>1,14</b>	<b>1,07</b>
	2	0-10	1,12	1,07	1,06	1,06	1,09	1,07	1,10	1,06
		10-20	1,12	1,10	1,09	1,17	1,11	1,14	1,11	1,13
		20-30	1,19	1,06	1,15	1,16	1,17	1,11	1,12	1,16
		<b>0-30</b>	<b>1,14</b>	<b>1,08</b>	<b>1,10</b>	<b>1,13</b>	<b>1,12</b>	<b>1,10</b>	<b>1,11</b>	<b>1,12</b>
Среднее	0-10	1,11	1,15	1,07	1,10	1,09	1,13	1,13	1,09	
	10-20	1,17	1,20	1,15	1,16	1,16	1,18	1,19	1,16	
	20-30	1,22	1,18	1,15	1,18	1,19	1,18	1,20	1,19	
	<b>0-30</b>	<b>1,16</b>	<b>1,18</b>	<b>1,12</b>	<b>1,15</b>	<b>1,14</b>	<b>1,17</b>	<b>1,17</b>	<b>1,14</b>	
НСР <sub>05</sub> для слоя 0-30 см			севооборот – 0,04; обработка почвы – 0,03; навоз – 0,02; минеральные удобрения – 0,02							

Примечание: \* В – вспашка, М – минимальная обработка;

\*\*1 доза внесения NPK: ЗТП - N<sub>42</sub>P<sub>62</sub>K<sub>62</sub>, ЗПП - N<sub>54</sub>P<sub>62</sub>K<sub>62</sub>.

Зависимость плотности от доз органических удобрений обратная – чем выше доза навоза, тем меньше плотность. Если на варианте без внесения навоза и минеральных удобрений плотность в пахотном слое в среднем за три года составила  $1,18 \text{ г/см}^3$ , то на фоне первой дозы органических удобрений –  $1,17 \text{ г/см}^3$ , а на фоне второй –  $1,11 \text{ г/см}^3$ .

Влияние минеральных удобрений на плотность почвы неоднозначное – на безнавозном фоне в среднем по двум севооборотам она увеличивается, а на навозных фонах падает.

Вполне вероятно, что здесь имеет место опосредованное влияние продуктивности культуры по вариантам через объем корневой системы, что проследить в рамках данного эксперимента не представляется возможным.

В плодородии почв большое значение играет их структурно-агрегатный состав. Роль почвенной структуры заключается в том, что она оказывает прямое влияние на физические, физико-механические свойства почвы, а также играет важную роль в формировании противоэрозионной устойчивости почв (Кауричев И.С. и др., 1989).

Результаты наших исследований показали хорошее состояние почвы по её агрегатному составу согласно классификации, представленной Е.В. Шеиным и В.К. Гончаровым (2006) – сумма фракций от 0,25 до 10 мм составляла более 60% на всех вариантах опыта. Исходя из данных, представленных на рисунке 5.1.1. (Приложение Д), следует отметить несомненное влияние севооборотов. В слое 0-10 см в зернотравянопропашном севообороте содержание агрономически ценной структуры было гораздо выше, чем в зернопаропропашном.

Максимальное содержание агрономически ценной структуры было отмечено в зернотравянопропашном севообороте на минимальной обработке почвы при совместном внесении органических и минеральных удобрений и составило 81%. Минимальная обработка по сравнению со вспашкой улучшала структурно-агрегатный состав почвы, что заметно в обоих севооборотах (на 1,5-9,6% в ЗТП и на 1,8-12,0% в ЗПП).

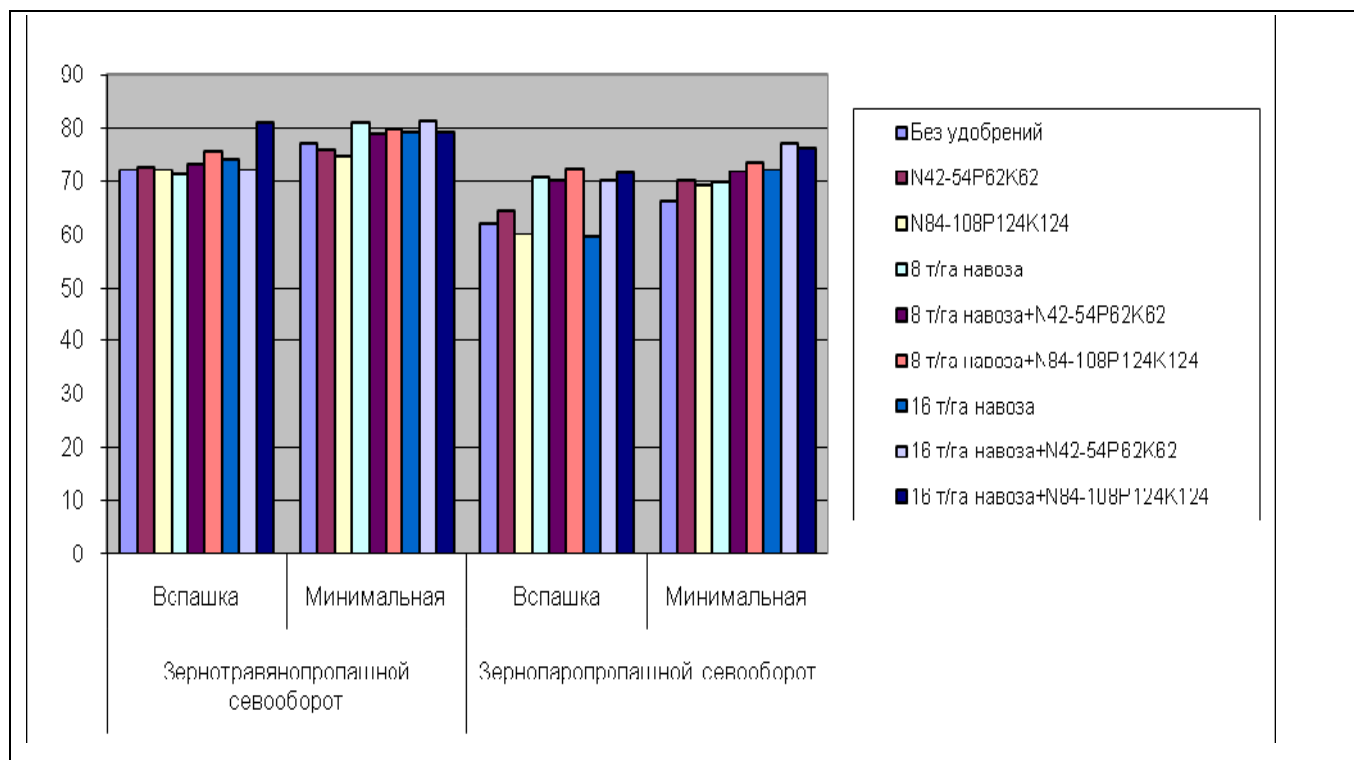


Рис. 5.1.1. Влияние севооборотов, способов обработки почвы и удобрений на структурно-агрегатный состав почвы под озимой пшеницей в слое 0-10 см (2012-2014 гг.)

Влияние минеральных удобрений в слое 0-10 см было зафиксировано лишь в зернопаропропашном севообороте по минимальной обработке почвы, где внесение  $N_{54}P_{62}K_{62}$  привело к улучшению почвенной структуры. Влияние органических удобрений, в свою очередь, имело место в зернотравянопропашном севообороте, где по минимальной обработке содержание агрономически ценных агрегатов выросло со 76,9 до 79,1%, а по вспашке это было менее заметно – 72,0 и 73,9% соответственно.

По данным рисунка 5.1.2., где показано влияние севооборотов, способов обработки почвы и удобрений на структурно-агрегатный состав в слое 0-30 см, имело место очевидное влияние севооборотов и обработки почвы, сопоставимое с данными, полученными в слое почвы 0-10 см.

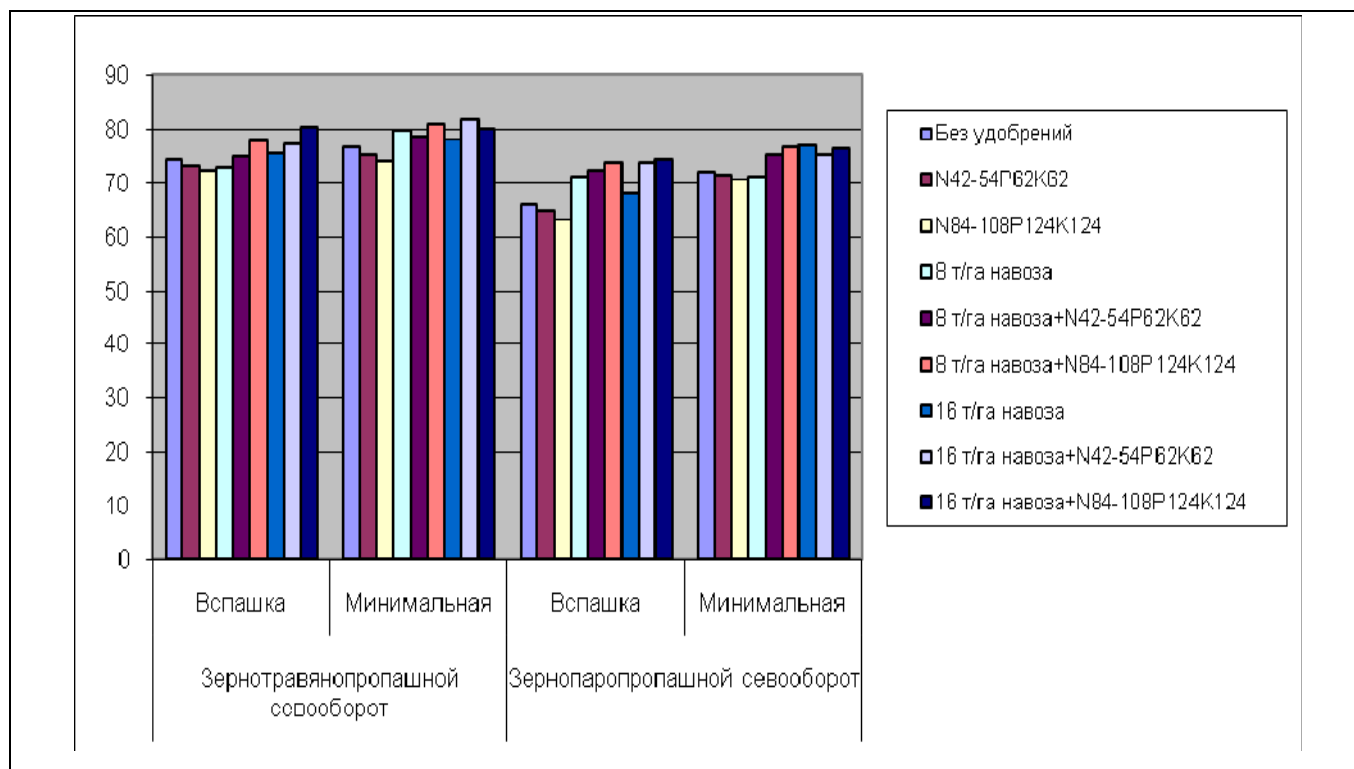


Рис. 5.1.2. Влияние севооборотов, способов обработки почвы и удобрений на структурно-агрегатный состав почвы под озимой пшеницей в слое 0-30 см (2012-2014 гг.)

При мелкой обработке почвы структурный состав был лучше в зерноотравапропашном севообороте на 2,7-6,9%, а в зернопаропропашном – на 2,7-8,8%. Внесение только минеральных удобрений способствовало уменьшению содержания почвенных агрегатов суммы фракций 0,25-10 мм и составило 72,2-73,1% (ЗТП) и 63,0-64,8% (ЗПП) по вспашке и 74,0-75,0% (ЗТП) и 70,4-71,5% (ЗПП) по минимальной обработке почвы. Внесение минеральных удобрений по фону последствий 40 т/га навоза и по фону 80 т/га навоза способствовало наоборот увеличению содержания агрономически ценной структуры почвы.

Таким образом, проведённые исследования показали, что севооборот, обработка почвы и удобрения повлияли на агрофизические свойства почвы, но с различным уровнем верификации. Запасы продуктивной влаги во многом зависели от погодных условий, сложившихся в годы исследований. Плотность почвы колебалась в пределах 1,0-1,3 г/см<sup>3</sup>. В зерноотравапропашном

севообороте почва была уплотнена сильнее, чем в зернопаропропашном севообороте. Сумма фракций комковато-зернистой структуры составляла более 60%. Совместное внесение минеральных и органических удобрений сопровождалось улучшением структурного состава почвы.

## **5.2. Биологическая активность почвы**

Биологическая активность почвы играет важную роль во всех процессах почвообразования, её необходимо учитывать при изучении физических и химических свойств почвы, гумусообразовании и, в конечном счете, при изучении плодородия почвы (Пономарёва В.В., Плотникова Т.А., 1980; Мишустин Е.Н., Емцев В.Т., 1987). В наших исследованиях был использован метод разложения льняного полотна.

На активность разложения льняного полотна большое влияние оказал вид севооборота. В зернотравянопропашном севообороте биологическая активность почвы оказалась на 2-5% больше, чем в зернопаропропашном севообороте (рис. 5.2.1.-5.2.3.).

При анализе влияния способа обработки почвы, следует отметить, что при минимальной обработке активность почвенных организмов была выше, чем при глубокой обработке. Без использования каких-либо удобрений степень разложения полотна по вспашке в севообороте с многолетними бобовыми травами составила 39,2-43,2%, а при минимальной обработке она была на 2,0-3,8% выше (43,0-45,2%). При вспашке микробиологическая активность почвы по глубинам пахотного слоя от 0-10 см до 20-30 см проявлялась относительно равномерно, а при минимальной обработке деятельность микроорганизмов с глубиной заметно снижалась.

Внесение минеральных удобрений обусловило увеличение скорости разложения льняного полотна, что особенно заметно в сочетании их с навозом, внесённым в дозе 16 т на 1 гектар севооборотной площади.

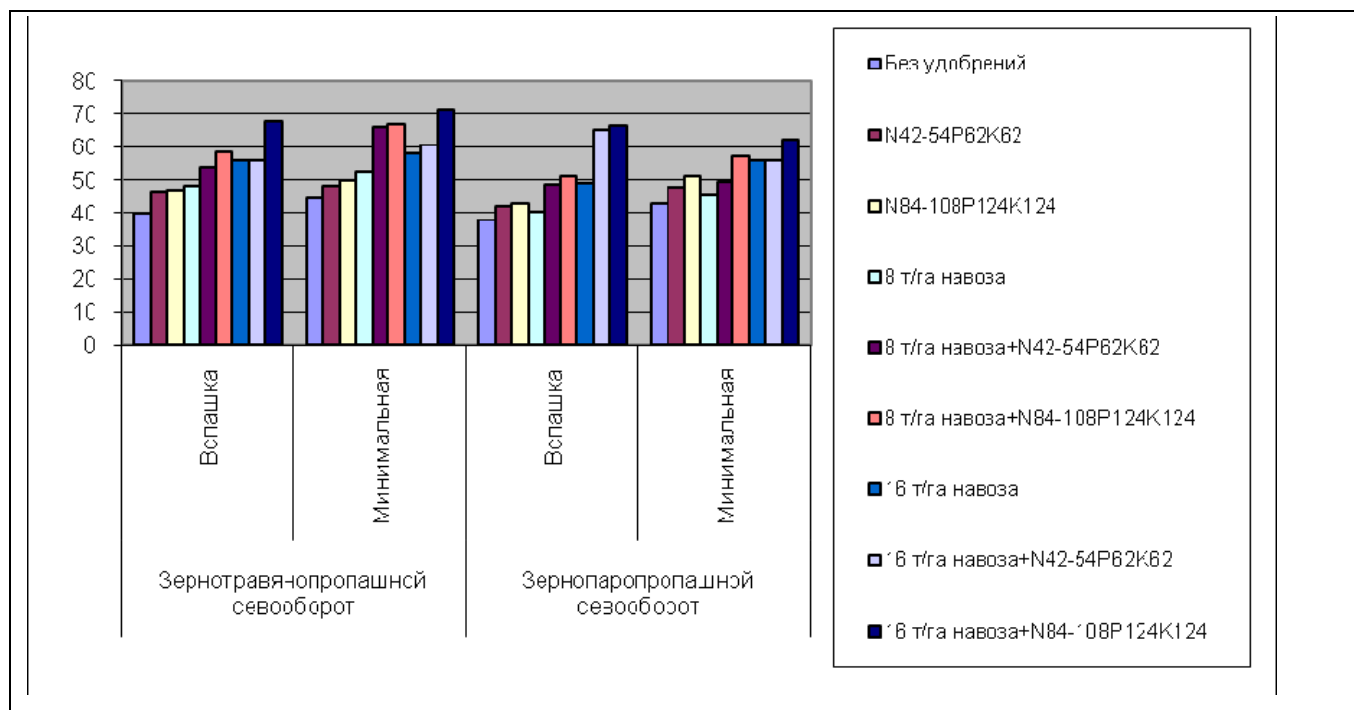


Рис. 5.2.1. Влияние севооборотов, способов обработки почвы и удобрений на биологическую активность почвы под сахарной свёклой в слое 0-10 см, % (2012-2014 гг.)

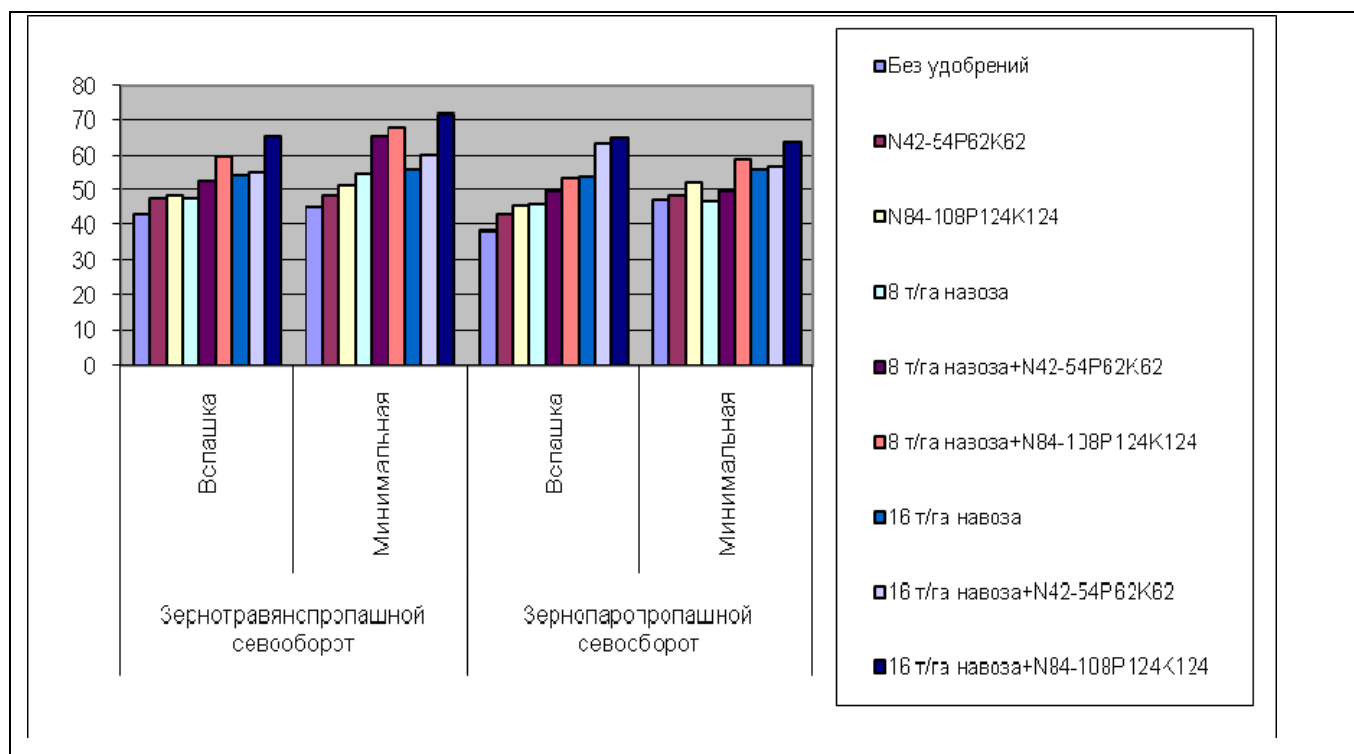


Рис.5.2.2. Влияние севооборотов, способов обработки почвы и удобрений на биологическую активность почвы под сахарной свёклой в слое 10-20 см, % (2012-2014 гг.)



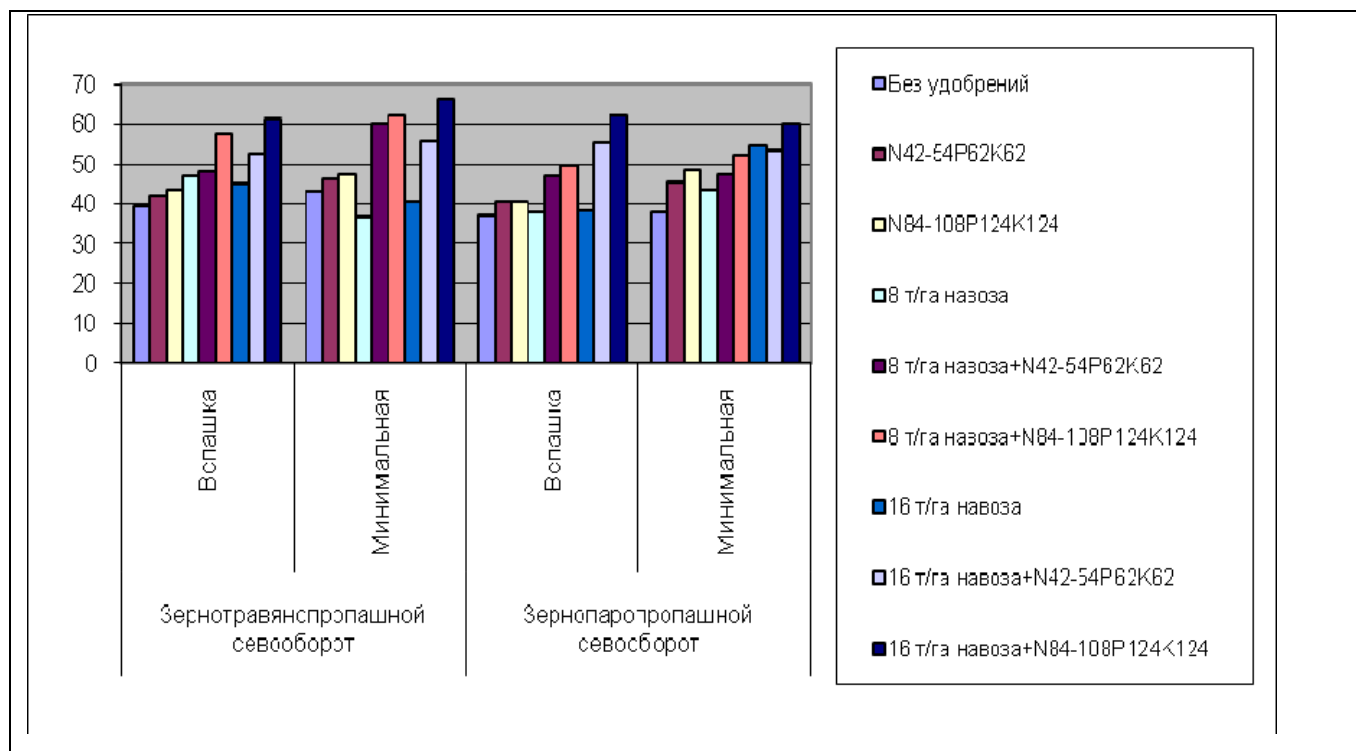


Рис.5.2.3. Влияние севооборотов, способов обработки почвы и удобрений на биологическую активность почвы под сахарной свёклой в слое 20-30 см, % (2012-2014 гг.)

При этом увеличение дозы минеральных удобрений способствовало тому, что процент разложения полотна достиг 62,4-71,2% в зависимости от вида севооборотов. Максимальное её значение было при внесении двойных доз навоза и минеральных удобрений в севообороте с многолетними травами при минимальной обработке почвы в слое 10-20 см и составляло 71,9%.

В заключении следует сказать, что максимальное положительное действие оказал зернотравянопропашной севооборот, минимальная обработка почвы и совместное внесение навоза и минеральных удобрений.

## **ГЛАВА 6. ВЛИЯНИЕ СЕВООБОРОТОВ, СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР**

Урожайность культур – это основной показатель эффективности ведения производства - фундамент, на основании которого формируется вся кредитно-денежная политика, и производитель сельскохозяйственной продукции стремится к постоянному повышению продуктивности всех культур. Урожайность сельскохозяйственных культур является главным показателем, отражающим уровень интенсификации сельскохозяйственного производства.

Наши исследования выявили влияние севооборотов на урожайность с.-х. культур и, в частности, озимой пшеницы и сахарной свёклы. Так, после чистого пара в среднем по двум обработкам урожайность зерна озимой пшеницы без применения удобрений составила 3,52 т/га, а после многолетних трав – 3,41 т/га, то есть различия между ними несущественны (табл. 6.2.).

Способ основной обработки почвы заметного влияния на варьирование урожайности не оказал, и в среднем по блокам с удобрениями можно лишь констатировать небольшое преимущество минимальной обработки. Если же анализировать влияние способа обработки почвы по каждому севообороту, то какой-либо определенной закономерности обнаружить трудно (табл. 6.1.).

Урожайность озимой пшеницы во многом зависела от количества внесенных удобрений. Причём, сравнивая влияние минеральных удобрений и навоза, следует отметить наибольшую эффективность минеральных удобрений. Так, в среднем по двум севооборотам по вспашке повышение урожайности по сравнению с вариантом без удобрений при внесении одной дозы минеральных удобрений составило 0,92 т/га и при внесении двойной дозы 1,63 т/га, а по минимальной обработке – 0,94 и 1,69. По навозу же от одной дозы прибавка урожая при проведении вспашки составила 0,61 т/га, по двойной - 0,91 т/га, по минимальной обработке – 0,61 т/га и 0,96 т/га.

Таблица 6.1 - Влияние вида севооборота, способа основной обработки почвы и удобрений на урожайность озимой пшеницы и сахарной свеклы, т/га

Удобрения		Севообороты			
навоз, т/га	минер., кг/га д.в	ЗТП*		ЗПП	
		В**	М	В	М
Озимая пшеница, 2012-2016 гг.					
0	0	3,37	3,44	3,53	3,50
	1***	4,20	4,38	4,55	4,43
	2	4,88	5,15	5,28	5,16
8	0	3,89	3,92	4,24	4,24
	1	4,53	4,75	4,96	5,07
	2	5,13	4,85	5,52	5,56
16	0	4,05	4,32	4,66	4,55
	1	4,82	4,94	5,17	5,34
	2	5,43	5,42	5,89	5,77
Среднее		4,48	4,57	4,87	4,85
Сахарная свекла, 2013-2017 гг.					
0	0	22,2	19,6	23,5	21,0
	1***	37,6	35,8	39,0	36,4
	2	49,5	47,6	50,8	48,2
8	0	28,2	25,6	29,5	26,9
	1	43,6	41,8	44,9	43,4
	2	55,4	53,6	56,7	54,2
16	0	32,8	30,2	34,1	31,5
	1	48,3	46,4	49,5	47,0
	2	60,1	58,2	61,3	58,8
Среднее		42,0	39,9	43,3	40,8
НСР <sub>05</sub> для пшеницы: севооборот – 0,40; обработка почвы – 0,21; навоз – 0,18; минеральные удобрения – 0,12					
НСР <sub>05</sub> для свеклы: севооборот – 2,19; обработка почвы – 0,63; навоз – 0,90; минеральные удобрения – 0,45					

Примечание.\*Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП – зернопаропропашной

\*\* Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная;

\*\*\* Доза: для пшеницы - N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, для свеклы - N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>

Максимальная урожайность культуры была получена при сочетании минеральных удобрений и навоза. Например, в севообороте с многолетними бобовыми травами в среднем по двум обработкам почвы прибавка урожая зерна от сочетания одинарных доз навоза и минеральных удобрений составила 1,23 т/га,

а в севообороте с чистым паром – 1,50 т/га; удвоение же доз и минеральных и органических удобрений при их наложении обеспечило прирост урожаев - соответственно на 2,01 т/га и 2,31 т/га.

Таблица 6.2 - Группировка урожайности озимой пшеницы и сахарной свеклы по способам обработки почвы и видам севооборотов в слое, т/га

Внесение удобрений на 1 га севооборотной площади		Среднее по севооборотам		Среднее по обработкам	
Навоз, т/га	НРК, дозы	В**	М	ЗТП***	ЗПП
Озимая пшеница, 2012-2016 гг.					
0	0	3,45	3,47	3,41	3,52
	1*	4,37	4,41	4,29	4,49
	2	5,08	5,16	5,02	5,22
8	0	4,06	4,08	3,90	4,24
	1	4,75	4,91	4,64	5,02
	2	5,32	5,20	4,99	5,54
16	0	4,36	4,43	4,19	4,60
	1	4,99	5,14	4,88	5,25
	2	5,66	5,59	5,42	5,83
<b>Среднее</b>		<b>4,67</b>	<b>4,71</b>	<b>4,53</b>	<b>4,86</b>
Сахарная свекла, 2013-2017 гг.					
Навоз, т/га	НРК, дозы	В**	М	ЗТП***	ЗПП
0	0	22,9	20,3	20,9	22,2
	1*	38,3	36,1	36,7	37,7
	2	50,1	47,9	48,5	49,5
8	0	28,8	26,3	26,9	28,2
	1	44,3	42,1	42,7	43,6
	2	56,1	53,9	54,5	55,5
16	0	33,4	30,8	31,5	32,8
	1	48,9	46,7	47,4	48,2
	2	60,7	58,5	59,2	60,1
<b>Среднее</b>		<b>42,6</b>	<b>40,3</b>	<b>40,9</b>	<b>42,0</b>
НСР <sub>05</sub> для пшеницы: севооборот – 0,40; обработка почвы – 0,21; навоз – 0,18; минеральные удобрения – 0,12					
НСР <sub>05</sub> для свеклы: севооборот – 2,19; обработка почвы – 0,63; навоз – 0,90; минеральные удобрения – 0,45					

Примечание.\*Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП – зернопаропропашной; \*\* Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная; \*\*\* Доза: для пшеницы - N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, для свеклы - N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>

Наиболее высокое долевое участие в формировании урожая зерна озимой пшеницы было получено под действием минеральных удобрений (73,7%), навоза (14,8%) и вида севооборота (6,4%); на обработку почвы в среднем за годы исследований приходилось всего 0,1%.

Оценивая урожайность сахарной свёклы, в первую очередь следует отметить, что на продуктивность этой технической культуры оказали значительное влияние не только минеральные удобрения и навоз, но и способ основной обработки почвы, а также вид севооборота. Например, в среднем по вспашке было получено по девяти блоковым вариантам 42,6 т/га корнеплодов, а по минимальной обработке – 40,3 т/га; а в среднем по двум обработкам – в зернотравянопропашном севообороте урожай составил 40,9 т/га, а зернопаропропашном - 42,0 т/га. И эти различия были существенны на принятых в биологии уровнях достоверности.

С увеличением дозы удобрений, в особенности минеральных, урожайность сахарной свёклы заметно возрастала. Так, в зернотравянопропашном севообороте её повышение при внесении двойной дозы только минеральных удобрений составило в среднем для двух обработок почвы 27,6 т/га, а при внесении только двойной дозы навоза – 10,6 т/га.

Максимальная же прибавка по сравнению с абсолютным контролем отмечалась также, как и в случае с озимой пшеницей, при совместном внесении двойной дозы минеральных удобрений и навоза по вспашке – 37,8 т/га, по минимальной обработке – 38,2 т/га. Долевое участие минеральных удобрений в формировании урожая сахарной свёклы составило 86,1%, а органических – 12,7%.

Таким образом, анализ урожайности основных культур севооборотов показал, что урожай озимой пшеницы и сахарной свёклы формировался, в основном, под влиянием доз удобрений, вида севооборота и зависел при возделывании сахарной свёклы от глубины обработки почвы, но не зависел от способа основной обработки почвы при выращивании озимой пшеницы.

Для выяснения характера влияния основных показателей плодородия почвы на продуктивность культур, были рассчитаны коэффициенты корреляции (табл.

6.3.). Показатели, свидетельствующие о связях продуктивности озимой пшеницы и сахарной свеклы с агрохимическими, агрофизическими и биологическими параметрами на обеих культурах однотипны по своей закономерности и схожи по абсолютным величинам.

Таблица 6.3 - Корреляционная зависимость урожайности озимой пшеницы и сахарной свёклы от показателей плодородия почвы

Показатели	Озимая пшеница	Сахарная свекла
Гумус	0,21	0,25
Азот гидролизуемый	0,81**	0,79**
Подвижный фосфор	0,92**	0,96**
Подвижный калий	0,94**	0,90**
Гидролитическая кислотность	0,52**	0,47**
Влажность почвы	0,58**	0,50**
Плотность почвы	- 0,42**	- 0,38*
Структура агрегатов	0,19	0,24
Биологическая активность	0,49**	0,57**

\*Достоверны при  $P=0,05$

\*\* Достоверны при  $P=0,01$

Неожиданно невысоким оказался коэффициент по гумусу, но это вполне логично, если учесть, что содержание гумуса не всегда увеличивалось с дозой удобрений, а этот фактор больше всего действовал на продуктивность культур, что и повлияло на данный показатель корреляции.

Максимальная корреляционная зависимость на обеих культурах отметилась с агрохимическими показателями – содержание в почве азота, фосфора и калия с положительным знаком.

А вот положительный коэффициент между урожайностью и показателем гидролитической кислотности требует пояснений. Казалось бы, этот показатель должен снижать урожай. Здесь могло сказаться два обстоятельства: буферная

способность черноземных почв и положительная связь между гидролитической кислотностью и дозами удобрений. В таблицах, приведенных выше, гидролитическая кислотность увеличивается с дозой как и содержание доступных форм азота в почве, на долю которого приходится около 80% прироста урожая, полученного в целом от суммы азота, фосфора и калия. Иными словами, имеет место влияние на ситуацию азотного режима почвы.

Достоверно положительное влияние влажности почвы, которую определяли в начале вегетации и биологической активности, а влияние почвенной структуры было несущественным. Плотность пахотного слоя почвы проявила отрицательное влияние на урожай и пшеницы, и сахарной свеклы, что и следовало доказать.

## ГЛАВА 7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И САХАРНОЙ СВЁКЛЫ

Внедрение современных адаптивных технологий позволяет значительно увеличить выход продукции, повысить её качество и экономическую эффективность возделываемых культур. Наиболее эффективные факторы, способствующие росту урожайности и улучшению качества зерна озимой пшеницы и сахарной свёклы – это, прежде всего, удобрения, а также вид севооборота и способ основной обработки почвы.

Экономическую эффективность производства озимой пшеницы и сахарной свёклы оценивают по урожайности и затратам на её получение, используя технологические карты. Суммарный экономический эффект мы рассчитывали с единицы площади при сравнении таких показателей, как: урожайность зерна и корнеплодов, стоимость продукции, производственные затраты, себестоимость одной тонны продукции, чистый доход и уровень рентабельности.

На основе технологических карт, с учётом затрат при возделывании рассматриваемых культур под влиянием изучаемых факторов, рассчитывали производственные затраты.

Умножением валовой продукции на цену реализации 1 т зерна озимой пшеницы, которая равнялась 6943 рублям, определяли стоимость продукции. Цена реализации 1 т корнеплодов сахарной свёклы составляла 1645 рублей. Себестоимость 1 т продукции определяли как отношение производственных затрат к выходу продукции с 1 га. Чистый доход вычисляли путём вычитания из стоимости продукции затраты на её производство. Уровень рентабельности определялся как отношение чистого дохода к производственным затратам на 1 га, выраженное в процентах.

На экономические критерии технологии выращивания озимой пшеницы оказали влияние все привлеченные в эксперимент факторы, но в разной степени. Уровень чистого дохода закономерно увеличивался в обоих севооборотах и на



обеих обработках почвы с повышением доз навоза и минеральных удобрений (табл. 7.1., Приложение Е, Ж).

Таблица 7.1 - Экономическая эффективность агроприёмов при возделывании озимой пшеницы (2012-2016 гг.)

Навоз, т/га	Мин. уд., ед.	Зернотравянопро- пашной севооборот		Зернопаропропашной севооборот	
		В*	М	В	М
Условно чистый доход, тыс. руб./га					
0	0	12,6	13,4	13,7	13,8
	1	15,5	17,1	17,9	17,4
	2	17,4	19,6	20,2	19,7
8	0	15,4	16,0	17,9	18,2
	1	17,1	18,9	20,0	21,1
	2	18,4	19,5	21,1	21,7
16	0	15,8	18,0	20,0	19,6
	1	18,3	19,5	20,7	22,2
	2	19,7	20,0	23,0	22,4
Среднее		16,7	18,0	19,4	19,6
Уровень рентабельности, %					
0	0	116	128	127	132
	1	114	128	131	131
	2	105	121	122	122
8	0	134	142	155	162
	1	118	134	139	150
	2	107	115	122	128
16	0	128	150	163	163
	1	121	131	137	150
	2	110	113	127	127
Среднее		117	129	136	141

\*В – вспашка, Б – безотвальная обработка, М – минимальная обработка;

\*\*N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>

Уровень чистого дохода в зернотравянопропашном севообороте заметно повышался на минимальной обработке, а в зернопаропропашном таких отличий обнаружено не было. Если сравнивать вид севооборота, то несомненное преимущество имел севооборот с чистым паром: условно чистый доход в севообороте с травами в среднем по блоку с удобрениями составил 17,4 тысяч рублей с гектара, а в севообороте с паром – 19,5.

Уровень рентабельности с увеличением дозы минеральных удобрений снижался, а при увеличении дозы навоза – повышался. Если сравнивать способы обработки почвы по этому показателю, то несомненное преимущество в обоих севооборотах имела минимальная обработка. Среди севооборотов на первом месте находился зернопаропропашной, уровень рентабельности по которому составил в среднем 139%, против 123% в зернотравянопропашном севообороте.

В опыте с сахарной свеклой условно чистый доход в отношении фактора удобренности ведет себя также, как и в случае с озимой пшеницей – абсолютная величина его возрастает с ростом доз навоза и минеральных удобрений (табл. 7.2, Приложение 3, И).

Среди способов основной обработки почвы безусловное преимущество имеет глубокая с оборотом пласта, а среди севооборотов – зернопаропропашной. В среднем по двум обработкам условно чистый доход в севообороте с многолетними травами составил 38,3 тысячи рублей с гектара, а в севообороте с чистым паром - 40,1.

В поведении показателя рентабельности здесь имеются отличия по сравнению с опытом с пшеницей. Показатель рентабельности увеличивается с ростом степени удобренности не только навозом, но и минеральными удобрениями, что связано с лучшей отзывчивостью сахарной свеклы на промышленные удобрения.

По уровню рентабельности лучшие результаты получены по глубокой обработке с оборотом пласта, что и следовало ожидать при анализе продуктивности этой культуры.

Таблица 7.2 - Экономическая эффективность агроприёмов при возделывании сахарной свеклы (2013-2017 гг.)

Навоз, т/га	Мин. уд., ед.	Зернотравянопро- пашной севооборот		Зернопаропропашной севооборот	
		В*	М	В	М
Условно чистый доход, тыс. руб./га					
0	0	14,5	10,7	16,6	13,0
	1	35,5	33,1	37,8	34,1
	2	50,8	48,3	53,0	49,2
8	0	21,3	17,6	23,4	19,7
	1	42,4	40,0	44,5	42,6
	2	57,5	55,1	59,7	56,1
16	0	25,9	22,1	28,0	24,3
	1	47,1	44,5	49,1	45,5
	2	62,3	59,7	64,2	60,7
Среднее		39,7	36,8	41,8	38,4
Уровень рентабельности, %					
0	0	65	50	75	60
	1	135	128	144	132
	2	166	161	173	164
8	0	85	72	94	80
	1	145	139	152	148
	2	171	167	178	170
16	0	92	80	100	88
	1	146	140	152	143
	2	170	165	176	168
Среднее		131	122	138	128

\*В – вспашка, Б – безотвальная обработка, М – минимальная обработка;

\*\*N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>

Так, в зернотравянопропашном севообороте по вспашке уровень рентабельности составил 131%, а по минимальной обработке 122%, в зернопаропропашном - соответственно 138% и 128%. Среди севооборотов, как и в случае с озимой пшеницей на первом месте находится зернопаропропашной – 133% против 127% в зернотравянопропашном.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Исследования, проведенные в длительном стационарном опыте показали, что питательный режим почвы во время вегетации культур, варьирование основных агрохимических, физико-химических и агрофизических свойств чернозема типичного, продуктивность озимой пшеницы и сахарной свёклы, вовлеченных в эксперимент, экономические показатели находятся под влиянием видов севооборотов, способов обработки почв и внесения удобрений, статистическая достоверность которых определяется особенностями ресурсов, их значимостью для изучаемых объектов и изменчивостью во времени и пространстве.

## **ВЫВОДЫ**

1. На основании проведённых исследований в севооборотах выявлены закономерности изменения содержания питательных веществ в почве и основных критериев потенциального и эффективного плодородия чернозема типичного. Под влиянием видов севооборотов, способов основной обработки почвы и удобрений установлены особенности изменения запасов продуктивной влаги, структурно-агрегатного состава, плотности и биологической активности почвы. В зависимости от изучаемых факторов выявлено варьирование урожайности основных культур (озимая пшеница и сахарная свёкла).

2. Исследования показали, что питательный режим почвы под озимой пшеницей в слое 0-30 см в течение вегетации изменялся под действием изучаемых в опыте факторов, также изучаемые факторы внесли свои коррективы в количественную характеристику потенциального почвенного плодородия.

2.1. Содержание гидролизуемого азота в пахотном слое под озимой пшеницей не зависело от способа основной обработки почвы, а среди севооборотов преобладал зернотравянопропашной. Содержание его в слое 0-50 см было наибольшим в севообороте с бобовыми травами. Минеральные и

органические удобрения достоверно увеличивали содержание гидролизуемого азота.

Без внесения удобрений в среднем по двум севооборотам отмечено его снижение во времени за 25 лет наблюдений в слое 0-50 см, при внесении 8 т/га навоза по вспашке выявлено увеличения содержания, а по минимальной обработке почвы – снижение. При удвоении дозы навоза повышение обеспеченности азотом проявилось на обоих способах обработки почвы. В этом же контексте в зернопаропропашном севообороте на абсолютном контроле содержание азота уменьшилось, а в севообороте с травами осталось на прежнем уровне.

2.2. Содержание подвижного фосфора в опыте с озимой пшеницей было несущественно большим при проведении минимальной обработки, а среди севооборотов предпочтительнее по этому показателю был зернопаропропашной.

Анализ изменения фосфора за длительный период времени свидетельствует об увеличении его содержания в слое 0-50 см на всех способах обработки, но больше всего на вспашке, а среди севооборотов положительное действие оказал зернопаропропашной.

2.3. Динамика калия в пахотном слое проявилась в улучшении обеспеченности этим макроэлементом по вспашке, а среди севооборотов преимущество, как и при обеспеченности фосфором, оставалось за зернопаропропашным.

В зернотравянопропашном севообороте на абсолютном контроле в слое почвы 0-50 см содержание калия снизилось в пятой ротации по сравнению с исходным его содержанием – на вспашке в меньшей степени, на минимальной обработке – в большей. Лишь внесение органических и минеральных удобрений дает положительный результат. В севообороте с чистым паром происходит накопление этого элемента и без внесения удобрений.

3. Содержание в почве гумуса изменялось под влиянием всех изучаемых агроприёмов, но в различной степени. Севооборот с многолетними бобовыми травами способствовал накоплению гумуса в почве и без внесения удобрений.

Совместное внесение органических и минеральных удобрений в зернотравянопропашном севообороте способствовало заметному увеличению содержания гумуса.

В зернопаропропашном севообороте без применения навоза содержание гумуса снижалось по сравнению с исходным на всех комбинациях опыта. Навоз в дозе 8 т/га позволил сохранить гумус на исходном уровне. На фоне 16 т/га навоза содержание органического вещества существенно возросло и без внесения промышленных удобрений. Минимальная обработка почвы сохраняла большее содержание гумуса по сравнению с отвальной вспашкой.

4. На глубине 0-50 см в пятой ротации различия по гидролитической кислотности между обработками почвы статистически не состоятельны, а между севооборотами – зернопаропропашной способствовал увеличению этого показателя в почве. Гидролитическая кислотность снижалась от навоза и увеличивалась от минеральных удобрений и тем сильнее, чем выше доза туков.

Внесение навоза в дозе 8 и 16 тонн на гектар севооборотной площади позволило снизить гидролитическую кислотность как на вспашке, так и на минимальной обработке почвы по сравнению с исходным уровнем. В севообороте с чистым паром кислотность почвы выросла независимо от способа основной обработки почвы и уровня внесения минеральных и органических удобрений.

5. Севообороты, способы обработки почв и внесение удобрений оказывали влияние на агрофизические и биологические свойства чернозема типичного с разной интенсивностью и степенью верификации.

5.1. Запасы продуктивной влаги зависели при прочих равных условиях от величины внесения минеральных удобрений. Применение двойной дозы минеральных удобрений увеличивало её содержание. В зернопаропропашном севообороте запасы влаги были больше, чем в зернотравянопропашном. Различия между способами основной обработки почвы и дозами последействия навоза по этому параметру оказались несущественными.

5.2. Влияние способа основной обработки почвы на плотность в среднем по двум севооборотам проявилась следующим образом. Глубокая отвальная

вспашка уменьшила показатель плотности на всех уровнях применения органических и минеральных удобрений в слое 0-30 см. И это различие достоверно на 5%-ном уровне значимости. Что касается севооборотов, то здесь более предпочтителен севооборот с чистым паром.

Зависимость плотности от органических удобрений обратная – чем выше доза навоза, тем меньше плотность. Влияние минеральных удобрений на плотность почвы неоднозначное – на безнавозном фоне в среднем по двум севооборотам она увеличивается, а на навозных фонах уменьшается.

5.3. Сумма агрономически ценных агрегатов за годы исследований составляла более 60%. Минимальная обработка по сравнению со вспашкой способствовала улучшению структурно-агрегатного состава почвы. Внесение только навоза также способствовало увеличению содержания наиболее ценных почвенных агрегатов размером 0,25-10 мм, что наиболее заметно в слое 0-30 см.

5.4. Биологическая активность почвы зависела от вида севооборота. В зернотравянопропашном разложение льняного полотна было более интенсивным, чем в зернопаропропашном. В слое почвы 0-10 см при минимальной обработке почвы биологическая активность оказалась выше, чем при глубокой обработке. Однако с глубиной за счёт минимизации обработки почвы деятельность микроорганизмов снижалась. Внесение минеральных и органических удобрений обуславливало увеличение интенсивности разложения льняного полотна, причём максимальный эффект от удобрений достигался в зернотравянопропашном севообороте при минимальной обработке почвы.

6. Продуктивность озимой пшеницы не зависела от способа основной обработки почвы и вида севооборота, так как различия по урожаю, полученные по этим факторам, не выходят за пределы наименьшей существенной разности. Продуктивность сахарной свеклы была максимальной при вспашке и в севообороте с чистым паром. Урожайность обеих культур увеличивалась с ростом доз минеральных и органических удобрений.

7. При возделывании озимой пшеницы наибольший условно чистый доход получен в обоих севооборотах при минимальной обработке почвы, а среди

севооборотов по этим показателям на первом месте был зернопаропропашной. В опыте с сахарной свеклой наибольшие экономические показатели были получены по вспашке и в севообороте с чистым паром. Максимальный условно чистый доход получен при выращивании обеих культур при наибольшем уровне удобренности как на озимой пшенице, так и на сахарной свекле.

Уровень рентабельности на озимой пшенице увеличивался с ростом доз навоза и снижался при увеличении доз минеральных удобрений. Уровень рентабельности сахарной свеклы имел тенденцию к росту с повышением, как доз органических удобрений, так и минеральных.

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Для поддержания оптимальных почвенных показателей для роста и развития культур необходимо вносить в севооборотах без многолетних бобовых трав не менее 8 тонн на 1 га севооборотной площади подстилочного навоза или эквивалентное количество по сухому веществу других видов органических удобрений.

2. Для улучшения питательного режима почвы, повышения её плодородия и роста продуктивности сельскохозяйственных культур необходимо внесение минеральных удобрений в севообороте с многолетними бобовыми травами на 1 га с.п.  $N_{42}P_{62}K_{62}$ , а в зернопаропропашном -  $N_{54}P_{62}K_{62}$  по фону навоза (16 т/га с.п.).

3. Для получения максимальных экономических показателей необходимо применять обработку почвы, учитывающую биологические особенности возделываемых культур (под озимую пшеницу следует практиковать ресурсосберегающую минимальную обработку, а под сахарную свеклу – глубокую с оборотом пласта).

4. С целью получения максимального урожая озимой пшеницы и сахарной свеклы с высокими экономическими показателями необходимо вносить под озимую пшеницу в зернотравянопропашных севооборотах минеральные удобрения в дозах  $N_{90}P_{60}K_{60}$ , а под сахарную свеклу –  $N_{180}P_{180}K_{180}$ ; в



зернопаропропашных - совместное применение этих доз минеральных удобрений с дозой навоза 8 т на 1 га севооборотной площади.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

В дальнейшем планируется продолжение изучения данной темы: влияния севооборотов, способов обработки почвы, уровня удобренности и средств защиты растений на различные сорта и гибриды основных культур; а также формирование математических моделей по регулированию плодородия почв на получение планируемого урожая и качество сельскохозяйственных культур, в зависимости от складывающихся погодных условий.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Авраменко, П.М. Агрохимическое состояние почв Белгородской области / П.М. Авраменко, М.А. Ероховец, С.В. Лукин // Белгородский агромир. - 2002. - №3. – С. 36-38
2. Агроклиматические ресурсы Белгородской области. – Л., 1972. – 91 с.
3. Агрохимия / Под ред. Б.А. Ягодина. - М.: Колос, 1982. – 547 с.
4. Азаров, Б.Ф. Система воспроизводства плодородия пахотных почв в ландшафтном земледелии / Азаров Б.Ф., Акулов П.Г., Солов И.И. // Матер. Всеросс. науч.-практ. конф. – Белгород. – 2001. – С. 19-20.
5. Азаров, В.Б. Агроэкологический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения юго-западной части ЦЧЗ: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / Азаров Владимир Борисович. – Белгород, 2004. – 43 с.
6. Азаров, В.Б. Влияние типов севооборотов, способов основной обработки почв и уровней удобренности на содержание минерального азота в типичном севообороте / В.Б. Азаров, П.Г. Акулов, В.Д. Соловиченко, Б.Ф. Азаров // Агрохимия. - 2003. - №3. – С. 5-17
7. Акулов, П.Г. Изменение плодородия черноземов в условиях интенсивных технологий возделывания с.-х. культур в специализированных севооборотах / П.Г. Акулов, В.Б. Азаров // Пути интенсификации сельскохозяйственного производства. – Белгород. - 1995. - С. 113-116.
8. Акулов, П.Г. Основные свойства чернозёмов Центрально-Чернозёмной России / П.Г.Акулов, Б.Ф. Азаров, В.Д. Соловиченко // В кН.: Плодородие чернозёмов России. – М.: 1998. – С. 340-363
9. Александрова, Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. – Л., 1980. - 288 с.
- 10.Алексеева, Е.Н. Влияние длительного применения удобрений на почвенное плодородие и урожай культур на средневыщелоченном чернозёме в зоне неустойчивого увлажнения / Е.Н. Алексеева // Влияние длительного применения

- удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. – М.: Колос, 1978. – С. 99-117.
- 11.Аликина, А.Н. Влияние приёмов основной обработки на плодородие почв в Пермском крае / А.Н. Аликина XX Международная научная конференция «Ломоносов-2013» - М.: Макс Пресс, 2013 – С. 163-164.
  - 12.Алметов, С.Н. Система воспроизводства плодородия почв в ландшафтном земледелии: Материалы научно-практической конференции / С.Н. Алметов // Белгород. - 2001. - С. 113.
  - 13.Асыка, Н.Р. Пути совершенствования системы основной обработки почвы в Белгородской области / Н.Р. Асыка, С.И. Смуров. – Белгород, 1993. – 13 с.
  - 14.Афонченко, Н.В. Плотность сложения и структура почвы на залежных землях / Н.В. Афонченко, Г.П. Глазунов, Н.А. Сосов, М.Н. Бойченко, В.В. Двойных // сборник докладов Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия - Курск, 2014. - С.15-18
  - 15.Ахтырцев, Б.П. Изменение запаса гумуса в лесостепных и степных почвах под влиянием сельскохозяйственного использования и водной эрозии / Б.П. Ахтырцев, В.Д. Соловиченко // Почвоведение. – 1984. - №3. – С. 15-18
  - 16.Баранов, А.И. Динамика содержания гумуса и основных элементов минерального питания в солонцах юга России при улучшении естественных кормовых угодий / А.И. Баранов, В.П. Данилевский // Агрохимия. - 2009. - №9. - С. 3-9
  - 17.Бекаревич, Н.Е. Структура почвы и условия жизни растений / Н.Е. Бекаревич, Д.И. Буров, С.И. Долгов, И.Б. Ревут, А.И. Шевлягин // Материалы международного научно-методического совещания научных учреждений социалистических стран «изменение почв при окультуривании, их классификация и диагностика». - Москва. - 1964. - С. 293-304.
  - 18.Беленков, А.И. Севообороты и основная обработка почвы в Нижнем Поволжье / А.И. Беленков // Земледелие. - 2002. - №3. - С. 7-8.
  - 19.Бижоев, Б.М. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы, баланс питательных веществ и продуктивность севооборотов в степной зоне Кабардино-Балкарской АССР / Б.М. Бижоев // Агрохимия. - 1988. - №3. - С. 37-44

20. Богомазов, Н.П. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от погодных условий и удобрений на выщелоченных чернозёмах / Н.П. Богомазов, Н.Н. Нетребенко, Е.А. Пендюрин // Стабилизация развития АПК Центрального Чернозёмья на основе рационального использования природно-ресурсного потенциала. Тезисы докладов научно-практической конференции, посвящённой 150-летию со дня рождения В.В. Докучаева. Воронеж. - 1996. – С. 158-159
21. Бойко, П.И. Нужны длительные многофакторные опыты / П.И. Бойко, М.С. Гаврилюк, И.С. Шаповал // Земледелие. - 1987. - №3. - С. 11-14
22. Бондарева, К.Г. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические свойства тёмно-серых почв и продуктивность различных типов севооборотов / К.Г. Бондарева, И.Т. Холявина // Почвозащитные обработки и рациональное применение удобрений. – Каменная Степь. - 1989. – С. 105-110.
23. Бондаренко, М.В. Комплексное влияние севооборотов, удобрений и приемов обработки на показатели плодородия чернозема типичного и урожайность основных сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. / Бондаренко М.В. - Белгород, БелГСХА, 2005. - 22 с.
24. Борин, А.А. Технология обработки почвы в севообороте / А.А. Борин, А.М. Блинов, Е.М. Ветчинина // Земледелие. - 1994. - № 2. - С. 16-17.
25. Борин, А.А. Какая обработка почвы лучше? / А.А. Борин, И.Г. Мельцаев // Земледелие. - 1995. - № 4. - С. 32.
26. Боронтов, О.К. Влияние обработки почвы и предшествующей культуры на структуру чернозёма выщелоченного / О.К. Боронтов, И.М. Никульников // Почвоведение. - 1998. - №6. – С. 674-679.
27. Боронтов, О.К. Система воспроизводства плодородия почв в ландшафтном земледелии: Материалы научно-практической конференции / О.К. Боронтов, И.М. Никульников, В.И. Кураков – Белгород. - 2001. - С. 36-37.
28. Бровкин, В.И. Обработка почвы в первой ротации зернопропашного севооборота / В.И. Бровкин, А.Ю. Акимов // Земледелие. - 2002. - №3. – С. 14-15
29. Бушнев, А.С. Изменение структуры чернозёма выщелоченного при различных системах основной обработки почвы в севообороте с масличными культурами /

- А.С. Бушнев // Материалы Всероссийской научно-практической конференции Белгородского научно-исследовательского института сельского хозяйства «Биологизация земель в адаптивно-ландшафтной системе земледелия» - изд-во: Отчий край, - Белгород. - 2015 – С. 28-33
- 30.Ваксман, С.А. Гумус: происхождение, химический состав и значение его в природе / С.А. Ваксман. — М., 1937. - 231 с.
- 31.Векленко, В.И. Пути повышения устойчивости воспроизводства в зерновой отрасли / В.И. Векленко, Р.В. Солошенко, К.С. Соклаков, Е.Н. Ноздрачёва // Достижения науки и техники АПК. - 2006. - №6. - С. 25-26
- 32.Вислобокова, Л.Н. Биологические приёмы сохранения и воспроизводства почвенного плодородия в адаптивно-ландшафтной системе земледелия Тамбовской области / Л.Н. Вислобокова, Ю.П. Скорочкин, В.А. Воронцов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции Белгородского научно-исследовательского института сельского хозяйства «Биологизация земель в адаптивно-ландшафтной системе земледелия» - изд-во: Отчий край, - Белгород. - 2015 – С. 34-44
- 33.Витер, А.Ф. Системы обработки почвы в Центрально-Черноземной зоне / А.Ф. Витер, Н.Я. Кутовая // Земледелие. - 1986. - №1. - С. 23-25.
- 34.Витер, А.Ф. Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения: Материалы VII международной научно-производственной конференции, 25-28 марта 2003 г / А.Ф. Витер, Т.Н. Михина, А.П. Качанин – Белгород. - 2003. - С. 24.
- 35.Воблов, А.П. Влияние основной обработки почвы на развитие корневых и гнилей корнеплодов / А.П. Воблов, Т.А. Воблова, О.А. Воблова // Сахарная свёкла. – 2010. – № 5. – С. 23-27.
- 36.Воронин, А.Д. Основы физики почв / А.Д. Воронин. – М.: Изд-во Моск. ун-та. - 1986. – 244 с.
- 37.Воронин, А.Н. Плодородие чернозёмов и продуктивность сахарной свёклы в результате антропогенеза / А.Н. Воронин, В.Д. Соловиченко, В.И. Самыкин, А.А. Потрясаев // Плодородие. – 2010. – № 1. – С. 34-35.

- 38.Воронин, А.Н. Ресурсосберегающие приёмы использования органических удобрений и возобновляемых биоресурсов в агротехнологиях возделывания кукурузы на зерно в Белгородской области / А.Н. Воронин, В.Д.Соловиченко, Е.В.Навольева // Белгород, Отчий край. - 2014 - 30 с.
- 39.Воспроизводство плодородия почв в почвозащитном земледелии. / Научная монография: Национальный агр. Ун-т Украины. Под ред. Н.К. Шикулы. – Киев. П.Ф. «Оранта», 1998. – 680 с.
- 40.Вражнов, А.В. Система воспроизводства плодородия почв в ландшафтном земледелии: Материалы научно-практической конференции / А.В. Вражнов, А.А. Агеев. — Белгород. - 2001. - С. 53-56.
- 41.Габбибов, М.А. Научные основы повышения продуктивности зернопропашного севооборота при разном уровне насыщения органическими и минеральными удобрениями в Южной части Центрального района Нечерноземной зоны: автореф. дис. ... док. с.-х. наук. / М.А. Габбибов: М., 2001. - 35 с.
- 42.Гамзиков, Г.П. Изменение содержания гумуса в почвах в результате сельскохозяйственного использования: Обзорная информ / Г.П. Гамзиков, М.Н. Кулагина / ВНИИТЭИагропром. М., 1992. - 48 с.
- 43.Гармашов, В.М. Система воспроизводства плодородия почв в ландшафтном земледелии: Материалы научно-практической конференции / В.М. Гармашов. — Белгород. - 2001. - С. 60-61
- 44.Гринченко, А.М. Экологические основы окультуривания почв / А.М. Гринченко, В.Д. Муха, Т.А. Гринченко и др. // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1983. - №10. – С. 83-85.
- 45.Гришин, Г.Е. Агробиологические основы систем удобрения и известкования выщелоченных черноземов лесостепи среднего Поволжья: автореф. дис. ... док. с.-х. наук. / Г.Е. Гришин. - М., 2001 – 48 с.
- 46.Данков, В.А. Научно обоснованная система земледелия Белгородской области / В.А. Данков, В.В. Булыгин, В.Г. Ржевский, А.М. Плохотин, П.Г. Акулов, И.И. Шелганов, А.С. Дружинин. - Белгород, 1990, - 241 с.

47. Дедов, А.В. Плодородие чернозёма типичного и урожайность озимой пшеницы в звене севооборота с приёмами биологизации / А.В. Дедов, Д.А. Болучевский // XVIII Международная научно-производственная конференция «Проблемы и перспективы инновационного развития агроинженерии, энергоэффективности и IT-технологий». – Белгород. – 2014. – С. 7
48. Дзанагов, С.Х. Баланс гумуса и питательных веществ в полевых севооборотах основных зон Центрального Предкавказья: Основные проблемы географии Центрального Кавказа / С.Х. Дзанагов – Орджоникидзе, 1989. – С. 30-40
49. Долгополова, Н.В. Влияние предшественников на урожайность и качество зерна посевов озимой пшеницы / Н.В. Долгополова // Вестник КГСХА. - 2015. - №5. – С. 49-52
50. Доманов, М.Н. Система воспроизводства плодородия почв в ландшафтном земледелии / М.Н. Доманов // Материалы научно-практической конференции. – Белгород. - 2001. - С. 70-72.
51. Доманов, Н.М. Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения / Н.М. Доманов, П.И. Солнцев, М.Н. Доманов // Материалы VII международной научно-производственной конференции, 25-28 марта 2003 г. – Белгород. - 2003. - С. 63.
52. Духанин, М.А. Система воспроизводства плодородия почв в ландшафтном земледелии / М.А. Духанин, Л.П. Харкевич, М.А. Барадын // Материалы научно-практической конференции. — Белгород. - 2001. - С. 76-79.
53. Дьяконова, К.В. Органическое вещество и плодородие почв / К.В. Дьяконова // Органическое вещество почв и методы его исследования, Л. - 1990. – С. 4-11.
54. Елфимов, М.Н. Изменение структурного состояния чернозёма выщелоченного в зависимости от удобрений, обработки почвы и культур паропропашного севооборота ЦЧР / М.Н. Елфимов, О.А. Минакова, П.А. Косякин, Е.Н. Манаенкова, Л.В. Александрова, О.К. Боронтов // Биологизация земель в адаптивно-ландшафтной системе земледелия Материалы Всероссийской научно-практической конференции БелНИИСХ – 2015. - Отчий край, Белгород. – С. 307-312.

- 55.Зезюков, Н.И. Содержание лабильного органического вещества в пахотных чернозёмах Центрально-Чернозёмной зоны / Н.И. Зезюков, А.В. Дедов // Почвоведение. – 2001. – № 10. – С. 54-57.
- 56.Зеленская, Г.М. Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения / Г.М. Зеленская, А.С. Веренич // Тезисы докладов IV международной научно-производственной конференции, 23-26 мая 2000 г. – Белгород. - 2000. - С. 71-72.
- 57.Зинченко, С.И. Антропогенное влияние обработки на структурно-функциональные свойства серой лесной почвы / С.И. Зинченко, В.С. Зинченко // сборник докладов Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. – Курск. – 2014. - С. 53-54
- 58.Исаев, А.П. Система воспроизводства плодородия почв в ландшафтном земледелии / А.П. Исаев, А.М. Платонов, Т.Г. Кухтина // Материалы научно-практической конференции. – Белгород. - 2001. - С. 95-96.
- 59.Ишханова, Г.В. Влияние азотного удобрения и мелиорантов на процесс гумификации растительного материала / Г.В. Ишханова // Тез. докл. Всес. сов. Проблемы азота в интенсивном земледелии. – Новосибирск. - 23-28 июля 1990. – С. 103-104.
- 60.Канцалиев, В.Т. Списывать плуг ещё рано! / В.Т. Канцалиев// Земледелие. - 1996. - №4. - С. 23-24.
- 61.Карабутов, А.П. Изменение свойств чернозёма типичного при длительном применении способов обработки и удобрений в Центрально-Чернозёмном регионе: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. / Карабутов Александр Петрович. - Курск, 2012. – 19 с.
- 62.Картамышев, Н.И. Вновь о дифференциации корнеобитаемого слоя почвы /Н.И. Картамышев, М.Н. Герасимов // Земледелие. - 1989. - № 5. - С. 33-35.
- 63.Картамышев, Н.И. Научные основы обработки почвы. – Курск: Изд-во КГСХА. - 1996. – 146 с.
- 64.Кауричев, И.С. Почвоведение / И.С. Кауричев, Н.П. Панов, Н.Н. Розов и др. – М.: Агропромиздат. - 1989. – 719 с.



65. Каштанов, А.Н. Значение и управление агрофизическими показателями почв в современном земледелии / А.Н. Каштанов, А.Г.Бондарев // Современная агрофизика – высоким агротехнологиям. Материалы Международной конференции. - Санкт-Петербург. - 2007. – С. 112-114.
66. Квасов, В.А. Влияние удобрений на плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур / В.А. Квасов, Л.П. Непобедимая // Стабилизация развития АПК Центрального Чернозёмья на основе рационального использования природно-ресурсного потенциала. Тезисы докладов научно-практической конференции, посвящённой 150-летию со дня рождения В.В. Докучаева. – Воронеж. - 1996. – С. 43-46
67. Кильдюшкин, В.М. Влияние способов основной обработки почвы, удобрений и мелиоранта на показатели плодородия и урожайность озимой пшеницы / В.М. Кильдюшкин, А.Г.Солдатенко, В.А. Кулик, Е.Г. Животовская, Т.С. Китайгора // Биологизация земель в адаптивно-ландшафтной системе земледелия Материалы Всероссийской научно-практической конференции БелНИИСХ – Отчий край, Белгород. – 2015. – С. 108-113
68. Кирюшин, В.И. Мальцев и развитие теории обработки почвы / В.И. Кирюшин // Земледелие. – 2005. – № 5. – С. 6-8.
69. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин. – М.: Колос. - 2010. – 366 с.
70. Кожушко, Н.И. Динамика и плотность в зависимости от основной обработки / Н.И. Кожушко // Вопросы теории и практики защиты почв от эрозии и охраны окружающей среды: Тезисы докладов. – М. - 1982. – С. 88
71. Козлов, Е.Н. Влияние различных видов севооборотов на плодородие обыкновенного чернозёма: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Е.Н. Козлов. - БГСХА, 1994. - 22 с.
72. Коломиец, Н.В. Минимализация обработки почвы в севообороте / Н.В. Коломиец // Земледелие. - 1993. - № 2. - С. 13-14.

73. Кореньков, Д.А. Пути повышения эффективности азотных удобрений / Д.А. Кореньков // В кн. Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. – М.: Наука. – 1985. – С. 51-57.
74. Корнева, Н.Г. Условия повышения плодородия орошаемых почв Киргизии при получении высоких и максимальных урожаев / Н.Г. Корнева, Г.Д. Чернова, Н.Н. Пирогова и др. // Применение удобрений и расширенное воспроизводство плодородия почв. – М. - 1989. – С. 70-73.
75. Корнилов, И.М. Основная обработка в севообороте на юго-востоке ЦЧЗ / И.М. Корнилов, Б.А. Рыбалкина // Система воспроизводства плодородия почв в ландшафтном земледелии. – Матер. Всеросс. науч.- практ. конф. – Белгород. - 2001. – С. 105-106.
76. Королёв, В.А. Физические свойства антропогенно-преобразованных чернозёмов центра Русской равнины. / В.А. Королёв // В кн.: Чернозёмы Центральной России: генезис, география, эволюция. - Материалы конф. Посвящённой 100-летию Адерихина П.Г. – Воронеж. - 2004. – С. 59-78.
77. Костюкевич, Л.И. Влияние известкования и удобрений на содержание и состав гумуса дерново-подзолистой почвы / Л.И. Костюкевич, Н.Н. Алексёйчик // Почвоведение. – 1990. – № 2. – С. 37-41.
78. Косякин, П.А. Влияние обработки чернозёма выщелоченного на его агрофизические и агрохимические свойства / П.А. Косякин, О.А. Минакова, О.К. Боронтов, Е.Н. Манаенкова, С.Ю. Плотников // сборник докладов -Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия – Курск. - 2014. - С. 93-95
79. Котлярова, О.Г. Ландшафтная система земледелия Центрально-Черноземной зон / О.Г. Котлярова. – Белгород. Белгородская ГСХА. - 1995. - 292 с.
80. Котоврасов, И.П. Минимализация обработки почвы в севообороте / И.П. Котоврасов // Ресурсосберегающие технологии обработки почв: Сб. науч. тр. – ВНИИЗиЗПЭ, Курск. - 1989. - С. 28-37.
81. Кошкин, П.Д. Обработка почвы и продуктивности пашни / П.Д. Кошкин // Земледелие. - 1990. - № 8. - С. 40-41.
82. Кудашов, Ю.И. Влияние различных сидеральных культур на плодородие почвы и

продуктивность звена севооборота в юго-восточной части центрально-чернозёмной зоны: дис. ... канд. с.-х. наук / Ю.И. Кудашов. - Каменная Степь, 1996. - 137 с.

83. Кузнецов, А.В. Влияние степени агрогенного воздействия на агроэкологическое состояние чернозёма типичного ЦЧР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.В. Кузнецов. – Курск, 2012. – 24 с.
84. Кузнецова, И.В. О некоторых критериях оценки физических свойств почв / И.В. Кузнецова // Почвоведение. - 1979. - №3. - С. 81-88
85. Лапа, В.В. Продуктивность зернотравянопропашного севооборота и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы при применении различных систем удобрения / В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, А.А. Бавтрук // Агрохимия. - № 6. - 2009. - С. 22-31
86. Леонтьева, Е.В. Влияние вида угодий, агрогенных факторов и местоположения в рельефе на состав и устойчивость органического вещества чернозёмов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Е.В. Леонтьева. - Курск, 2007. - 24 с.
87. Лукин, С.В. Экологические проблемы и пути их решения в земледелии Белгородской области / С.В. Лукин. - Белгород: «Крестьянское дело», 2004. - 162 с.
88. Лукин, С.В. Основные результаты локального агроэкологического мониторинга пахотных почв / С.В. Лукин, Н.И. Корнейко // Белгородский агромир. – 2009. - № 2. – С. 48-50.
89. Лыков, А.М. Гумус и плодородие почв / А.М. Лыков. - М., 1995. – 190 с.
90. Лютая, Ю.А. Изменение гумуса выщелоченных чернозёмов под влиянием способов основной обработки и удобрений / Ю.А. Лютая // Тез. докл. 8 съезда почв. – Новосибирск. - 14-18 авг. 1989. – С. 52-54.
91. Макарова, А.И. Изменение гумусового и агрегатного состава дерново-подзолистых почв под влиянием систем удобрений / А.И. Макарова, Г.А. Романов, А.О. Рыбаков // Агрохимический вестник. - 2012. - № 1. - С. 30-31
92. Мамонтов, В.Т. Изменение содержания гумуса и его качественного состава под влиянием сельскохозяйственного использования мощного чернозёма Западной Степи УССР / В.Т. Мамонтов // Агрохимия. – 1975. – № 2. – С. 71-75.

- 93.Марин, В.И. Способы и глубина основной обработки почвы в звене севооборота с соей / В.И. Марин, Л.И. Токарева, О.В. Панфилова // Науч.-тех. бюллетень ВНИИМК. - 1991. - Вып. 3 (114). – С. 42-46
- 94.Масютенко, Н.П. Энергетический потенциал органического вещества чернозёмов лесостепной ЦЧЗ / Н.П. Масютенко // Сборник докладов Международной научно-практической конференции: Модели и технологии оптимизации земледелия. – Курск. - 2003. – С. 157-161
- 95.Масютенко, Н.П. Трансформация органического вещества в чернозёмных почвах ЦЧР и системы его воспроизводства / Н.П. Масютенко. - Москва, 2012. - 150 с.
- 96.Масютенко, М.Н. Влияние севооборотов, систем обработки почвы и экспозиции склона на агрофизические и биологические свойства чернозёма типичного и урожайность сельскохозяйственных культур: дис. ... канд. с.-х. наук / М.Н. Масютенко. - Курск, 2014. - 166 с.
- 97.Масютенко, М.Н. Особенности структурно-агрегатного состояния чернозёма типичного в зависимости от систем обработки почвы, вида севооборотов и экспозиции склона / М.Н. Масютенко // сборник докладов Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. – Курск. - 2014. - С. 101-106
- 98.Медведев, В.В. Оптимизация агрофизических свойств чернозёмов / В.В. Медведев. - М., 1988. - 158 с.
- 99.Медведев, С.Т. Урожайность сахарной свёклы в зависимости от способов обработки почвы и применения удобрений / С.Т. Медведев // Стабилизация развития АПК Центрального Чернозёмья на основе рационального использования природно-ресурсного потенциала. Тезисы докладов научно-практической конференции, посвящённой 150-летию со дня рождения В.В. Докучаева. – Воронеж. - 1996. – С. 59-61
100. Минакова, О.А. Плодородие чернозёма выщелоченного при длительном применении удобрений под сахарную свёклу в ЦЧР / О.А. Минакова // сборник докладов Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. – Курск. - 2014. - С. 72-76
101. Минеев, В.Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В.Г.Минеев, Е.Х.

- Ремпе. - М.: Росагропромиздат, 1990. - 206 с.
102. Мишустин, Е.Н. Азотный баланс в почвах СССР / Е.Н. Мишустин // В кн. Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. – М.: Наука. – 1985. – С. 3-11.
  103. Мишустин, Е.Н. Микробиология / Е.Н. Мишустин, В.Т. Емцев. - М.: Агропромиздат, 1987. – 368 с.
  104. Моргун, Ф.Т. Почвозащитное земледелие / Ф.Т. Моргун, Н.К. Шикула, А.Т. Тарарико. – Киев, 1983. – 100 с.
  105. Музычкин, Е.Т. Плодородие мощных чернозёмов и создание уравновешенного баланса питательных элементов / Е.Т. Музычкин // Научные основы рационального использования и повышения плодородия почв. - Ростов-на-Дону. - 1978. - С. 58-61
  106. Муха, В.Д. Агропочвоведение / В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха. – М.: КолосС, 2003. – 2003. – 528 с.
  107. Навальнев, В.В. Агротехнология возделывания сахарной свёклы в Центральном Черноземье / В.В. Навальнев, Н.М. Доманов, Н.К. Шаповалов // Бюллетень научных работ. – Белгород. - Выпуск 5. - 2006. – С. 21-25
  108. Навольнева, Е.В. Гумусное состояние чернозёма типичного / Е.В. Навольнева // XX Международная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных Ломоносов-2013. – Москва. - 2013. - С. 180-181
  109. Навольнева, Е.В. Роль удобрений, обработки почвы и вида севооборота в формировании агрофизических свойств чернозёма типичного / Е.В. Навольнева, В.Д. Соловиченко, А.Г. Ступаков, М.А. Куликова, С.А. Дмитриенко // сборник докладов Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. – Курск. - 2014. - С. 81-84
  110. Навольнева, Е.В. Структурно-агрегатный состав и плотность почвы – одни из основных признаков плодородия почв / Е.В. Навольнева, А.Г. Ступаков // Биологизация земель в адаптивно-ландшафтной системе земледелия Материалы Всероссийской научно-практической конференции БелНИИСХ – Белгород: Отчий край. – 2015. – С. 164-168

111. Несмеянова, М.А. Приёмы биологизированной технологии возделывания подсолнечника и плодородие почвы / М.А. Несмеянова, А.В. Дедов // Материалы конференции Проблемы и перспективы инновационного развития агроинженерии энергоэффективности и IT-технологий. – Белгород. – 2014. – с.19
112. Никитин, В.В. Пути увеличения производства сахара в Белгородской области / В.В. Никитин. – Белгород, 1989. – 14 с.
113. Никитин, В.В. Значение отдельных агротехнических факторов в биологизации земледелия / В.В. Никитин, А.Н. Воронин, В.В. Навальнев и др. // Агрохимия. – 2013. – № 8. – С. 53-59.
114. Никитин, В.В. Влияние различных агротехнических приёмов на урожайность сахарной свёклы в севооборотах Белгородской области / В.В. Никитин, В.Д. Соловиченко, В.В. Навальнев и др. // Земледелие. – 2013. – №4. – С. 26-28.
115. Никитин, В.В. Оценка факторов продуктивности севооборота / В.В. Никитин, В.Д. Соловиченко, А.П. Карабутов, В.В. Навальнев // Земледелие. – 2013. – № 1. – С. 12-14.
116. Никитина, О.Г. Повышение устойчивости и эффективности воспроизводства в зерновой отрасли / О.Г. Никитина, И.Л. Музалёва, Е.В. Векленко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2009. - №5. - С. 9-13
117. Никифорова, Л.И. Безотвальная обработка и гумусное состояние эродированного чернозёма / Л.И. Никифорова // Земледелие. - 1989. - № 3. - С. 27-29.
118. Никольский, Н.Н. Почвоведение / Н.Н. Никольский. – Москва, изд.: Учпедгиз, 1963. – 304 с.
119. Новичихин, А.М. Основные пути сохранения и расширенного воспроизводства плодородия чернозёмов / А.М. Новичихин // Почвозащитная обработка и рациональное применение удобрений. Науч. тр. - Каменная Степь. - 1989. - С. 17-19.

120. Павловский, В.Б. Результаты изучения элементов энергосберегающих технологий возделывания культур зерносвекловичного севооборота / В.Б. Павловский, И.Д. Василенко, Е.И. Пчеленко, В.Ф. Ващук // Ресурсосберегающие технологии обработки почв. Сб. Науч. тр. ВНИИЗиЗПЭ. – Курск. - 1989. - С. 147-154.
121. Перфильев, Н.В. Основная обработка и гумусное состояние тёмно-серых лесных почв Северного Зауралья / Н.В. Перфильев // Земледелие. - 1995. - № 5. - С. 8-9.
122. Петенько, А.И. Влияние окультуривания на агрохимические показатели / А.И. Петенько // Агрохимический вестник. – 2009. – № 6. – С. 8-9.
123. Пинчук, А.П. Баланс гумуса в чернозёме выщелоченном в системе агроэкологического мониторинга / А.П. Пинчук, Л.Х. Аветянц // Труды Куб. ГАУ: Энтузиасты аграрной науки – Краснодар. – 2009. - Вып. 10. – С. 256-260
124. Полунин, С.Ф. Влияние различных доз и сочетаний навоза и минеральных удобрений на продуктивность культур севооборота и плодородие дерново-подзолистых почв / С.Ф. Полунин // Бюлл. ВИУА, вып. 88. – М. - 1988. – С. 5-10.
125. Пономарёва, В.В. Гумус и почвообразование / В.В. Пономарёва, Т.А. Плотникова – М., 1980. – 220 с.
126. Попова, Т.В. Изменение агрофизических свойств чернозёма типичного под воздействием разных видов зелёных удобрений / Т.В. Попова, С.И. Смуров, Г.С. Агафонов // Материалы конференции Проблемы и перспективы инновационного развития агроинженерии, энергоэффективности и IT-технологий. – Белгород. – 2014. - С. 23
127. Прохоров, А.А. Плоскорежь в Саратовской области / А.А. Прохоров, Н.С. Свиридов, В.Ф. Кульков // Земледелие. - 1993. - № 4. - С. 18-19.
128. Прянишников, Д.Н. Избранные сочинения в трех томах. Агрохимия. Т. 1 / Д.Н. Прянишников. - М.: Сельхозлит., 1963. – 125 с.
129. Рабочев, И.С. В поисках плодородия / И.С. Рабочев, Н.Г. Вуколов. - М.: Советская Россия, 1983. – 126 с.
130. Рудай, И.Д. Агроэкологические проблемы повышения плодородия почв /

И.Д. Рудай. – М: Россельхозиздат, 1985. – 255 с.

131. Рымарь, С.В. Изменение показателей чернозёма обыкновенного под длительным воздействием удобрений и различных приёмов основной обработки почвы в условиях ЦЧЗ: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / С.В. Рымарь. – Каменная Степь, 2007. – 21 с.
132. Рябов, Е.И. Почвозащитная система земледелия на основе минимальной обработки / Е.И. Рябов, А.М. Белозеров, С.И. Бурыкин // Земледелие. - 1992. - № 1. - С. 31-35.
133. Смирнова, В.В. Повышение урожайности и качества зерна различных сортов озимой пшеницы в зависимости от предшественника / В.В. Смирнова, Г.И. Уваров, Е.Д. Степанова // Бюллетень научных работ Выпуск 6. – 2006. – С. 3-7
134. Самыкин, В.Н. Плодородие чернозёмов и ресурсосберегающие приёмы возделывания озимой пшеницы в юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона / В.Н.Самыкин, И.В. Логвинов, Л.А. Путятин. - изд-во: «Отчий край», 2012. - 31 с.
135. Самыкин, В.Н. Действие удобрений на агрохимические свойства чернозёма типичного и показатели качества сахарной свёклы / В.Н. Самыкин, В.Д. Соловиченко, Н.К. Малов, И.В. Логвинов // Сахарная свёкла. – 2012. – № 9. – С. 18-20.
136. Сдобников, С.С. Мобильные формы гумуса и плодородие осушаемой почвы / С.С. Сдобников, В.А. Бойков // Земледелие. - 1993. - № 2. – С. 7-8.
137. Семихненко, П.Г. Влияние основной обработки на структуру и сложение пахотного слоя выщелоченного чернозёма / П.Г. Семихненко, П.Н. Ярославская // Почвоведение. - 1977. - №8. – С. 93-99.
138. Сидорина, С.И. Влияние длительного применения удобрений на качественный состав и физико-химические свойства гумуса почв зоны недостаточного увлажнения: автореф. дис. ... канд. биол. наук / С.И. Сидорина. - М., 1986. - 17 с.
139. Сидоров, М.И. Севообороты и плодородие почв Молдавии / М.И. Сидоров, Г.Н. Ванькович, А.С. Бессонова и др. - Кишинёв: «Карта Молдовенянкэ», 1966. -



183 с.

140. Сидоров, М.И. Зональные системы земледелия, их разработка и освоение / М.И. Сидоров // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1983. – № 2. – С. 102-104.
141. Сидоров, М.И. И плуг, и плоскорез / М.И. Сидоров // Земледелие. - 1989. - №6. - С. 21-25
142. Силкина, Н.П. Влияние высоких концентраций азотных удобрений на трансформацию органического вещества почвы / Н.П.Силкина // Вестник МГУ: Почвоведение. – 1987. – № 4. – С. 43-48
143. Смуров, С.И. Продуктивность и качество зерна озимой пшеницы при возделывании по различным технологиям с включением элементов биологического земледелия в Белгородской области / С.И. Смуров, Г.С. Агафонов, О.В. Григоров, О.В. Гапиенко, А.С. Поддубный // Белгородский агромир. – 2000. - №2. - С. 16-19
144. Сокаев, К.Е. Мониторинг плодородия основных типов и подтипов почв республики Северная Осетия – Алания на реперных участках / К.Е. Сокаев, В.В. Бестаев // Плодородие. - 2013. - №6. - С. 31-33
145. Соловиченко, В.Д. Агроландшафты, агроэкологическая типизация земель и адаптивно-ландшафтная биологическая система земледелия Белгородской области / В.Д. Соловиченко, С.И. Тютюнов. – Белгород: «Отчий край», 2012. - 53 с.
146. Соловиченко, В.Д. Биологизация земледелия Белгородской области – фундамент роста плодородия почв, продуктивности культур и сохранения экологии окружающей среды / В.Д. Соловиченко, В.Н. Самыкин, И.В. Логвинов// Белгородский агромир. – 2011. - №4. - С. 4-7
147. Соловиченко, В.Д. Красная книга почв Белгородской области / В.Д. Соловиченко, С.В. Лукин, Ф.Н. Лисецкий, П.В. Голеусов. - Белгород: Белгородский Государственный Университет, 2007. – 139 с.
148. Соловиченко, В.Д. Мониторинг почвенного покрова Белгородской области / В.Д. Соловиченко, С.И. Тютюнов. - Белгород: «Отчий край», 2014. - 112 с.
149. Соловиченко, В.Д. Почвенный покров Белгородской области и его

- рациональное использование / В.Д. Соловиченко, С.И. Тютюнов. – Белгород: «Отчий край», 2013. - 371 с.
150. Соловиченко, В.Д. Почвенный покров Центрально-Чернозёмного региона и воспроизводство плодородия почв: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук /Владимир Дмитриевич Соловиченко. – Белгород, 2010. – 42 с.
  151. Соловиченко, В.Д. Простое и расширенное воспроизводство плодородия почв и рост продуктивности с.-х. культур / В.Д. Соловиченко, В.В. Никитин, Е.В. Навольнева // Биологизация земель в адаптивно-ландшафтной системе земледелия Материалы Всероссийской научно-практической конференции БелНИИСХ – Белгород, Отчий край. – 2015. – С. 224-228.
  152. Статистический ежегодник Белгородская область 2006: Стат. Сб.: Белгородстат, 2007. – 625 с.
  153. Ступаков, А.Г. Агрохимическое обоснование системы удобрения зерносвекловичного севооборота на чернозёме выщелоченном: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / Алексей Григорьевич Ступаков. – М., 1998. – 36 с.
  154. Ступаков, И.А. Воспроизводство плодородия почвы в кормовых севооборотах / И.А. Ступаков, Л.А. Герасименко, Т.Н. Меркулова // Земледелие. – 2001. – № 2. – С. 16-19.
  155. Тейн, Р. Органическое вещество почвы / Р. Тейн. М.: Мир, 1991. - 397 с.
  156. Терпелец, В.И. Физические и физико-химические свойства почв низменно-западного агроландшафта агроэкологического мониторинга в западном предкавказье / В.И. Терпелец, Т.В. Швец // Труды Куб. ГАУ: Энтузиасты аграрной науки – Краснодар. – 2009. - Вып. 10. – С. 269-272
  157. Титова, В.И. Влияние различных видов органических удобрений на воспроизводство плодородия нарушенных почв / В.И.Титова, Е.В. Добахова, А.А. Ветчинников // Агрохимия. – 2011. – № 5. – С. 9-17.
  158. Титовская, А.И. Влияние системы обработки и удобрений на биологическую активность почвы, урожайность и качество продукции различных сортов ячменя: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.И. Титовская. - Белгород, 1997. - 21 с.

159. Титовская, А.И. Изменение агрофизических показателей плодородия чернозёма типичного в зависимости от способа заделки сидератов / А.И. Титовская, Л.Н. Кузнецова // XVIII Международная научно-производственная конференция «Проблемы и перспективы инновационного развития агроинженерии, энергоэффективности и IT-технологий» - Белгород. - 2014. – С. 29
160. Тихонов, А.В. Периодическая вспашка необходима / А.В. Тихонов, С.М. Свитко // Земледелие. - 1988. - №5. - С. 24-25
161. Тукалова, Е.И. Систематическое применение удобрений, продуктивность культур севооборота и плодородие чернозёма при орошении / Е.И. Тукалова, Н.П. Пара и др. // Агрохимия. – 1982. – № 11. – С. 64-70.
162. Турусов, В.И. Обработка чернозёмов: опыт и тенденции развития / В.И. Турусов, А.М. Новичихин // Земледелие. – 2012. – № 4. – С. 7-9.
163. Тютюнов, С.И. Совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур в адаптивно-ландшафтном земледелии Центрального Черноземья России: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / Сергей Иванович Тютюнов. – Белгород, 2005. – 42 с.
164. Тютюнов, С.И. Плодородие чернозёмов и ресурсосберегающие приёмы возделывания сахарной свёклы в юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона / С.И. Тютюнов, В.Д. Соловиченко, В.Н. Самыкин, И.В. Логвинов, Л.А. Путятин. – Белгород: Отчий край, 2012. – 27 с.
165. Тютюнов, С.И. Эффективность интенсификации технологий возделывания сахарной свёклы / С.И. Тютюнов, Н.К. Шаповалов, П.И. Солнцев // Сахарная свёкла. – 2014. - №9. – С. 36-37
166. Уваров, Г.И. Агроэкологические проблемы плодородия почв лесостепи / Г.И. Уваров - Белгород, 2005. – 203 с.
167. Уваров, Г.И. Приёмы регулирования плотности типичного чернозёма и урожайности озимой пшеницы / Г.И. Уваров, М.В. Бондаренко // Бюллетень научных работ, Выпуск 5. – 2006. – С. 13-18
168. Уваров, Г.И. Деградация и охрана почв Белгородской области / Г.И. Уваров,

В.Д. Соловиченко. – Белгород: «Отчий край», 2010. - 180 с.

169. Филон, И.И. Содержание и состав гумуса в чернозёме типичном и продуктивность сельскохозяйственных культур при внесении удобрений / И.И. Филон, В.И. Дараненко, С.П. Акименко // Почвоведение. – 1992. – № 5. – С. 103-107.
170. Хайдуков, К.П. Роль многолетних трав в сохранении плодородия дерново-подзолистой почвы / К.П.Хайдуков, Л.К. Шевцова // Материалы первой Всероссийской конференции «Почвенные и земельные ресурсы: состояние, оценка, использование». - Москва. - 2014. - С. 431-435.
171. Халиуллин, К.З. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность севооборота и плодородие почвы / К.З. Халиуллин // Повышение плодородия почв в различных природно-климатических зонах Башкирии. – Уфа. - 1986. – С. 36-39.
172. Цвей, Я.П. Влияние систематического удобрения на содержание гумуса в зерносвекловичном севообороте / Я.П. Цвей // Сахарная свёкла. – 2012. – №9. – С. 24-26.
173. Чеботарёв, Н.Т. Влияние длительного применения удобрений на содержание, фракционный состав и баланс гумуса в дерново-подзолистых почвах европейского северо-востока / Н.Т. Чеботарёв, Г.Т. Шморгунов, Е.М. Лаптева, В.И. Ермолина, В.М. Кормановская // Агрохимия. - 2009. - № 10. - С. 11-16
174. Черников, В.А. Трансформация гумусовых кислот автохтонной микрофлорой // Почвоведение. – 1992. - №3. – С. 69-77
175. Черникова, И.Л. Изменение гумусного состояния и биологических свойств обыкновенных чернозёмов при длительном сельскохозяйственном использовании / И.Л. Черникова, Н.В. Евдокимова, В.А. Кончиц и др. // Актуальные вопросы почвоведения. – М.: Изд. ТСХА. - 1987. – С. 93-97.
176. Чуб, М.П. Плодородие чернозёма южного и продуктивность зернопарового севооборота при длительном применении минеральных удобрений / М.П. Чуб, В.В. Пронько, Л.Б. Сайфулина, Т.М. Ярошенко, Н.Ф. Климова // Агрохимия. – 2010. - № 7. - С. 3-13

177. Чуданов, И.А. В Среднем Поволжье / И.А. Чуданов, В.П. Васильев // Земледелие. - 1988. - № 2. - С. 43-46.
178. Чумак, В.С. Плодородие типичного чернозёма и продуктивность культур севооборотов в зависимости от их структуры и удобрений / В.С. Чумак, Е.М. Лебедь, И.Ф. Сокрута // Агрохимия. –1993. – № 7. – С. 45-51.
179. Чуян, Г.А. Научные основы регулирования плодородия типичных чернозёмов на склоновых почвах: дис. ... д-ра с.-х. наук в форме научн. докл. / Г.А. Чуян. – Курск: ННИИЗ и ЗПЭ, 1994. – 61 с.
180. Шабаев, А.И. Ресурсосберегающая почвозащитная обработка почвы в агроландшафтах Поволжья / А.И. Шабаев, Н.И. Жолинский, Н.М. Азидов и др. // Земледелие. – 2007. – № 1. – С. 20-22.
181. Шевцова, Л.К. Гумусное состояние и азотный фонд основных типов почв при длительном применении удобрений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Л.К. Шевцова. - М., 1988. - 40 с.
182. Шевцова, Л.К. Гумус чернозёмов и его изменение при интенсивном сельскохозяйственном использовании / Л.К. Шевцова // Плодородие чернозёмов России. – М.: Агроконсалт. - 1998. – С. 196-225
183. Шевцова, Л.К. Влияние длительного применения удобрений на баланс и качество гумуса / Л.К. Шевцова, И.В. Володарская // Химизация сельского хозяйства. - 1991. - №11. - С. 97-101
184. Шеин, Е.В. Агрофизика / Е.В. Шеин, В.М. Гончаров – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 400 с.
185. Шептухов, В.Н. Особенности возделывания культур при минимализации обработки суглинистой почвы / В.Н. Шептухов, М.Н. Галкина, А.В. Нестерова // Земледелие. - 1995. - № 5. - С. 18-20.
186. Шикула, Н.К. Воспроизводство плодородия чернозёмов при почвозащитных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / Н.К. Шикула, А.Ф. Гнатенко // Ресурсосберегающие технологии обработки почв: сб. науч. тр. ВНИИЗиЗПЭ. – Курск. - 1989. – С. 214-221.

187. Шикула, Н.К. Ответ оппонентам бесплужного земледелия / Н.К. Шикула // Земледелие. - 1989. - № 11. - С. 11-17.
188. Шикула, Н.К. Влияние длительной бесплужной обработки на содержание и качество гумуса / Н.К. Шикула, Г.В. Назаренко, А.Д. Балаев, М.В. Капштык // Земледелие. - 1990. - № 4. - С. 24-27.
189. Шикула, Н.К. Воспроизводство гумуса при почвозащитном земледелии / Н.К. Шикула, А.Ф. Гнатенко // Земледелие. – 1991. – № 2. – С. 40-43.
190. Шилина, Л.И. Гумусовый режим чернозёмных почв в левобережной Лесостепи УССР в системе различных севооборотов / Л.И. Шилина // Повышение эффективности использования удобрений и плодородие почв в УССР. – Харьков. - 1985. – С. 135-137.
191. Asmus, F. Wirkunglangjähriger Stroh-Gul-le-Dungugindihrer Kombinationmit N-Mineraldungug auf Pflanze-nertrag, N-Ausnutzung und Humus-gehalt des Bodens / F. Asmus, H. Gorlitz // Arch. Acker – Pflanzenbau Bodenk. - 1985. - P. 29.
192. Kundler, P. Die wichtigsten Aussagen der Daurversuche zur Erhonung der Bodenfruchtbarkeit / P. Kundler // Tagungsber. - Akad, Landwirtschaftwiss. DDR. - 1982. - № 205. - S. 5-16.
193. Niborg, M. Effect of zero and conventional tillage on barley yield and nitrate nitrogen content, moisture and temperature of soil in north-central Alberta / M. Niborg, S. Malhi // Soil Tillage Res. - 1989. – 15. – P. 1-9.
194. Sroler, J. Behalalysavynosucukrovkypridiferashustete a porostu / J. Sroler // Rostl. Vyroba. – 1981. – 27. – P. 1061-1070.
195. Stefanovic, M. Promenehemijskihosobinacerno-zema pod uticajem dugotrajnog dubrenja, organskim i mineralnim dubrivima / M. Stefanovic, I. Molnar // Agrochemija. – 1985. – 6. – P. 437-445.
196. Suskevic, M. Results of minimum tillage in Czechoslovakia / M. Suskevic // Scientia agriculturae Bohemoslovaca. - 1982. - №4 - P. 261-264.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

Удобрения		Глубина, см	Зернотравянопропашной севооборот				Зернопаропропашной севооборот			
Навоз, т/га с/об. пл.	NPK, доза		В*		М		В		М	
			посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка
0	0	0-30	33,9	22,3	34,9	25,4	30,4	21,5	43,5	26,7
		0-100	82,2	69,8	106,0	83,0	140,1	74,5	138,8	87,7
	1	0-30	38,3	22,1	40,3	26,0	42,3	21,9	45,2	26,3
		0-100	125,0	70,6	130,3	86,1	129,8	75,8	150,5	88,8
	2	0-30	35,7	21,7	43,6	26,7	42,1	22,1	32,3	25,9
		0-100	133,4	71,0	135,1	88,9	135,0	77,2	137,3	89,1
8	0	0-30	44,6	22,4	46,2	26,4	35,3	24,4	34,0	26,1
		0-100	132,3	72,2	144,4	84,8	141,2	82,2	147,7	87,9
	1	0-30	32,2	22,8	32,1	27,2	40,5	24,3	43,6	25,0
		0-100	139,9	74,6	130,2	87,1	144,2	82,6	145,5	83,0
	2	0-30	43,4	23,2	59,3	28,2	38,5	24,3	46,5	23,9
		0-100	134,2	77,3	148,6	90,0	142,2	83,6	148,8	77,5
16	0	0-30	29,8	22,5	42,0	27,5	38,0	27,2	36,8	25,4
		0-100	142,1	75,0	147,7	86,0	141,5	89,3	144,5	88,0
	1	0-30	40,7	23,7	45,3	28,8	44,6	26,8	45,0	23,6
		0-100	148,1	79,0	150,5	88,7	147,0	89,2	148,7	77,0
	2	0-30	48,0	24,6	40,7	29,8	41,1	26,5	38,6	21,6
		0-100	138,7	83,1	150,6	91,1	143,3	89,6	130,7	66,0
НСР <sub>05</sub> для слоя 0-100 см (весна)		севооборот – 3,8; обработка почвы – 15,0; навоз – 10,9; мин. удобрения – 0,4								
НСР <sub>05</sub> для слоя 0-100 см (уборка)		севооборот – 4,7; обработка почвы – 16,3; навоз – 14,1; мин. удобрения – 3,1								



Удобрения		Глубина, см	Зернотравянопропашной севооборот				Зернопаропропашной севооборот			
Навоз, т/га с/об. пл.	NPK, доза		В*		М		В		М	
			посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка
0	0	0-30	46,2	30,5	58,7	32,4	47,5	19,9	57,7	27,5
		0-100	100,3	81,4	119,4	91,7	102,8	68,7	120,0	89,1
	1	0-30	55,0	28,3	52,7	33,1	60,9	22,1	62,5	27,8
		0-100	109,8	83,6	115,2	95,2	110,6	79,9	116,1	84,9
	2	0-30	54,3	29,5	59,5	34,0	57,3	21,9	61,7	25,6
		0-100	114,3	88,4	113,4	97,8	114,5	78,1	124,3	87,0
8	0	0-30	55,1	30,1	42,9	33,4	63,3	24,7	69,2	32,5
		0-100	113,5	90,4	96,5	105,1	122,8	80,1	133,9	95,8
	1	0-30	52,6	31,1	65,0	33,3	57,5	23,2	64,5	30,0
		0-100	113,5	95,7	117,1	105,8	122,8	80,2	128,5	93,7
	2	0-30	65,6	32,3	62,4	35,0	64,8	22,8	62,6	26,5
		0-100	134,1	103,5	128,2	112,6	125,3	80,9	124,7	86,6
16	0	0-30	73,2	31,1	67,8	34,9	66,8	31,0	76,6	28,6
		0-100	144,2	97,9	129,8	101,0	143,8	98,6	142,9	93,9
	1	0-30	66,5	33,6	70,6	38,1	70,3	29,5	71,3	28,6
		0-100	125,4	106,9	131,8	106,1	135,3	93,7	137,4	91,0
	2	0-30	67,6	38,1	65,4	41,2	69,5	28,9	70,4	25,3
		0-100	137,6	115,7	126,5	111,8	143,2	91,6	140,9	78,0
НСР <sub>05</sub> для слоя 0-100 см (весна)			севооборот – 2,5; обработка почвы – 19,1; навоз – 13,2; мин. удобрения – 9,5							
НСР <sub>05</sub> для слоя 0-100 см (уборка)			севооборот – 2,6; обработка почвы – 10,3; навоз – 13,4; мин. удобрения – 0,1							

Удобрения		Глубина, см	Зернотравянопропашной севооборот				Зернопаропропашной севооборот			
Навоз, т/га с/об. пл.	NPK, доза		В*		М		В		М	
			посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка
0	0	0-30	43,3	18,8	45,2	21,2	43,1	22,4	38,9	25,2
		0-100	113,7	64,3	136,9	74,3	130,5	81,4	145,3	100,9
	1	0-30	43,0	20,7	42,6	22,4	48,2	23,8	48,2	25,5
		0-100	126,7	89,4	138,4	107,3	144,6	94,1	149,5	105,9
	2	0-30	31,2	24,5	43,2	28,5	45,0	24,7	50,7	24,3
		0-100	142,8	87,8	137,1	87,3	146,2	88,5	145,5	85,6
8	0	0-30	42,3	19,4	52,6	24,7	50,7	22,6	42,7	25,0
		0-100	138,2	64,9	146,4	68,2	142,4	75,1	148,8	76,4
	1	0-30	43,8	21,4	48,0	24,3	48,7	21,7	42,7	25,2
		0-100	146,7	90,6	145,2	127,5	146,9	85,8	145,7	91,3
	2	0-30	44,4	20,7	44,9	23,3	45,1	24,1	46,8	24,7
		0-100	150,9	72,6	150,4	97,1	150,6	82,2	147,8	82,3
16	0	0-30	46,1	22,8	40,3	25,4	48,6	23,0	42,5	27,5
		0-100	148,1	76,8	150,4	101,7	142,2	79,2	149,5	103,9
	1	0-30	48,2	22,1	47,4	25,4	41,3	25,7	51,9	23,3
		0-100	149,1	70,7	149,9	69,3	147,7	101,9	148,2	125,2
	2	0-30	18,2	18,4	42,6	22,4	30,7	22,7	39,5	26,9
		0-100	139,2	80,9	150,2	88,5	138,4	87,6	150,2	90,7
НСР <sub>05</sub> для слоя 0-100 см (весна)			севооборот – 16,8; обработка почвы – 23,2; навоз – 24,5; мин. удобрения – 0,4							
НСР <sub>05</sub> для слоя 0-100 см (уборка)			севооборот – 1,7; обработка почвы – 10,0; навоз – 6,1; мин. удобрения – 0,1							

НСР <sub>05</sub> для слоя 0-30	севооборот – 0,08; обработка почвы – 0,02; навоз – 0,05; мин. удобрения – 0,03
---------------------------------	--

Приложение Д - Влияние способов обработки и удобрений на  
структурность почвы, среднее за 2012-2014 гг., %

Удобрения		Глубина, см	Зернотравнопропашной севооборот		Зернопаропропашной севооборот	
Навоз, т/га	НРК, доза		В	М	В	М
0	0	0-10	72,0	76,9	62,0	66,2
		10-20	72,5	73,9	64,9	74,5
		20-30	78,2	78,7	70,6	75,2
		<b>0-30</b>	<b>74,2</b>	<b>76,5</b>	<b>65,9</b>	<b>72,0</b>
	1	0-10	72,5	75,7	64,1	69,9
		10-20	68,1	73,5	64,2	71,5
		20-30	78,6	75,8	66,1	73,1
		<b>0-30</b>	<b>73,1</b>	<b>75,0</b>	<b>64,8</b>	<b>71,5</b>
	2	0-10	71,9	74,5	60,0	69,2
		10-20	72,4	73,7	62,9	70,6
		20-30	72,4	73,8	66,1	71,4
		<b>0-30</b>	<b>72,2</b>	<b>74,0</b>	<b>63,0</b>	<b>70,4</b>
8	0	0-10	71,2	80,8	70,5	69,7
		10-20	72,6	76,7	75,4	68,2
		20-30	74,3	81,5	66,9	74,9
		<b>0-30</b>	<b>72,7</b>	<b>79,6</b>	<b>71,0</b>	<b>71,0</b>
	1	0-10	73,0	78,9	69,9	71,7
		10-20	75,6	78,0	70,8	77,0
		20-30	75,9	78,7	75,4	76,6
		<b>0-30</b>	<b>74,8</b>	<b>78,5</b>	<b>72,1</b>	<b>75,1</b>
	2	0-10	75,3	79,6	72,3	73,4
		10-20	77,6	82,5	74,2	76,1
		20-30	80,1	80,7	74,6	79,8
		<b>0-30</b>	<b>77,7</b>	<b>80,9</b>	<b>73,8</b>	<b>76,5</b>
16	0	0-10	73,9	79,1	59,3	71,9
		10-20	76,8	79,3	68,0	80,3
		20-30	75,5	75,7	76,4	77,9
		<b>0-30</b>	<b>75,4</b>	<b>78,1</b>	<b>67,9</b>	<b>76,7</b>
	1	0-10	72,0	81,0	69,9	76,7
		10-20	80,9	80,4	75,5	73,2
		20-30	78,6	83,7	75,2	75,2
		<b>0-30</b>	<b>77,2</b>	<b>81,7</b>	<b>73,6</b>	<b>75,1</b>
	2	0-10	80,7	79,2	71,5	76,0
		10-20	80,3	80,4	74,9	74,7
		20-30	80,0	80,6	76,3	77,4
		<b>0-30</b>	<b>80,3</b>	<b>80,1</b>	<b>74,2</b>	<b>76,1</b>
НСР <sub>05</sub> для слоя 0-10 см			севооборот – 1,4; обработка почвы – 2,8; навоз –1,2; мин. удобрения – 2,6			
НСР <sub>05</sub> для слоя 0-30 см			севооборот – 3,5; обработка почвы – 2,7; навоз –1,5; мин. удобрения – 1,0			

Приложение Е - Производственные затраты по возделыванию озимой  
пшеницы в зернотравянопропашном севообороте, руб. (2012-2016 гг.)

Удобрения		Урожайность, т/га	Производственные затраты, руб./га	Себестоимость, руб./т	Стоимость продукции, руб./га	Условно-чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %
навоз, т/га	мин уд., доза						
Вспашка							
0	0	3,37	10809	3207	23398	12589	116
	1	4,20	13649	3250	29161	15512	114
	2	4,88	16489	3379	33882	17393	105
40	0	3,89	11559	2982	27008	15449	134
	1	4,53	14399	3179	31452	17053	118
	2	51,3	17239	3360	35618	18379	107
80	0	4,05	12309	3039	28119	15810	128
	1	4,82	15149	3143	33465	18316	121
	2	5,43	17989	3313	37700	19711	110
Минимальная обработка							
0	0	3,44	10489	3049	23884	13395	128
	1	4,38	13329	3043	30410	17081	128
	2	5,15	16169	3140	35756	19587	121
40	0	3,92	11239	2867	27217	15978	142
	1	4,75	14079	2964	32979	18900	134
	2	5,25	16919	3223	36451	19532	115
80	0	4,32	11989	2775	29994	18005	150
	1	4,94	14829	3002	34298	19469	131
	2	5,42	17669	3260	37631	19962	113

Приложение Ж - Производственные затраты по возделыванию озимой  
пшеницы в зернопаропропашном севообороте, руб. (2012-2016 гг.)

Удобрения		Урожайность, т/га	Производственные затраты, руб./га	Себестоимость, руб./т	Стоимость продукции, руб./га	Условно-чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %
навоз, т/га	минуд., доза						
Вспашка							
0	0	3,53	10809	3062	24505	13696	127
	1	4,55	13649	3000	31591	17942	131
	2	5,28	16489	3123	36659	20170	122
40	0	4,24	11559	2726	29438	17879	155
	1	4,96	14399	2903	34437	20038	139
	2	5,52	17239	3123	38325	21086	122
80	0	4,66	12309	2641	32354	20045	163
	1	5,17	15149	2930	35895	20746	137
	2	5,89	17989	3049	40894	22905	127
Минимальная обработка							
0	0	3,50	10489	2997	24301	13812	132
	1	4,43	13329	3009	30757	17428	131
	2	5,16	16169	3134	35826	19657	122
40	0	4,24	11239	2651	29438	18199	162
	1	5,07	14079	2777	35201	21122	150
	2	5,56	16919	3043	38603	21684	128
80	0	4,55	11989	2635	31591	19602	163
	1	5,34	14829	2777	37076	22247	150
	2	5,77	17669	3062	40061	22392	127

**Приложение 3 - Производственные затраты по возделыванию сахарной свеклы в зернотравянопропашном севообороте, руб. (2013-2017 гг.)**

Удобрения		Урожайность, т/га	Производственные затраты, руб./га	Себестоимость, руб./т	Стоимость продукции, руб./га	Условно-чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %
навоз, т/га	минуд., доза						
Вспашка							
0	0	22,2	22063	994	36519	14456	65
	1	37,6	26323	700	61852	35529	135
	2	49,5	30583	618	81428	50845	166
40	0	28,2	25071	889	46389	21318	85
	1	43,6	29331	673	71722	42391	145
	2	55,4	33591	606	91133	57542	171
80	0	32,8	28079	856	53956	25877	92
	1	48,3	32339	670	79454	47115	146
	2	60,1	36599	609	98865	62266	170
Минимальная обработка							
0	0	19,6	21532	1099	32242	10710	50
	1	35,8	25792	720	58891	33099	128
	2	47,6	30052	631	78302	48250	161
40	0	25,6	24540	959	42112	17572	72
	1	41,8	28800	689	68761	39961	139
	2	53,6	33060	617	88172	55112	167
80	0	30,2	27548	912	49679	22131	80
	1	46,4	31808	686	76328	44520	140
	2	58,2	36068	620	95739	59671	165

**Приложение И - Производственные затраты по возделыванию сахарной  
свеклы в зернопаропропашном севообороте, руб. (2013-2017 гг.)**

Удобрения		Урожайность, т/га	Производственные затраты, руб./га	Себестоимость, руб./т	Стоимость продукции, руб./га	Условно-чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %
навоз, т/га	минуд., доза						
Вспашка							
0	0	23,5	22063	939	38658	16595	75
	1	39,0	26323	675	64155	37832	144
	2	50,8	30583	602	83566	52983	173
40	0	29,5	25071	850	48528	23457	94
	1	44,9	29331	653	73861	44530	152
	2	56,7	33591	592	93272	59681	178
80	0	34,1	28079	823	56095	28016	100
	1	49,5	32339	653	81428	49089	152
	2	61,3	36599	597	100839	64240	176
Минимальная обработка							
0	0	21,0	21532	1025	34545	13013	60
	1	36,4	25792	709	59878	34086	132
	2	48,2	30052	623	79289	49237	164
40	0	26,9	24540	912	44251	19711	80
	1	43,4	28800	664	71393	42593	148
	2	54,2	33060	610	89159	56099	170
80	0	31,5	27548	875	51818	24270	88
	1	47,0	31808	677	77315	45507	143
	2	58,8	36068	613	96726	60658	168