

На правах рукописи

ГОСТЕВ Андрей Валерьевич

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В
ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КОЛОСОВЫХ КУЛЬТУР
ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ**

Специальность 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство
(сельскохозяйственные науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Брянск - 2021

Работа выполнена во Всероссийском НИИ земледелия и защиты почв от эрозии – структурном подразделении Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Курский федеральный аграрный научный центр»

Научный консультант: **Черкасов Григорий Николаевич** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии»

Официальные оппоненты: **Тютюнов Сергей Иванович** - член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор ФГБНУ «Белгородский федеральный аграрный научный центр РАН»

Лобков Василий Тихонович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры земледелия, агрохимии и агропочвоведения ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина»

Ступаков Алексей Григорьевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева» (ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»)

Защита диссертации состоится 29 октября 2021 года в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.005.01 при ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, по адресу: 243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская, 2а, корпус 4, тел./факс: +7(48341) 24-7-21, E-mail: uchsovet@bgsha.com.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Брянский ГАУ и на сайте организации по адресу: <http://www.bgsha.com>.

Автореферат разослан «__» ____ 2021 г. и размещен на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации <http://vak.minobrnauki.gov.ru>.

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

Ученый секретарь
диссертационного совета

Дьяченко
Владимир Викторович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Согласно итогам Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года (2018), в Центральном федеральном округе колосовые культуры занимают 43,5% общей посевной площади, причем основная доля приходится на пшеницу и ячмень (27,1 и 13,2 %, соответственно). Для данного региона, как для всей Российской Федерации, эти культуры играют стратегическую роль в обеспечении продовольственной безопасности нашей страны.

В сельском хозяйстве ресурсосбережение является важной составной частью мировой научно обоснованной адаптивной стратегии интенсификации растениеводства. В настоящее время одной из основных стратегических проблем в сельскохозяйственной отрасли является повышение эффективности и устойчивости сельскохозяйственного производства для обеспечения населения страны качественным продовольствием, а промышленности – сырьем. Для ее решения требуется разработка почвозащитных ресурсосберегающих научноемких агротехнологий нового поколения, позволяющих минимизировать затратные составляющие при поддержании исходного уровня почвенного плодородия, повышении урожайности и качества получаемой продукции.

Огромный вклад в поиск и изучение ресурсосберегающих принципов в отдельных агроприемах внесли выдающиеся отечественные ученые П.А. Костычев (1881, 1884, 1892, 1902, 1905), И.Е. Овсинский (1899), Н.М. Тулайков (1930,1936), К.А. Тимирязев (1948), А.И. Бараев (1962, 1972), Т.С. Мальцев (1985, 1988) и др. Среди современных исследователей следует выделить работы А.Н. Каштанова (1989, 2001), И.М. Никульникова (1998, 2002), Н.И. Картамышева (1999, 2008), А.И Шабаева (2003, 2009), Г.Н. Черкасова (2004, 2013), А.Н. Власенко (2014, 2017, 2020), В.А. Корчагина (2014, 2015), И.Г. Пыхтина (2016), а также многих других ведущих ученых-земледелов нашей страны. Однако, до сих пор не существует универсального решения по оценке уровня эффективности ресурсосбережения применяемых агротехнологий, а также комплексных решений, позволяющих эффективно использовать элементы ресурсосбережения и их сочетания для применяемых агротехнологий.

Исследования, ориентированные на поиск наиболее эффективных ресурсосберегающих агротехнологий, позволяют объективно, комплексно и обоснованно определять целесообразность сокращения потребности в материальных ресурсах (их оптимизации) при возделывании сельскохозяйственных культур на основе анализа различных факторов, участвующих в формировании урожая культуры, разрабатывать и апробировать эффективные схемы ресурсосбережения без ущерба

количественных и качественных показателей. Выявление научно-обоснованных агроприемов, способствующих ресурсосбережению в применяемых агротехнологиях для условий Центрально-Черноземного региона (ЦЧР), на основе данных, полученных в длительных стационарных полевых опытах и дальнейшая оценка ресурсосбережения при возделывании колосовых культур актуальны, имеют теоретическое и практическое значение.

Степень разработанности темы. В последнее время довольно активно изучается эффективность использования природных и агротехнических ресурсов при возделывании основных сельскохозяйственных культур в рамках отдельных ресурсосберегающих агроприемов или их совокупности (Орлов, Ткачук, 2011; Потапова, Зубкова, 2012; Сарычев, Жидков, Бралиевю, 2013; Эседуллаев, 2016; Спиридовон, Соколов, Босак, 2017 и др.). Однако при этом в большинстве случаев не проводится их комплексная оценка: не учитываются вопросы сохранения и воспроизведения почвенного плодородия (Кузыченко, 2014; Казанцев, 2013). Влияние изучаемых факторов рассматривается только на урожайность сельскохозяйственных культур без учета показателей качества полученной продукции (Васильченко, 2015; Магомедов, Халилов, Бедоева, 2017; Эседуллаев, 2016), а оценка эффективности производится в большинстве случаев только по экономическим параметрам без учета затраченной энергии (Кузыченко, 2014; Казанцев, 2013). Использование подобных принципов в аграрном производстве способствует бессистемному применению ресурсосберегающих агроприемов, что, в конечном итоге, приводит к снижению ожидаемого эффекта от их внедрения вплоть до крайне низких значений экономической и энергетической эффективности.

Цель исследований заключается в разработке системы оценки эффективности ресурсосбережения в агротехнологиях различного уровня интенсивности для выявления эффективных технологий возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового с использованием дифференцированного применения ресурсосберегающих приемов на черноземах типичных Центрального Черноземья.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Определить наиболее целесообразные предшественники, системы и способы основной обработки почвы, способствующие оптимизации потребления ресурсов в технологиях возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового различного уровня интенсивности на черноземах типичных.
2. Выявить наиболее рациональные дозы внесения минеральных удобрений, оценить эффективность применения органических удобрений и химических мелиорантов в ресурсосберегающих агротехнологиях. Изучить последствия применения ресурсосберегающих агроприемов на содержание

органического вещества, кислотность почвы, динамику основных элементов минерального питания растений в почве при использовании различных систем удобрения в технологиях возделывания пшеницы озимой и ячменя ярового различного уровня интенсивности.

3. Оценить влияние ресурсосберегающих агроприемов на структуру урожая и показатели качества зерна пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового, установить зависимость между урожайностью и показателями плодородия чернозема типичного.
4. Разработать систему комплексной (двухэтапной) оценки эффективности ресурсосбережения технологий возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового на основе выявленных зависимостей.
5. Подготовить практические рекомендации по эффективному возделыванию пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового с использованием дифференцированного применения ресурсосберегающих приемов в условиях Центрального Черноземья.

Научная новизна:

- впервые для условий Центрального Черноземья определены наиболее целесообразные сочетания предшественников, систем и способов основной обработки почвы, способствующие оптимизации потребления ресурсов: при возделывании пшеницы озимой – комбинированная система обработки почвы с мелкой безотвальной обработкой почвы после сидеральных культур или трав, при возделывании ячменя ярового – комбинированная система обработки почвы с поверхностной основной обработкой по пропашным предшественникам, либо с нулевой обработкой после гречихи;

- установлено, что в условиях Центрально-Черноземного региона показатели урожайности пшеницы озимой связаны, в первую очередь, с изменениями в почве содержания подвижных форм калия на 75% и более (коэффициент корреляции – 0,9), во вторую - щелочногидролизуемого азота, а также её кислотностью (коэффициент корреляции – 0,5-0,6), в третью – содержания подвижных форм фосфора и гумуса (коэффициент корреляции – 0,3-0,4);

- впервые на основе выявленных особенностей изменчивости основных показателей плодородия чернозема типичного в технологиях различного уровня интенсивности разработаны научно-обоснованные решения, способствующие повышению эффективности ресурсосберегающих приемов в применяемых агротехнологиях: при возделывании пшеницы озимой с использованием базовых агротехнологий в зернопаропропашных севооборотах следует применять повышенные дозы внесения калия, а в зернотравянопропашных – фосфора, тогда как при возделывании ячменя

ярового следует использовать агротехнологии интенсивного типа с повышенными дозами внесения минеральных удобрений ($N_{52}P_{76}K_{76}$);

- впервые разработана и апробирована система комплексной двухэтапной оценки эффективности ресурсосбережения в агротехнологиях возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового различного уровня интенсивности на черноземах типичных Центрально-Черноземного региона в виде системы оценки по пяти основным параметрам ресурсосбережения (первый этап), а также системы оценки ресурсосберегающего эффекта от их применения по пяти основным критериям (второй этап), позволяющая выделить и рекомендовать наиболее оптимальные сочетания агроприемов, обеспечивающих рациональное использование природных и материальных ресурсов, снижение себестоимости производимой продукции и, как следствие, повышение рентабельности аграрного производства;

- подготовлены предложения производству по технологиям возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового, применение которых в условиях Центрально-Черноземного региона обеспечивает не только рациональное использование природных и материальных ресурсов, снижение себестоимости производимой продукции, но и способствует повышению рентабельности аграрного производства (до 85,4%) без снижения качественных показателей выходной продукции.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в получении новых знаний об особенностях динамики основных показателей плодородия чернозема типичного при использовании ресурсосберегающих подходов, влияющих на структуру урожайности и показатели качества зерна, а также экономическую и энергетическую эффективность в агротехнологиях различного уровня интенсивности возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового, разработке параметров, научно обоснованных критериев и принципов проведения комплексной оценки эффективного применения ресурсосберегающих агроприемов, установлении значимого влияния агротехнологических решений на показатели ресурсосбережения применяемых агротехнологий, способствуя их совершенствованию с учётом оптимизации расходования ресурсов и расширяя имеющиеся фундаментальные знания о влиянии обработки почвы, применении удобрений и мелиорантов на агроэкологическое состояние чернозема типичного в рамках реализации приоритетного направления научно-технологического развития Российской Федерации для перехода к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработки и внедрению систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений (п. 20 г. Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ от

1.12.2016 №642). Полученные результаты имеют важное значение для развития теории и практики ресурсосбережения в земледелии.

В результате проведенных исследований для каждого типа технологии возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового выделены основные высокозатратные агроприемы. Выявленные закономерности следует использовать при решении задач прогнозирования урожайности и качества зерна пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового, для разработки моделей и регистров ресурсосберегающих агротехнологий зерновых культур. Разработанная система комплексной оценки эффективности ресурсосбережения положена в основу математической модели системы поддержки сельхозтоваропроизводителей по рациональному выбору высокорентабельных адаптивных технологий возделывания зерновых культур для различных условий Европейской части Российской Федерации (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2019667601 от 25.12.2019).

Разработаны предложения производству наиболее эффективного применения ресурсосберегающих агроприемов в технологиях возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового различного уровня интенсивности для условий ЦЧР. Соблюдение данных предложений будет способствовать повышению плодородия почвы, получению качественного продовольственного зерна, а также высоких экономических (рентабельность производства 42-85%) и энергетических (коэффициент энергетической эффективности 5,1-6,9 эн.экв.) показателей.

Результаты исследований прошли производственную проверку в Курской области в ООО «Панино» (Медвенский район) и были внедрены в КФХ «Черников П.А.» (Железногорский район), подтвердив эффективность разработанных ресурсосберегающих агроприемов в технологиях возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового.

Основные теоретические и практические положения диссертационной работы могут быть использованы в учебном процессе при подготовке студентов агрономических специальностей при изучении следующих дисциплин: «Общее земледелие», «Системы земледелия», «Агрочувствование», «Агрономия», а также специалистами сельскохозяйственных предприятий в практической деятельности.

Методология и методы исследования. Методологической основой исследований явился системный подход в выявлении факторов, лимитирующих применение ресурсосберегающих агроприемов в технологиях различного уровня интенсивности возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового, и их взаимосвязи с урожайностью и качественными показателями зерна изучаемых культур. Теоретической основой формирования

ресурсосберегающих агротехнологий является учение о регулировании продукционного процесса в агроценозах и воспроизводстве плодородия почв на основе адаптации применяемых агротехнологий к почвенно-климатическим условиям агроландшафта путём последовательной оптимизации лимитирующих факторов (Пупонин и др., 1995; Баздырев и др., 2014). Для проверки выдвинутых положений и решения поставленных задач использовались следующие методы исследований: анализ литературных источников, проведение полевых опытов и лабораторных исследований, статистическая обработка полученных данных, экономический и энергетический расчет произведенных затрат. Постановка полевых опытов, учёты и наблюдения проводили согласно «Методике ведения полевого опыта» (Б.А. Доспехов, 1985) и «Методических указаний по ведению исследований в длительных опытах с удобрениями» (1983). Лабораторные исследования проводили с использованием общепринятых агрофизических и агрохимических методов исследования почв и качества зерна. Разработка системы комплексной оценки эффективности ресурсосбережения в агротехнологиях велась с использованием системного подхода, структурно-функционального анализа, метода экспертных оценок, метода прогнозирования, оценки адекватности, логического анализа накопленного материала.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы увеличивается в ряду: зернотравянопропашной севооборот – зернопаропропашной севооборот – зернотравяной севооборот, а засоренность посевов повышается в ряду зернопаропропашной севооборот – зернотравянопропашной севооборот – зернотравяной севооборот. С повышением интенсификации агротехнологий, а также минимизацией основной обработки почвы в начальные фазы развития озимой пшеницы и ярового ячменя возрастает твердость почвы и потенциальная засоренность посевов, а содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы уменьшается.

2. Замена традиционных зернопаропропашных севооборотов с чистым паром зернотравянопропашными, как и отвальных систем почвообработки комбинированными или безотвальными (за исключением вариантов агротехнологий с внесением органических удобрений) способствует ежегодному повышению уровня плодородия почвы, степени сохранности продуктивных стеблей к уборке. С повышением дозы вносимых удобрений увеличивается эффективность накопления основных макроэлементов в почве, снижаются темпы потерь органического вещества почвы, повышается густота стояния растений и степень сохранности продуктивных стеблей к уборке, увеличивается озерненность их колосьев и масса 1000 зерен, что, в итоге, ведет

к повышению как урожайности, так и качества возделываемых культур, а также окупаемости вносимых удобрений.

3. Оценку эффективности ресурсосбережения в используемых или планируемых к использованию технологиях возделывания озимой мягкой пшеницы и ярового ячменя следует проводить комплексно с применением разработанной предварительной системы оценки по пяти основным параметрам ресурсосбережения, а ресурсосберегающий эффект от их применения оценивать по пяти основным критериям эффективности.

4. При возделывании озимой пшеницы наиболее эффективны с точки зрения ресурсосбережения агротехнологии базового типа с мелкими безотвальными обработками под пар и травы (зернопаропропашной и зернотравянопропашной севообороты), предусматривающие внесение невысоких доз минеральных удобрений ($N_{32}P_{39}K_{39}$, включая одну азотную подкормку). При возделывании ярового ячменя наибольшая эффективность достигается при использовании агротехнологий интенсивного типа в зернопаропропашных севооборотах с сидеральным паром и комбинированной системой основной обработки почвы, предусматривающей поверхностную, либо нулевую обработку (после гречихи) под ячмень, внесение повышенных доз минеральных удобрений ($N_{52}P_{76}K_{76}$).

Степень достоверности результатов. Научные положения, выводы и предложения производству, сформулированные в диссертационной работе, базируются на полученных в ходе исследований теоретических и экспериментальных данных, не противоречащих известным положениям в почтоведении, агрохимии, земледелии и агрономии. Данные обработаны методами математической статистики (Дмитриев, 1972; Доспехов, 1979) с использованием программных средств Microsoft Office Excel, Statistica.

Конкурсная поддержка работы. Грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук в области знаний «Сельскохозяйственные науки» (руководитель): МК-1064.2018.11 – Разработка научно-обоснованной системы поддержки сельхозтоваропроизводителей по рациональному выбору высокорентабельных адаптивных технологий возделывания зерновых культур для различных условий Европейской части России (2018-2019 гг.).

Апробация работы. Основные результаты представленной научно-исследовательской работы ежегодно с 2010 года докладывались автором на:

- 1) семи международных научно-практических конференциях: «Научное обеспечение устойчивого развития АПК в Северо-Кавказском федеральном округе» (Нальчик, 2013), «Земледелие и селекция сельскохозяйственных растений на современном этапе» (Шортанды, Казахстан, 2016), «Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа оптимизации агроландшафтов»

- (Курск, 2016), «Актуальные проблемы земледелия и защиты почв от эрозии» (Курск, 2017), «Роль мелиорации земель в реализации государственной научно-технической политики в интересах устойчивого развития сельского хозяйства» (Волгоград, 2017), «Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия» (Курск, 2019), «Проблемы и перспективы научно-информационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов» (Курск, 2019);
- 2) семи всероссийских научно-практических конференциях: «Освоение адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий» (Ульяновск, 2010), «Сохранение и воспроизводство плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии» (Курск, 2011), «Роль селекции в формировании агротехнологий для обеспечения стабильного производства зерна в условиях меняющегося климата» (Воронеж, 2011), «Информационно-технологическое обеспечение адаптивно-ландшафтных систем земледелия» (Курск, 2012), «Агротехнологическая модернизация земледелия» (Курск, 2013), «Экологизация земледелия и оптимизация агроландшафтов» (Курск, 2014), «Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа оптимизации агроландшафтов» (Курск, 2016);
 - 3) двух межрегиональных научно-практических конференциях: «Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия» (Курск, 2010), «Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия» (Курск, 2011);
 - 4) трех международных школах молодых ученых: «Земледелие – благоприятное поприще» (Ульяновск, 2010), «Перспективные технологии для современного сельского хозяйства» (Сузdalь, 2013), «Приоритетные направления научного обеспечения отраслей агропромышленного комплекса России и стран СНГ» (Краснодар, 2018);

Монография автора «Эффективность технологий различного уровня интенсивности при возделывании зерновых культур на черноземных почвах Центрального Черноземья» в номинации «Разработка, выпуск и доведение до потребителей изданий по агропромышленной тематике» на Российской агропромышленной выставке «Золотая осень-2018» удостоена Диплома III степени и бронзовой медали.

В 2020 году Андрей Валерьевич был награжден почетной грамотой Российской Академии наук за многолетний плодотворный труд, вклад в развитие сельскохозяйственной науки (распоряжение РАН №10105-750 от 7.09.2020 года).

Личный вклад автора. Диссертационная работа является результатом многолетних (2008-2019 гг.) исследований автора. Ему принадлежит обоснование выбора темы исследования, формулировка цели и построение задач для ее реализации, разработка программы и методики исследований,

проведение и последующий анализ полученных данных с математической обработкой, обоснование научных положений, выводов и рекомендаций производству. Автор непосредственно принимал участие во всех полевых учетах и наблюдениях, обобщении и анализе полученных результатов, на основании которых подготовил к публикации результаты представленной научной работы. Общий личный вклад соискателя в объеме диссертационных исследований составляет не менее 85%.

Публикации результатов исследований. По теме диссертации опубликовано: 45 печатных работ общим объемом 63,83 п.л. (авторский вклад – 40,34 п.л.), из них 14 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ, 4 – в изданиях, индексируемых в международных научометрических базах данных Web of Science и Scopus, 1 авторская и 3 коллективных монографии.

Материалы диссертационной работы включены в научные отчеты и выходные разработки лаборатории систем земледелия ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии: «Теоретические основы формирования агротехнологической политики применения нулевых и поверхностных обработок почвы под зерновые культуры для модернизации земледелия» (2012), «Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья» (2013), «Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур» (2016), «База данных ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур различной интенсивности для устойчивого производства растениеводческой продукции» (2019).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 329 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, включающего 251 источник, в том числе 20 - на иностранных языках, содержит 41 таблицу, 20 рисунков, 62 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ. Обоснована актуальность, цель и задачи проведения исследований, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, основные положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация полученных результатов с указанием личного вклада автора.

ГЛАВА 1 ОБЗОР НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

В главе представлен анализ существующей научной информации по вопросам рационального использования ресурсного потенциала сельскохозяйственных территорий в технологиях возделывания зерновых культур (Апарин, 2012; Кирюшин, 2010; Смагин, Акиндинов, 2007; Трушина, Муртилов, 2000 и др.). Описывается стратегия сохранения и улучшения почвенных ресурсов. Проведен анализ существующих подходов к

эффективному ресурсосбережению в современных агротехнологиях возделывания зерновых культур, на основе которого выявлены нерешенные проблемы эффективного применения ключевых ресурсосберегающих приемов, направленных на рациональное использование природных и материальных ресурсов при возделывании пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового в агротехнологиях различного уровня интенсивности (Каипов, Зарипова, 2013; Кирюшин, 2011; Показаньев, 2007; Романенко и др., 2011; Тугуз, 2011 и др.).

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ, ПРОГРАММА, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводились на базе опытного поля ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии – структурного подразделения ФГБНУ «Курский ФАНЦ», расположенного в юго-восточном агропочвенном районе Курской области (северная часть Медвенского района).

Объектами исследований были ресурсосберегающие агроприемы в адаптивных технологиях возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового различного уровня интенсивности на черноземах типичных ЦЧР.

Предметы исследования:

- 1) предшественники пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового;
- 2) системы и способы основной обработки почвы;
- 3) системы применения удобрения и химической мелиорации;
- 4) агрофизические и агрохимические свойства почв;
- 5) рост и развитие растений, фитосанитарная обстановка в посевах, урожайность и качество продукции.

Из 284 имеющихся вариантов опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих высокопродуктивных агротехнологий выбрано 34, представляющих сочетания зернопаропропашных, зернотравянопропашных и зернотравяных севооборотов с отвальной, безотвальной и комбинированной системами основной обработки почвы, различающиеся между собой применяемыми системами удобрения (таблица 1).

В свою очередь, исходя из сложившейся специфики сельхозпредприятий Курской области, в опыте изучали 2 варианта специализации применительно к зернопаропропашным севооборотам – для хозяйств с развитым животноводством (блок 1, заложен в пространстве) и зерносвекловичная (блок 2, заложен в пространстве и во времени).

Зернопаропропашной севооборот блока 1 представлял собой чередование чистого пара, пшеницы озимой, кукурузы на силос и ячменя ярового. В блоке 2 в технологиях базового типа использовался чистый пар, в интенсивных - сидеральный, после которых на следующий год высевали пшеницу озимую, а затем - сахарную свеклу, после которой возделывали гречиху, через год – ячмень яровой.

Таблица 1 – Схема изучаемых факторов в опыте по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий

Тип агротехнологии **	Тип севооборота и применяемая система основной обработки * почвы в варианте								
	Зернопаропропашной			Зернотравянопропашной			Зернотравяной		
	О	Б/О	КОМБИ	О	Б/О	КОМБИ	О	Б/О	КОМБИ
Экстенсивный	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Базовый	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Базовый + мелиоранты	+	-	+	+	-	-	+	-	-
Интенсивный	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Интенсивный + орг. удобрения	+	+	+	+	-	-	+	-	-

Примечание:

* система почвообработки: О – отвальная, БО – безотвальная, КОМБИ - комбинированная

** К агротехнологиям экстенсивного типа относились варианты без внесения удобрений и мелиорантов, базового типа - варианты с внесением одинарной *** (базовой) дозы минеральных удобрений и мелиорантов (в дозе 2 т/га известняковой муки под чистый пар или под пшеницу озимую раз в ротацию), интенсивного типа - варианты с внесением двойной *** (повышенной) дозы минеральных удобрений, а также с внесением органических удобрений (в дозе 12 т/га навоза - чистый пар или под пшеницу озимую раз в ротацию).

*** одинарная доза для пшеницы мягкой озимой – $N_{32}P_{39}K_{39}$ (двойная – $N_{64}P_{78}K_{78}$), для ячменя ярового – $N_{26}P_{38}K_{38}$ (двойная – $N_{52}P_{76}K_{76}$)

Зернопаропропашной севооборот блока 1 представлял собой чередование чистого пара, пшеницы озимой, кукурузы на силос и ячменя ярового. В блоке 2 в технологиях базового типа использовался чистый пар, в интенсивных – сидеральный, после которых высевали пшеницу озимую, а затем – сахарную свеклу, после которой возделывали гречиху, через год – ячмень яровой. Зернотравянопропашной севооборот представлял собой чередование пшеницы озимой, кукурузы на силос, ячменя ярового и однолетних трав, а в зернотравянном из данного чередования культур исключали кукурузу, а однолетние травы заменены на многолетние. При системе отвальной основной обработки почвы проводили отвальные разноглубинные обработки под все культуры севооборота, за исключением вариантов интенсивной технологии блока 2 опыта, где среднюю (согласно ГОСТ 16265-89, обычная) отвальнюю обработку выполняли под пшеницу озимую, а поверхностную (на глубину 10-12 см) под ячмень яровой. Система комбинированной основной обработки почвы заключалась в проведении вспашки – под пропашную культуру и мелких безотвальных (на глубину 12-15 см) обработок под остальные культуры севооборота (за исключением вариантов интенсивной технологии блока 2 опыта, где поверхностную обработку выполняли под пшеницу озимую, а нулевая – под ячмень яровой). При системе безотвальной основной обработки проводили среднюю (на глубину 18-20 см) безотвальную обработку под пропашные культуры и мелкие безотвальные под остальные культуры.

Почва опытного поля ФГБНУ «Курский ФАНЦ» представлена черноземами типичными неэродированными и слабоэродированными тяжелосуглинистыми среднемощными со следующей агрохимической характеристикой в слое 0-20 см: содержание гумуса (по Тюрину) - 5,1-5,9%; pH солевой вытяжки - 5,1-7,1; гидролитическая кислотность (по Каппену) - 2,0-5,1 мг-экв./100 г почвы; сумма поглощенных оснований (трилонометрическим метод) - 23,6-36,3 мг-экв./100 г почвы; содержание общего азота (по Кельдалю) - 0,20-0,28%; содержание щелочногидролизуемого азота (по Корнфилду) - 162-204 мг/кг почвы; Р₂O₅ (по Чирикову) - 96-180 мг/кг почвы; K₂O (по Чирикову) - 62-128 мг/кг почвы. Агротехника – общепринятая для условий ЦЧР, размер учетной делянки – 100 м². В опыте использовались районированные сорта пшеницы мягкой озимой – Синтетик (оригинатор – ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»), ячменя ярового – Суздалец (оригинаторы – ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка», ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», ФГБНУ «Курский ФАНЦ», ФГБНУ ФНАЦ ВИМ).

Для реализации поставленных цели и задач автором с 2008 по 2018 года проведен полевой поисковый опыт по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий по двум направлениям исследований:

- 1) по определению целесообразных предшественников, систем и способов основной обработки почвы, способствующих оптимизации потребления ресурсов в технологиях возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового различного уровня интенсивности на черноземах типичных ЦЧР;
- 2) по изучению последствий применения ресурсосберегающих агроприемов на плодородие почвы, структуру урожая и основные показатели качества зерна пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового в агротехнологиях различного уровня интенсивности.

В процессе исследований во всех изучаемых вариантах проводили учеты и сопутствующие наблюдения по общепринятым методам и методикам. Химические анализы почвенных и растительных образцов проводили в аналитическом центре коллективного пользования Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии.

ГЛАВА 3 ЭФФЕКТИВНЫЕ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для успешного внедрения элементов ресурсосбережения в агротехнологиях необходимо использовать комплексный подход, учитывающий влияние основных природных и антропогенных факторов и нацеленный на эффективную работу каждого используемого ресурса. В таком случае ресурсосберегающую технологию необходимо рассматривать как комплекс ресурсосберегающих приемов, способствующих снижению

потребления необходимых ресурсов и повышению рентабельности производства продукции при обязательном условии сохранения почвенного плодородия. Основная роль в ресурсосберегающих технологиях должна отводиться севооборотам, основной обработке почвы, системам удобрения и защиты растений.

3.1 Влияние севооборотов на накопление продуктивной влаги в почве и засоренность посевов

Для оценки ресурсосберегающего эффекта в агротехнологиях возделывания пшеницы озимой и ячменя ярового выбрано по три целесообразных предшественника для каждой изучаемой культуры в различных видах севооборотов. В ходе проведенных исследований установлено, что в начальных фазах вегетации озимой пшеницы наибольшее количество продуктивной влаги наблюдалось в метровом слое в вариантах, где предшественниками были чистый пар и многолетние травы, а наименьшее – по однолетним травам (рисунок 1), что, в очередной раз доказывает важную роль чистого пара в накоплении почвенной влаги.

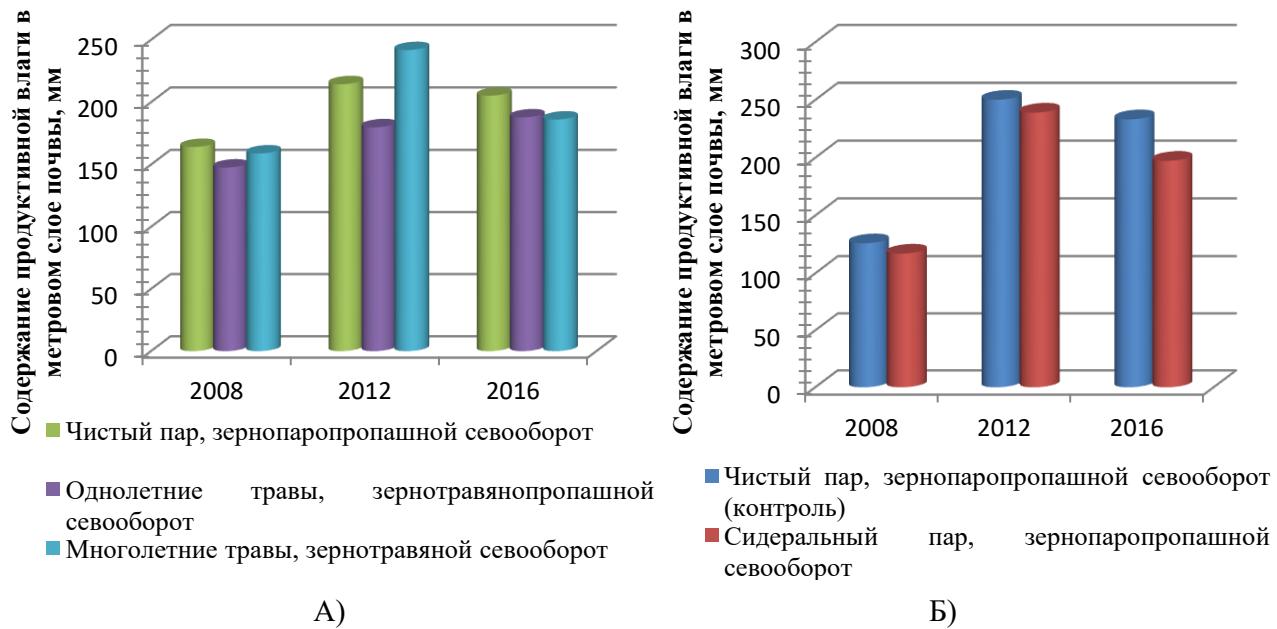


Рисунок 1 - Содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы в посевах пшеницы озимой в период возобновления весенней вегетации (по различным предшественникам): А) в блоке 1, Б) в блоке 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих агротехнологий.

В среднем, в посевах озимой пшеницы по парам и многолетним травам в метровом слое почвы содержалось 184,5-203,2 мм продуктивной влаги, по однолетним травам – 171,9 мм, что на 7-18% (12,6-31,3 мм) меньше. Запасы продуктивной влаги в период возобновления весенней вегетации озимой пшеницы в слое 0-40 см под чистым паром и многолетними травами были практически равные, но в нижележащем слое 40-100 см под многолетними

травами отмечено ее заметное снижение, сходное со значениями запасов после однолетних трав.

Предшественники ячменя ярового также оказали существенное влияние на изменение запасов продуктивной влаги: в слое почвы 0-100 см в засушливые годы (2009 г.) они были больше по предшественнику пшеница озимая, а в увлажненные (2013, 2017 гг.) – по предшественнику гречиха. По слоям различия составляли более 5,3 мм (2-25% от содержания продуктивной влаги в изучаемом слое почвы). В среднем, в слое 0-40 см влаги больше содержалось по предшественнику пшеница озимая (89,5 мм против 85,0 мм по предшественнику гречиха), что объясняется различиями в их корневой системе.

При сравнении содержания продуктивной влаги в посевах ячменя по предшественнику – гречиха и по предшественнику – кукуруза на силос, явное преимущество было за первым: в посевах ячменя по предшественнику кукуруза на силос в двух изучаемых вариантах продуктивной влаги накопилось значительно меньше: в слое 0-100 см в среднем на 21 мм (на 15%), что подтверждает мнение о том, что кукуруза на силос чрезмерно расходует почвенную влагу и не способствует ее накоплению. По слоям различия составляли до 10,3 мм (6-27% в зависимости от содержания продуктивной влаги в изучаемом слое почвы).

В подавлении сорняков наиболее действенными предшественниками озимых являются чистые пары, в которых наиболее полно очищаются поля от многолетних и однолетних сорняков ярового типа (Морозов Н.А. и др., 2017). Данный факт был подтвержден и в результате проведенных исследований. Так, при возделывании пшеницы озимой по чистому пару, во всех случаях наблюдалась минимальная (по сравнению с другими вариантами) засоренность посевов, в том числе и многолетними сорняками. При посеве пшеницы озимой по однолетним травам в большинстве случаев наблюдалось повышение засоренности, особенно многолетними сорняками (на 72% и более). В свою очередь, посев пшеницы озимой по многолетним травам в зернотравяном севообороте способствовал еще большему засорению посевов: до 248% по сравнению с посевами однолетних трав и от 2,7 раз выше по сравнению с парами.

Посевы ячменя ярового, в среднем за годы исследований (2010-2018 гг.), менее засоренными были по предшественнику гречиха, более – по кукурузе на силос (в начальные фазы развития - в 1,3-1,4, а перед уборкой - в 2,3-2,7 раза) и наиболее засоренными – по пшенице озимой (в начальные фазы развития – в 1,7, а перед уборкой - в 2,7 раза). При посеве ячменя по гречихе количество многолетних сорняков было меньше по сравнению с остальными предшественниками (более чем на 33%).

К концу вегетации, в результате применения гербицидов, нарастания зеленой массы культурных растений и естественного проявления в большей степени конкурирующих способностей, число сорняков в посевах пшеницы озимой и ячменя ярового уменьшалось на 30 и более процентов. Так, в среднем за 2008-2018 гг., за период вегетации вследствие конкурентных способностей возделываемых культур и однократного применения гербицидов, засоренность посевов ячменя снижалась в 1,6-3,9 раза, а пшеницы озимой – 1,3-2,3 раза.

3.2. Эффективность систем и способов основной обработки почвы в агротехнологиях различного уровня интенсивности

В результате исследований установлено, что основная обработка почвы значительно влияет на твердость почвы как перед посевом зерновых культур, так и ко времени их уборки. При использовании средней безотвальной обработки наблюдали повышение твердости до 18%, а мелкой безотвальной обработки – до 32% по сравнению с аналогичными вариантами по вспашке. Максимальная твердость почвы отмечена при применении интенсивной технологии возделывания ячменя с поверхностной обработкой почвы, превышая значения аналогичной базовой агротехнологии в 1,2-1,3 раза. С увеличением глубины почвообработки снижается твердость пахотного слоя почвы (0-20 см), а с увеличением интенсификации агротехнологий, связанной с повышением количества выполняемых агроприемов, твердость повышается, причем такая тенденция сохраняется на всем протяжении вегетационного периода возделываемых культур.

Установлено значительное влияние различных способов основной обработки почвы на накопление продуктивной влаги в посевах пшеницы озимой: запасы ее в метровом слое почвы в период возобновления весенней вегетации в среднем за годы проведенных исследований, по классификации А.Ф. Вадюниной (1986), были отнесены к очень хорошим (171,4 – 203,2 мм) вне зависимости от используемого способа основной обработки почвы и типа агротехнологии, в то время как для посевов ячменя ярового (рисунок 2) хорошие запасы отмечались лишь в варианте базовой агротехнологии с отвальной системой основной обработки почвы (в среднем за 2010-2018 гг. - 143,8 мм), а в остальных случаях они были удовлетворительными (104,6-129,3 мм).

Максимальные запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы отмечены по отвальной и мелкой безотвальной обработкам (143,8-203,2 мм в среднем за период исследований по обеим культурам). При применении базовых агротехнологий наблюдали более высокое содержание продуктивной влаги почвы (по сравнению с технологиями интенсивного типа) в 1,1-1,2 раза.

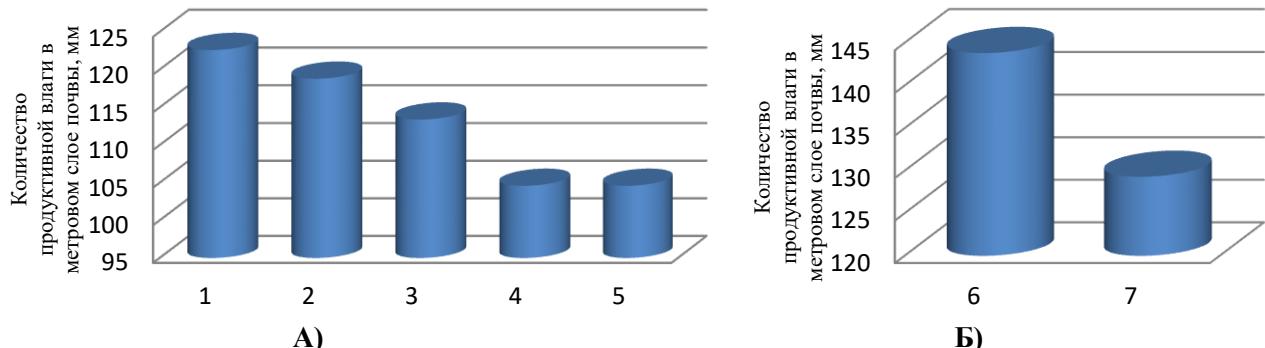


Рисунок 2 - Содержание продуктивной влаги в метровом слое после посева ячменя ярового: А) в блоке 1, Б) в блоке 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих агротехнологий (среднее, за 2010-2018 гг.), где:

- 1 - Базовая технология блока 1, средняя отвальной обработка под ячмень;
- 2 - Базовая технология блока 1, средняя безотвальная обработка под ячмень;
- 3 - Базовая технология блока 1, мелкая безотвальная обработка под ячмень;
- 4 - Интенсивная технология блока 1, средняя отвальная обработка под ячмень;
- 5 - Интенсивная технология блока 1, мелкая безотвальная обработка под ячмень;
- 6 - Базовая технология блока 2, средняя отвальная обработка под ячмень;
- 7 - Интенсивная технология блока 2, поверхностная обработка под ячмень.

Наименьшая засоренность отмечена при применении базовых технологий возделывания пшеницы озимой и ячменя ярового, в которых проводили отвальную обработку почвы. При возделывании пшеницы озимой наибольшее количество сорных растений было весной 2008 года – 22 шт./м², а к времени уборки снизилось до 4 шт./м² (рисунок 3).

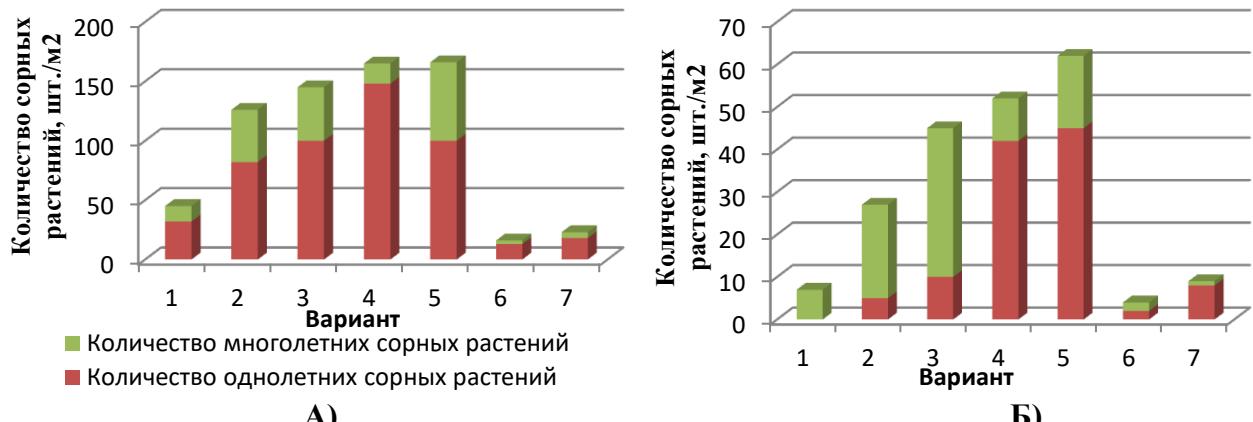


Рисунок 3 - Количество сорных растений в посевах пшеницы (среднее, за 2008-2016 гг.), находящейся в фазе возобновления весенней вегетации (А) и перед уборкой (Б), где:

- 1 - Базовая технология блока 1, средняя отвальная обработка под чистый пар, контроль;
- 2 - Базовая технология блока 1, средняя безотвальная обработка под чистый пар;
- 3 - Базовая технология блока 1, мелкая безотвальная обработка под чистый пар;
- 4 - Интенсивная технология блока 1, средняя отвальная обработка под чистый пар;
- 5 - Интенсивная технология блока 1, мелкая безотвальная обработка под чистый пар;
- 6 - Базовая технология блока 2, средняя отвальная обработка под чистый пар;
- 7 - Интенсивная технология блока 2, средняя отвальная обработка под пшеницу озимую.

Максимальная засоренность посевов (от 71 до 216 шт./м² в фазе возобновления весенней вегетации пшеницы озимой и начальных фазах развития ячменя ярового в различные годы исследований и от 40 до 92 шт./м² перед уборкой возделываемых культур) наблюдалась в варианте с интенсивной агротехнологией, где применяли мелкую безотвальную обработку почвы. То есть, с увеличением интенсивности агротехнологий и минимизацией глубины обработки почвы, возрастает засоренность посевов пшеницы озимой и ячменя ярового.

ГЛАВА 4 ВЛИЯНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ АГРОПРИЕМОВ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ, СТРУКТУРУ УРОЖАЯ И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЗЕРНА В АГРОТЕХНОЛОГИЯХ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ ИНТЕНСИВНОСТИ

4.1 Содержание органического вещества и кислотность почвы при использовании ресурсосберегающих агроприемов

При сопоставлении данных до закладки опыта в 1984 году и при проведении исследований, выявлено, что при использовании зернопаропропашного севооборота с чистым паром наблюдаются максимальные потери органического вещества за весь период исследований (его содержание в слое 0-20 см сократилось от исходного в варианте технологии экстенсивного типа с отвальной системой обработки почвы: с 5,9 до 5,0% - в среднем по 0,029% за год (рисунок 4). Минимальные потери органического вещества отмечены при использовании интенсивной технологии в зернопаропропашном севообороте с комбинированной системой основной обработки почвы, внесении двойной дозы минеральных удобрений и 12 т/га навоза, где отмечалось снижение содержания с 5,9 до 5,6%.

В результате применения различных агроприемов наблюдали повышение обменной кислотности почвы как по отношению ко времени закладки опыта (6,5 единиц), так и на протяжении 3 ротаций периода исследований. При использовании агротехнологий интенсивного типа вне зависимости от используемой системы основной обработки почвы, за три ротации севооборота значение pH существенно не изменилось. Вероятно, данный эффект связан с включением в севооборот сидеральных культур (люпина), заделка в почву которых способствовала созданию условий, в результате которых снижалась обменная кислотность почвы.

Наименьшие темпы изменения кислотности отмечены при использовании экстенсивных агротехнологий, в которых не вносили удобрения и где по прошествии 8 ротаций наблюдалось подкисление почвы на 1,4-1,6 единиц (22-25%), тогда как при внесении одинарной (базовой) дозы минеральных удобрений величина Ph почвы повысилась на 26-29% от исходных значений.

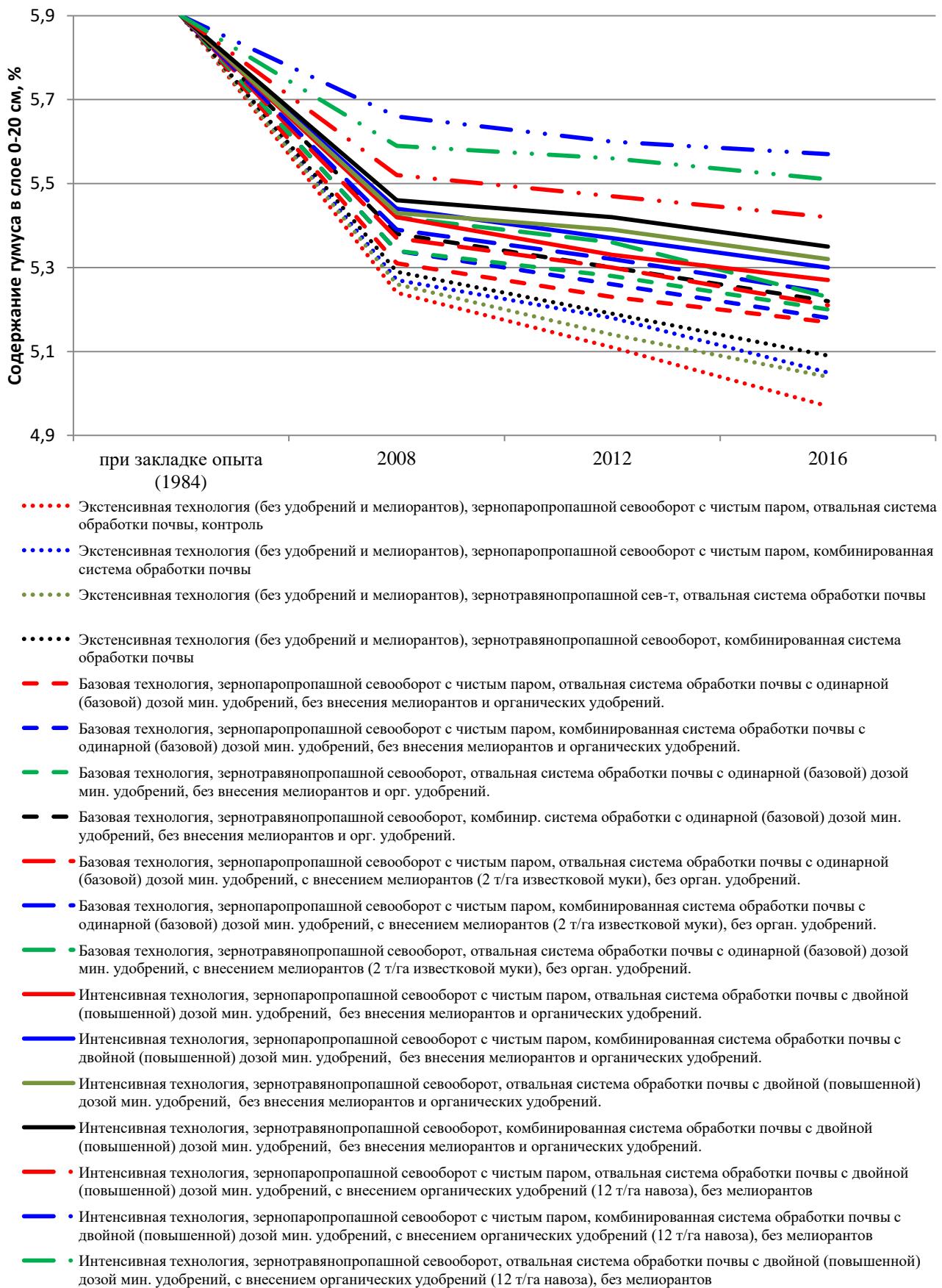


Рисунок 4 – Динамика содержания гумуса в слое почвы 0-20 см после уборки озимой пшеницы в различных севооборотах и системах основной обработки почвы, применении минеральных и органических удобрений, а также химических мелиорантов

Внесение в качестве мелиоранта 2 т/га известняковой муки в агротехнологиях базового типа способствовало снижению кислотности на 12-14% от аналогичных вариантов базовых агротехнологий, в которых не вносили мелиоранты (рисунок 5). В зернотравянопропашном севообороте с применением известняковой муки почва относилась к слабокислой ($\text{pH KCl} - 5,4$), а в зернопаропропашном – близкой к нейтральной ($\text{pH KCl} 5,6-5,7$).

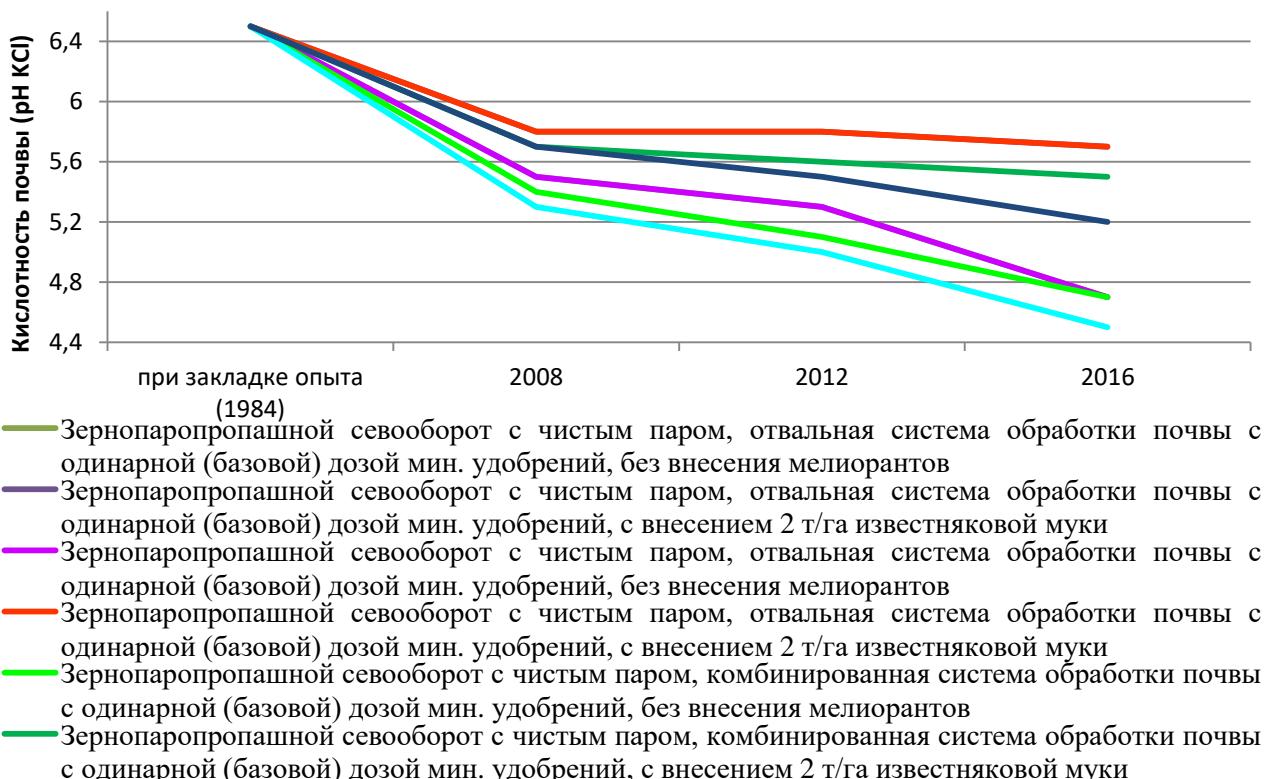


Рисунок 5 – Динамика кислотности (pH KCl) в пахотном слое почвы после уборки пшеницы озимой в различных севооборотах и системах основной обработки почвы, применении минеральных и органических удобрений, а также мелиорантов.

Таким образом, повышение количества применяемых минеральных удобрений ведет к подкислению почвы, а внесение 2 т/га известняковой муки недостаточно для нейтрализации негативных явлений в виде подкисления почвы.

4.2 Влияния ресурсосберегающих агроприемов на содержание макроэлементов в почве

На основе проведенного анализа эффективность влияния изучаемых агротехнологий на изменение плодородия почв (таблица 2) с использованием Методики оценки плодородия почв (Масютенко Н.П. и др., 2012), были сформулированы следующие положения относительно влияния изучаемых ресурсосберегающих агроприемов на содержание макроэлементов в почве:

- ежегодное применение экстенсивных агротехнологий ведет к снижению плодородия почвы, особенно в отношении подвижных форм фосфора и калия;

Таблица 2 - Эффективность влияния агротехнологий на изменение уровня плодородия в слое почвы 0-40 см после уборки пшеницы озимой (по данным за 2008-2016 гг)

Вариант	Характеристика основных показателей плодородия почвы в слое 0-40 см			Значение совокупного показателя плодородия почвы*	Уровень плодородия почвы				
	показатель содержания	единица измерения	значение						
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>			
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки, абсолютный контроль	Гумус	%	4,93	66,66	Повышенный				
	pH _{KCl}	ед.	5,5						
	P ₂ O ₅	мг/кг	125						
	K ₂ O	мг/кг	83						
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	Гумус	%	4,99	64,80	Средний				
	pH _{KCl}	ед.	5,3						
	P ₂ O ₅	мг/кг	125						
	K ₂ O	мг/кг	81						
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Гумус	%	5,02	64,98	Средний				
	pH _{KCl}	ед.	5,3						
	P ₂ O ₅	мг/кг	120						
	K ₂ O	мг/кг	87						
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	Гумус	%	4,99	63,54	Средний				
	pH _{KCl}	ед.	5,2						
	P ₂ O ₅	мг/кг	117						
	K ₂ O	мг/кг	86						
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – N₃₂P₃₉K₃₉ и N₂₆P₃₈K₃₈ при возделывании ячменя, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>									
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Гумус	%	5,16	75,66	Повышенный				
	pH _{KCl}	ед.	5,2						
	P ₂ O ₅	мг/кг	193						
	K ₂ O	мг/кг	96						
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	Гумус	%	5,15	73,84	Повышенный				
	pH _{KCl}	ед.	5,1						
	P ₂ O ₅	мг/кг	181						
	K ₂ O	мг/кг	96						
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Гумус	%	5,18	75,00	Повышенный				
	pH _{KCl}	ед.	5,0						
	P ₂ O ₅	мг/кг	185						
	K ₂ O	мг/кг	107						
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	Гумус	%	5,16	73,26	Повышенный				
	pH _{KCl}	ед.	4,9						
	P ₂ O ₅	мг/кг	176						
	K ₂ O	мг/кг	109						
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	Гумус	%	5,17	87,13	Высокий				
	pH _{KCl}	ед.	6,1						
	P ₂ O ₅	мг/кг	160						
	K ₂ O	мг/кг	143						
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная ресурсосбер. система обработки почвы	Гумус	%	5,19	84,04	Высокий				
	pH _{KCl}	ед.	6,0						
	P ₂ O ₅	мг/кг	145						
	K ₂ O	мг/кг	145						

Продолжение Таблицы 2

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$ (оз. пшеница) и $N_{26}P_{38}K_{38}$ (яр. ячмень), с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без орг. удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Гумус	%	5,17	87,32	Высокий
	pH _{KCl}	ед.	5,8		
	P ₂ O ₅	мг/кг	233		
	K ₂ O	мг/кг	122		
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	Гумус	%	5,16	84,00	Высокий
	pH _{KCl}	ед.	5,6		
	P ₂ O ₅	мг/кг	198		
	K ₂ O	мг/кг	115		
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Гумус	%	5,17	86,87	Высокий
	pH _{KCl}	ед.	5,5		
	P ₂ O ₅	мг/кг	228		
	K ₂ O	мг/кг	134		
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ (оз. пшеница) и $N_{52}P_{76}K_{76}$ (яр. ячмень), без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Гумус	%	5,21	76,37	Повышенный
	pH _{KCl}	ед.	4,8		
	P ₂ O ₅	мг/кг	257		
	K ₂ O	мг/кг	123		
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	Гумус	%	5,22	73,96	Повышенный
	pH _{KCl}	ед.	4,60		
	P ₂ O ₅	мг/кг	227		
	K ₂ O	мг/кг	121		
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Гумус	%	5,30	76,51	Повышенный
	pH _{KCl}	ед.	4,7		
	P ₂ O ₅	мг/кг	229		
	K ₂ O	мг/кг	131		
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	Гумус	%	5,29	75,38	Повышенный
	pH _{KCl}	ед.	4,6		
	P ₂ O ₅	мг/кг	214		
	K ₂ O	мг/кг	129		
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	Гумус	%	5,35	95,49	Очень высокий
	pH _{KCl}	ед.	6,4		
	P ₂ O ₅	мг/кг	185		
	K ₂ O	мг/кг	168		
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосб. почвообработка	Гумус	%	5,33	92,59	Высокий
	pH _{KCl}	ед.	6,4		
	P ₂ O ₅	мг/кг	169		
	K ₂ O	мг/кг	162		
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ (оз. пшеница) и $N_{52}P_{76}K_{76}$ (яр. ячмень), с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Гумус	%	5,33	79,17	Повышенный
	pH _{KCl}	ед.	4,9		
	P ₂ O ₅	мг/кг	320		
	K ₂ O	мг/кг	128		
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	Гумус	%	5,45	77,59	Повышенный
	pH _{KCl}	ед.	4,8		
	P ₂ O ₅	мг/кг	279		
	K ₂ O	мг/кг	125		
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Гумус	%	5,46	77,80	Повышенный
	pH _{KCl}	ед.	4,7		
	P ₂ O ₅	мг/кг	309		
	K ₂ O	мг/кг	135		

* - исходный уровень плодородия почвы при закладке опыта, на основании информации, приведенной в разделе 2, в блоке 1 характеризовался как высокий (87,0%), в блоке 2 – как повышенный (75,4%)

- использование агротехнологий базового и интенсивного типов гарантирует поддержание повышенного уровня плодородия почвы, наиболее эффективны варианты зернопаропропашного севооборота с отвальной системой обработки почвы, причем самым эффективным и сбалансированным был вариант, предусматривающий наличие сидерального пара. С увеличением доз вносимых удобрений повышался уровень плодородия почв;
- с повышением уровня интенсивности используемых агротехнологий наибольшее лимитирующее значение приобретает кислотность почвы, поэтому обязательным приемом при использовании базовых и интенсивных агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур должно быть периодическое внесение 2 т/га известняковой муки, которая повышала плодородие почвы до высоких значений;
- одним из лимитирующих факторов, препятствующих повышению уровня плодородия почвы в изучаемых вариантах опыта, было недостаточное содержание подвижных форм фосфора и калия в слое почвы 0-40 см. При этом, лимитирующим фактором для вариантов с зернопаропропашным севооборотом в большинстве случаев являлось содержание подвижных форм калия, а для зернотравянопропашных севооборотов – подвижных форм фосфора.

4.3 Влияние ресурсосберегающих агроприемов на структуру урожая пшеницы озимой и ячменя ярового

Основным фактором, влияющим на повышение густоты стояния исследуемых растений и степень сохранности продуктивных стеблей к уборке, являлась система применяемых удобрений. Так, внесение одинарной (базовой) дозы минеральных удобрений повышало густоту стояния растений в среднем по опыту на 8-30% в посевах пшеницы озимой и на 4-11% в посевах ячменя ярового. Внесение двойной (повышенной) дозы минеральных удобрений способствовало дополнительному (по отношению к одинарной дозе) повышению густоты стояния возделываемых растений до 9% вне зависимости от возделываемой культуры. Наиболее значимое повышение (на 16-38%) густоты стояния растений озимой пшеницы отмечено при использовании интенсивной агротехнологии блока 2 опыта, что связано с положительной ролью предшественника возделываемой культуры – сидерального пара (Пыхтин И.Г., Гостев А.В., 2012).

Установлено, что на степень сохранности продуктивных стеблей к уборке достоверно влияли используемые системы обработки почвы: при безотвальной и комбинированной системах повышалась степень сохранности продуктивных стеблей до 3,92% в посевах пшеницы озимой и до 1,34% в посевах ячменя.

Анализ полученных данных позволил также установить, что озерненность колоса и масса 1000 зерен обусловлена, в основном, фоном минерального питания (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели структуры урожая пшеницы озимой и ячменя ярового в зависимости от применяемых севооборотов, систем основной обработки почвы и доз удобрений (по данным за 2008-2016 гг.).

Вариант	Пшеница озимая	Ячмень яровой		
	ср. кол.-во зерен в колосе, шт.	масса 1000 зёрен, г	ср. кол.-во зерен в колосе, шт.	масса 1000 зёрен, г
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>				
Блок 1, ЗПП*, вспашка **, контроль	35	37,92	22	44,50
Блок 1, ЗПП*, комбинир. **	35	37,44	20	43,82
Блок 1, ЗТП*, вспашка **	36	37,66	20	44,09
Блок 1, ЗТП*, комбинир. **	37	36,44	19	43,13
<i>Базовая технология с одинарной дозой мин. удобрений – N₃₂P₃₉K₃₉ при возделывании оз. пшеницы и N₂₆P₃₈K₃₈ - ячменя, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, ЗПП*, вспашка **	37	38,18	23	45,45
Блок 1, ЗПП*, комбинир. **	37	37,54	22	45,04
Блок 1, ЗТП*, вспашка **	38	37,90	23	45,00
Блок 1, ЗТП*, комбинир. **	38	37,21	21	44,67
Блок 2, ЗПП*, вспашка **	38	40,79	25	44,75
Блок 2, ЗПП*, безотвал. **	37	39,86	23	44,31
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – N₃₂P₃₉K₃₉ при возделывании оз. пшеницы и N₂₆P₃₈K₃₈ - ячменя, с внесением 2 т/га известняковой муки.</i>				
Блок 1, ЗПП*, вспашка **	38	38,64	24	45,67
Блок 1, ЗПП*, комбинир. **	38	37,87	22	45,27
Блок 1, ЗТП*, вспашка **	38	38,20	23	45,50
<i>Интенсивная технология с двойной дозой мин. удобрений – N₆₄P₇₈K₇₈ при возделывании озимой пшеницы и N₅₂P₇₆K₇₆ - ячменя, без внесения мелиорантов и орг.удобрений.</i>				
Блок 1, ЗПП*, вспашка **	38	39,41	26	45,98
Блок 1, ЗПП*, комбинир. **	39	38,46	24	45,39
Блок 1, ЗТП*, вспашка **	41	38,69	25	45,65
Блок 1, ЗТП*, комбинир. **	41	38,16	24	45,00
Блок 2, ЗПП*, вспашка **	39	43,17	25	46,18
Блок 2, ЗПП*, комбинир. **	38	41,96	23	45,45
<i>Интенсивная технология с двойной дозой мин. удобрений – N₆₄P₇₈K₇₈ при возделывании озимой пшеницы и N₅₂P₇₆K₇₆ - ячменя, с внесением 12 т/га навоза, без мелиорантов</i>				
Блок 1, ЗПП*, вспашка **	42	40,04	27	46,71
Блок 1, ЗПП*, комбинир. **	41	39,39	26	45,87
Блок 1, ЗТП*, вспашка **	42	39,69	25	46,44
HCP _{0,5} для обработки почвы	3	0,41	3	0,35
HCP _{0,5} для севооборота	3	0,36	3	0,36
HCP _{0,5} для типа агротехнологии	2	0,29	2	0,32
HCP _{0,5} для мелиорантов	1	0,30	2	0,41
HCP _{0,5} для орг. удобрений	2	0,35	3	0,41

*ЗПП – зернопаропропашной севооборот, ЗТП – зернотравянопропашной севооборот.

**вспашка – отвальная система основной обработки почвы

комбинир. – комбинированная система основной обработки почвы

безотвал. – безотвальная система основной обработки почвы

Так, при внесении одинарных (базовых) доз удобрения при возделывании пшеницы озимой повышалась озерненность колоса в среднем на 3-6%, а внесение повышенных доз минеральных удобрений удваивало этот эффект.

Минимальное значение количества зерен в колосе изучаемых культур наблюдалось в технологиях экстенсивного типа, однако по пшенице озимой замена чистого пара на травы приводила к повышению среднего количества зерен к колосе (с 35 до 37 шт.), а по ячменю яровому - к незначительному снижению (с 22 до 19 шт.). Также установлено, что замена чистого пара на травы во всех случаях приводила к снижению массы 1000 зерен изучаемых культур по отношению к зернопаропропашному севообороту.

Максимальные значения озерненности колоса и массы 1000 зерен, наблюдались при выращивании обеих культур с применением агротехнологий интенсивного типа. Выявлено, что внесение органических удобрений в зернопаропропашных и зернотравянопропашных севооборотах способствует повышению озерненности и массы 1000 зерен пшеницы озимой и ячменя ярового до 11%.

4.4. Влияние применения ресурсосберегающих приемов на урожайность и показатели качества зерна

Наиболее значительные прибавки урожайности в изучаемых вариантах были получены от внесения минеральных удобрений (рисунок 6). Так, применительно к посевам пшеницы озимой они способствовали повышению урожайности до 21% при одинарных (базовых) дозах и до 45% при двойных (по сравнению с вариантами без удобрений). При возделывании ячменя ярового прибавки были существеннее: до 36% и 58% соответственно, что, в свою очередь, в большинстве случаев приводило к более высоким значениям окупаемости вносимых удобрений: на 1 кг д.в. внесенных удобрений прибавка урожая составила 6,57-6,86 кг в агротехнологиях базового типа и 5,20-5,39 кг в агротехнологиях интенсивного типа против 2,00-3,36 кг и 3,05-3,41 кг соответственно при возделывании пшеницы озимой по таким агротехнологиям.

Установлено, что внесение навоза в дозе 12 т/га раз в ротацию способствует существенному повышению урожайности пшеницы озимой и ячменя на 2-14%, причем наибольшие прибавки при его внесении (0,55 т/га при возделывании пшеницы озимой и 0,35 т/га при возделывании ячменя ярового) отмечались в вариантах с применением отвальной системы обработки почвы.

Влияние внесенных мелиорантов в дозе 2 т/га раз в ротацию способствовало существенному повышению урожайности в среднем на 5-10% пшеницы озимой лишь в 4 случаях из 9 (вероятность - 44%) и на 2-16% ячменя ярового в 3 случаях из 9 (вероятность - 33%), причем наибольший существенный эффект от их внесения наблюдался при использовании отвальной системы почвообработки.

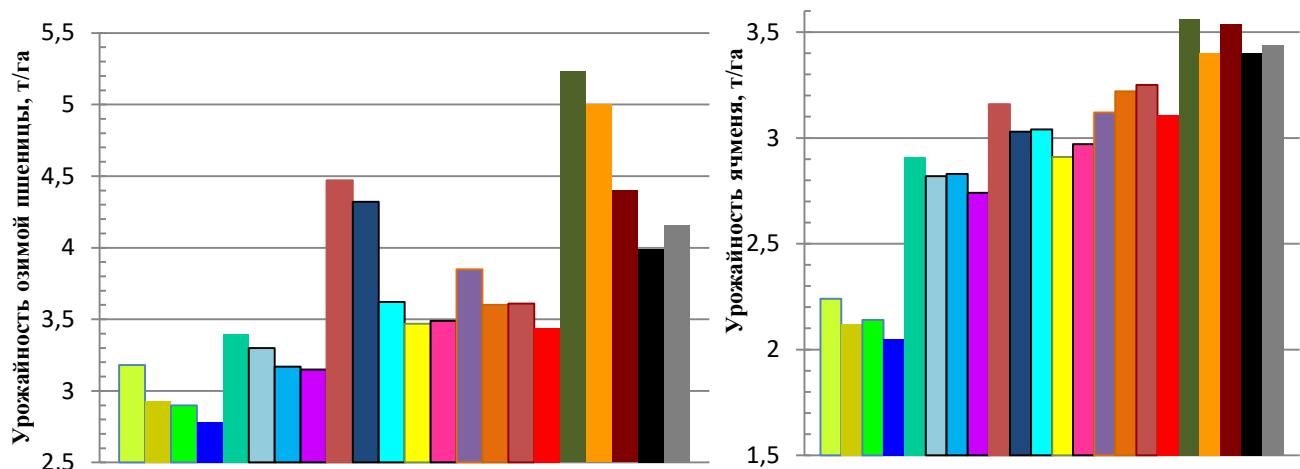


Рисунок 6 - Урожайность зерна пшеницы озимой (слева) и ячменя ярового (справа) при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений (по данным за 2008-2016 гг.)

Проведенная статистическая обработка полученных экспериментальных данных (таблица 4) свидетельствует о связи урожайности пшеницы озимой с показателями плодородия почвы, изменяющимися при использовании агротехнологий.

Таблица 4 – Зависимость между урожайностью пшеницы озимой и показателями плодородия чернозема типичного

Признаки	Пределы варьирования	Коэффициент регрессии, b_y	Коэффициент корреляции, R^2	Коэффициент детерминации
Урожайность пшеницы озимой, т/га	2,78-4,40	-	-	-
Содержание гумуса, %	4,97-5,57	$b_{yx1} = 0,962$	0,32	0,10
pH KCl	4,6-5,8	$b_{yx2} = 0,606$	0,52	0,26
Содержание N-NO ₃ , мг/кг почвы	2,7-6,0	$b_{yx3} = 0,038$	0,02	0,00
Содержание N щг., мг/кг почвы	159,7-177,6	$b_{yx4} = 5,198$	0,63	0,40
Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг почвы	117-320	$b_{yx5} = 0,041$	0,36	0,13
Содержание K ₂ O, мг/кг почвы	81-135	$b_{yx6} = 0,245$	0,90	0,82

Таким образом, колебания значений урожайности пшеницы озимой были обусловлены, в первую очередь, изменениями содержания подвижных форм калия (единственная среди всех признаков весьма высокая корреляционная зависимость: коэффициент корреляции – 0,9), во вторую, - щелочногидролизуемого азота, а также кислотностью почвы (согласно шкале Чеддока (Кремлев, 2001), заметная зависимость), в третью – содержанием подвижных форм фосфора и гумуса (умеренная зависимость). Изменения в содержании нитратного азота не ограничивали урожайность в агротехнологиях различного уровня интенсивности (единственная среди всех признаков слабая корреляционная зависимость: коэффициент корреляции: 0,02).

При анализе зерна пшеницы озимой было установлено, что из-за довольно высоких значений ИДК (80-85), в большинстве случаев являющихся лимитирующими, согласно ГОСТ 9353-2016, зерно относилось к 3 классу качества. При возделывании ячменя ярового применение удобрений в дозе N₅₂P₇₆K₇₆ в среднем по годам проводимых исследований способствовало повышению натуры (до 630 г/л и выше) и, следовательно, его класса качества.

Установлено, что севообороты, системы основной обработки почвы и удобрений существенно влияют на показатели качества зерна возделываемых культур. При внесении базовой (одинарной) и повышенной (двойной) доз минеральных удобрений существенно повышается натура зерна пшеницы озимой (в среднем на 2-5%) и ячменя ярового (в среднем на 1-3%). В свою очередь, наименьшие значения белка и ИДК, а также натуры зерна изучаемых

культур наблюдалась при использовании экстенсивных агротехнологий, особенно при использовании комбинированных систем основной обработки почвы. Максимальные значения исследуемых параметров наблюдались при использовании агротехнологий интенсивного типа с применением отвальной системы почвообработки, особенно при внесении органических удобрений (для пшеницы озимой мягкой: содержание клейковины – 28,5%, ИДК – 85, натура – 775 г/л, для ячменя ярового: содержание белка – 15,4%, натура – 645 г/л).

Внесение мелиорантов (2 т/га известняковой муки раз в севооборот) и органических удобрений (12 т/га навоза) не изменяло показатели качества зерна пшеницы озимой, но повышало показатели качества зерна ячменя ярового (содержанию белка и натуры зерна). Всего в 3-4 случаях из 9 при использовании мелиорантов и в 2 случаях из 9 при внесении органических удобрений установлено существенное повышение исходных значений содержания клейковины и ее качества в зерне пшеницы озимой.

Проведение регрессионного анализа (таблицы 5 и 6) позволило установить, что изучаемые факторы (севообороты, минеральные удобрения и способы основной обработки почвы) оказали статистически значимое влияние не только на урожайность, но и на показатели качества изучаемых культур, что, в свою очередь, позволило корректно представить модели зависимости средней урожайности и показателей качества зерна пшеницы озимой ($Y_{\text{по}}$) и ячменя ярового ($Y_{\text{яя}}$) от изучаемых факторов (X) и показать величину достоверной аппроксимации (R^2) и дисперсии (D):

Таблица 5 – Уравнения множественной регрессии зависимости урожайности и показателей качества зерна озимой пшеницы от типа севооборота, обработка почвы и доз минеральных удобрений

Показатели	Уравнения регрессии	R^2	D	Доля вклада, %
Урожайность, т/га	$Y_{\text{по}} = 3,22 - 0,30X_1 - 0,23X_2 + 0,03X_3 + 0,23 X_1X_3 + 0,21X_2X_3$	0,82	0,67	$X_1 - 29$ $X_2 - 20$ $X_3 - 51$
Натура зерна, г/л	$H_{\text{по}} = 735,2 - 20,5X_1 - 4,7X_2 + 13,3X_3 + 4,0X_1X_3 - 0,5X_2X_3$	0,99	0,97	$X_1 - 53$ $X_2 - 17$ $X_3 - 30$
Содержание клейковины, %	$K_{\text{по}} = 26,2 - 2,73X_1 - 0,99X_2 + 0,94X_3 + 0,73X_1X_3 - 0,23X_2X_3$	0,94	0,89	$X_1 - 28$ $X_2 - 26$ $X_3 - 46$
ИДК, ед.	$I_{\text{по}} = 81,6 - 0,5X_2 + 1,5X_3 - 0,5 X_1X_3$	0,86	0,80	$X_1 - 10$ $X_2 - 29$ $X_3 - 61$

где: X_1 – севообороты (0-зернопаропропашной, 1-зернотравянопропашной); X_2 – системы основной обработки почвы (0 – отвальная, 1-комбинированная), X_3 – минеральные удобрения, кг/га д.в. NPK (0 – без удобрений, 1 – 110, 2 – 220).

Таблица 6 – Уравнения множественной регрессии зависимости урожайности и показателей качества зерна ячменя ярового от типа севооборота, обработка почвы и доз минеральных удобрений

Показатели	Уравнения регрессии	R ²	D	Доля вклада, %
Урожайность, т/га	$Y_{яя} = 2,28 - 0,09X_1 - 0,11X_2 + 0,54X_3 + 0,03 X_1X_2 + 0,01X_2X_3 - 0,02 X_1X_2X_3$	0,98	0,95	X ₁ – 18 X ₂ – 10 X ₃ – 72
Натура зерна, г/л	$H_{яя} = 608,42 - 6,67X_1 - 3,75X_2 + 13,25X_3 + 3,75X_2X_3 - 3,0 X_1X_2X_3$	0,98	0,96	X ₁ – 30 X ₂ – 12 X ₃ – 58
Содержание белка, %	$B_{яя} = 13,48 + 0,07X_1 - 0,12X_2 + 0,4X_3 + 0,11X_1X_3 - 0,07 X_1X_2X_3$	0,99	0,98	X ₁ – 21 X ₂ – 15 X ₃ – 64

где: X₁ – севообороты (0-зернопаропропашной, 1-зернотравянопропашной); X₂ – системы основной обработки почвы (0 – отвальная, 1 –комбинированная), X₃ – минеральные удобрения, кг/га д.в. NPK (0 – без удобрений, 1 – 102, 2 – 204).

Глава 5. Оценка эффективности ресурсосбережения в агротехнологиях возделывания колосовых культур

5.1 Экономическая и энергетическая оценка ресурсосбережения

Исходя из значений урожайности и качества зерна, полученных в результате проведенных исследований, а также на основе расчета технологических схем и потребности в ресурсах для обеспечения каждой изучаемой технологий рассчитана их экономическая эффективность с помощью специального приложения в разработанной ранее программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья (Гостев А.В. и др., 2013). Анализ полученных данных показал, что с увеличением степени интенсификации технологии происходит увеличение затрат, приводящее к увеличению себестоимости продукции.

Так, в технологиях возделывания пшеницы мягкой озимой, на контроле общие затраты составили по отвальной системе 21230-23991 руб/га, по комбинированной 20459-21042 руб/га. Внесение пестицидов и одинарных (базовых) доз минеральных удобрений способствовало повышению затрат на 21-25% (на 6088,80-6923,58 руб/га), мелиорантов – дополнительно на 14-15% (на 4939,10 руб/га). Наибольшие затраты отмечались в агротехнологиях интенсивного типа: при внесении пестицидов и двойных (повышенных) доз минеральных удобрений на 14-16% (5018,55-5020,35 руб/га) по сравнению с базовыми агротехнологиями и на 32-36% (11109,15-11942,13 руб/га) по сравнению с экстенсивными. Внесение же органических удобрений в агротехнологиях интенсивного типа приводило к дополнительному увеличению затрат на 24-26% (на 11633,81 руб/га). Аналогичная

закономерность наблюдалась и при расчете экономической эффективности агротехнологий возделывания ячменя ярового, где внесение одинарных (базовых) доз минеральных удобрений повышало совокупные затраты на 22-24% (на 5861,33 руб/га) по сравнению с вариантами экстенсивных агротехнологий, а двойных (повышенных) – на 16-17% (на 5011,26 руб/га) дополнительно к заявленным.

Таким образом, наиболее экономически выгодным в большинстве случаев было применение комбинированной системы основной обработки почвы, особенно в сочетании с чистыми парами (зернопаропропашным севооборотом), позволяющее в 1,1-1,4 раза более эффективно использовать имеющиеся ресурсы, чем при использовании отвальной системы в аналогичном севообороте. Однако в севооборотах, предусматривающих пары, при расчете экономической эффективности следует учитывать не только год, в котором возделывалась культура по парам, но и год с паровым полем, тогда как, например, в зернотравянопропашных севооборотах расчет следует вести за один год, и, таким образом, последние с экономической точки зрения за годы исследований в большинстве случаев были более выгодны, а с точки зрения ресурсосбережения - наиболее целесообразны. Согласно расчетов, применение комбинированных систем основной обработки почвы способствовало повышению прибыли в 1,1-1,9 раза в сравнении с отвальными системами почвообработки, в которых наблюдались наименьшие показатели экономической эффективности.

Наиболее прибыльными агротехнологиями были базовые, применение которых позволяло получать рентабельность при возделывании пшеницы озимой на уровне 73-85% против 59-67% по экстенсивным и 55-60% по интенсивным агротехнологиям, а ячменя ярового - 4,5-25,5% против 0,8-16,0% и 0,3-10,4%, соответственно. Исключение составили агротехнологии возделывания ячменя, где в качестве основных способов основной обработки почвы под данную культуру использовали поверхностную и нулевую, обеспечивающие наибольшую экономическую эффективность среди рассматриваемых технологий возделывания ярового ячменя (рентабельность составила 37,5 и 46,4%, соответственно).

Среди всех исследуемых технологий возделывания изучаемых колосовых культур самой прибыльной была базовая технология возделывания пшеницы озимой по чистому пару с применением мелкой безотвальной обработки почвы – 23874 руб./га (в перерасчете на 1 год - 11937 руб./га), а наименее прибыльной – интенсивная технология возделывания ячменя в зернотравянопропашном севообороте с отвальной системой почвообработки (97 руб./га).

Аналогичные закономерности наблюдались и в случае энергетической оценки изучаемых агротехнологий: суммарные энергетические затраты возрастили с повышением уровня интенсивности используемых агротехнологий. Так, если в агротехнологиях экстенсивного типа они составили 6,2-7,3 ГДж в зависимости от возделываемой культуры, то для реализации базовых агротехнологий требовалось в 1,6-1,7 раза, а интенсивных – в 1,9-3,0 раза больше энергии (по сравнению с экстенсивными). Анализ полученных расчетов показал, что энергетический коэффициент производства зерна достигал максимальных значений в технологиях возделывания зерновых культур экстенсивного типа: 6,1-8,1, что соответствовало высоким уровням энергетической эффективности. Между тем, при возделывании пшеницы озимой по технологиям базового типа, энергетическая эффективность варьировала в пределах 6,5 – 6,9 единиц, что также соответствовало высокому уровню ресурсосбережения. В остальных случаях использования базовых, а также интенсивных агротехнологий степень ресурсосбережения характеризовалась как средняя (4,9-5,8 единиц).

Минимальные значения энергетического эквивалента получены при расчете эффективности технологий интенсивного типа, в особенности при внесении органических удобрений под пшеницу озимую (2,5-2,7 единиц), что, характеризовало их как низкоэффективные в плане ресурсосбережения. Внесение мелиорантов под пшеницу озимую также снижало энергетическую эффективность таких агротехнологий на 1,7-2,0 единицы, доводя значения коэффициента энергетической эффективности до 3,1-3,2 единиц. Однако, проведение подобных мероприятий имело пролонгированный эффект, прослеживающийся, в том числе, и на 3 год с момента их внесения в агротехнологиях возделывания ячменя ярового, где при внесении мелиорантов, либо органических удобрений, значения коэффициента энергетической эффективности на 0,1-0,3 единицы были выше аналогичных, не предусматривающих их внесения.

5.2 Структура экономических и энергетических затрат в технологиях возделывания колосовых культур различного уровня интенсивности

Анализ экономических и энергетических затрат в агротехнологиях экстенсивного, базового и интенсивного типа (рисунок 7) позволил определить целесообразность применения ресурсосберегающих подходов: по мере увеличения уровня интенсификации отмечалось снижение доли вклада затрат на обработку почвы, посев и уборку урожая, а также увеличение доли вклада затрат на применение удобрений, как основного фактора качественного и

количественного повышения продуктивности пшеницы озимой и ячменя ярового.

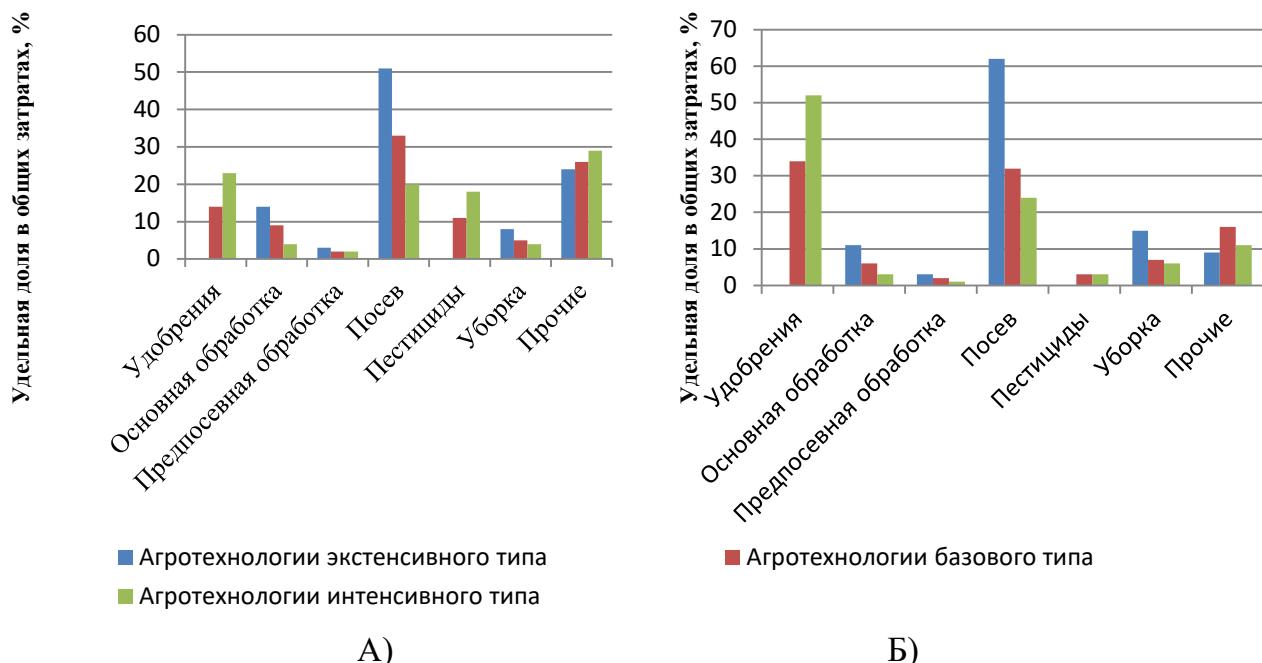


Рисунок 7 - Структура денежных (А) и энергетических (Б) затрат в технологиях возделывания пшеницы озимой и ячменя ярового различного уровня интенсивности

Таким образом, целесообразность применения ресурсосберегающих подходов в современных агротехнологиях должна вестись с учетом их интенсивности: для технологий возделывания озимой пшеницы и ярового ячменя экстенсивного типа наиболее целесообразными направлениями дальнейшего совершенствования ресурсосберегающих подходов будут повышение эффективности при обработке почвы и посеве (например, научно обоснованный поиск сочетаний ресурсосберегающих способов в пределах комбинированных систем основной обработки почвы и оптимизация нормы высева семян), а для базовых и интенсивных - повышение эффективности системы удобрения, защиты растений и посева.

5.3 Система комплексной оценки эффективности ресурсосбережения в технологиях возделывания колосовых культур Центрального Черноземья

Ресурсосбережение следует осуществлять за счет применения агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур, как комплекса ресурсосберегающих агроприемов, адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям. Разработана и предложена к внедрению система предварительной оценки эффективности ресурсосбережения в агротехнологиях по шести основным параметрам в трех градациях степени ресурсосбережения. По уровню влияния на ресурсосбережение, каждой градации оцениваемого

параметра был присвоен код, характеризующий степень ресурсосбережения: «-1» - высокий уровень, «0» - средний уровень, «1» - высокий уровень:

Таблица 7 - Система предварительной оценки эффективности ресурсосбережения в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур

Оцениваемый параметр	Градации параметра	Код
Применение научно-обоснованных подходов к чередованию возделываемых культур	Нерациональное чередование	-1
	Допустимое чередование	0
	Наиболее целесообразное чередование	1
Используемый способ обработки почвы под возделываемую культуру	Глубокая / средняя отвальная или безотвальная	-1
	Мелкие безотвальные или поверхностные	0
	Нулевая (без обработки)	1
Внесение рекомендуемых доз удобрений при возделывании культуры	Вносимые дозы выше рекомендуемых	-1
	Вносимые дозы соответствуют научным рекомендациям	0
	Вносимые дозы ниже рекомендуемых	1
Степень интенсивности использования средств защиты растений	Многократное использование пестицидов	-1
	Однократное использование пестицидов	0
	Только проправливание семян	1
Тенденция (ожидаемая) изменения исходного уровня потенциального плодородия почвы	Снижение исходного уровня	-1
	Сохранение исходного уровня	0
	Повышение исходного уровня	1
Итоговая оценка уровня эффективности ресурсосбережения	Отсутствие ресурсосбережения	Все значения «-1»
	Низкий	Большинство значений «-1»
	Высокий	3 из 5 значений - «1» при отсутствии значений «-1»
	Средний	Во всех остальных случаях

Технологии возделывания сельскохозяйственных культур следует считать ресурсосберегающими, если при оценке уровня эффективности ресурсосбережения получен результат «средний» или «высокий». В случае,

если при оценке все значения были отнесены к «-1», то следует считать, что в такой агротехнологии ресурсосберегающие подходы не применялись.

Применительно к изучаемым вариантам агротехнологий, мы провели оценку их эффективности ресурсосбережения согласно предложенной Системы, в результате которой установлено, что высоким уровнем эффективности ресурсосбережения среди изучаемых вариантов агротехнологий был вариант с применением технологии возделывания пшеницы озимой и ячменя ярового базового типа, основанный на комбинированной системе основной почвообработки и предусматривающий внесение мелиорантов. В целом, в ходе проведенной оценки не было выявлено ни одного варианта с низкой эффективностью ресурсосбережения, что свидетельствует о тождественности предлагаемых подходов к оценке ресурсосбережения и обоснованности выбора изучаемых в опытах вариантов.

На основе установленных критерииев с учетом полученных результатов произведена комплексная оценка агротехнологий различного уровня интенсивности, по 5 основным критериям:

- 1) сохранение уровня почвенного плодородия;
- 2) получение высокого уровня урожайности;
- 3) повышение класса качества выращиваемой продукции;
- 4) обеспечение высокого уровня рентабельности агротехнологий;
- 5) обеспечение высокого уровня энергетической эффективности агротехнологий.

В результате проведенной оценки выявлены ключевые положения по наиболее эффективному применению ресурсосберегающих агроприемов при возделывании пшеницы озимой и ячменя ярового различного уровня интенсивности в Центральном Черноземье:

- при возделывании пшеницы озимой наиболее эффективны с точки зрения ресурсосбережения агротехнологии базового типа, предусматривающие внесение невысоких ($N_{32}P_{39}K_{39}$, включая азотную подкормку (N_{17}) в фазе весеннего кущения) доз минеральных удобрений с мелкими безотвальными обработками под пар и травы (зернопаропропашной и зернотравянопропашной севообороты). Применение этой агротехнологии сохраняет почвенное плодородие, обеспечивает получение качественного продовольственного зерна и высокие экономические (рентабельность производства 42-85%) и энергетические (коэффициент энергетической эффективности 5,1-6,9) показатели.
- при возделывании ячменя ярового максимальная эффективность наблюдалась при использовании агротехнологий интенсивного типа, предусматривающих, внесение высоких доз минеральных удобрений

(N₅₂P₇₆K₇₆), что повышало уровень плодородия почвы, натуру зерна и класс его качества. Среди девяти изучаемых агротехнологий интенсивного типа наиболее эффективной была агротехнология с использованием зернопаропропашного севооборота с сидеральным паром и комбинированной системой основной обработки почвы, предусматривающая нулевую обработку под ячмень. Ее использование обеспечило получение зерна первого класса с уровнем рентабельности технологии в 46,4% и коэффициентом энергетической эффективности 5,5 эн.экв.

- применение мелиорантов в технологиях базового типа и органических удобрений в интенсивных технологиях возделывания озимой пшеницы существенно уменьшало суммарную эффективность ресурсосбережения, обусловленную снижением экономической (рентабельности на 7,4-23,7%) и энергетической (коэффициента энергетической эффективности на 1,4-2,0 эн.экв.) эффективности на фоне повышения урожайности культуры (на 0,17-0,55 т/га), однако к концу ротации изучаемых севооборотов в данных вариантах наблюдалось не только повышение урожайности ячменя ярового (на 0,07-0,24 т/га), но и относительный рост рентабельности (на 3,7-7,5%) и энергетической эффективности (на 0,1-0,3 эн.экв.), что свидетельствует о необходимости применения мелиорантов и органических удобрений с учетом многолетнего эффекта последействия от их внесения.
- вследствие того, что применение агротехнологий экстенсивного типа не способствует повышению плодородия почвы, а также получению зерна высокого качества, то, несмотря на выявленный высокий уровень их экономической и энергетической эффективности, комплексная эффективность ресурсосбережения таких агротехнологий крайне низкая, особенно при возделывании ярового ячменя. С целью повышения эффективности ресурсосберегающих агроприемов при возделывании пшеницы озимой и ячменя ярового по агротехнологиям экстенсивного типа (не предусматривающих применение средств химической защиты посевов, а также внесение удобрений) рекомендуется использовать зернопаропропашные севообороты с чистым паром под пшеницу озимую, а также комбинированную систему основной обработки почвы (мелкую безотвальную обработку под ячмень яровой и чистый пар, среднюю отвальную – под пропашную культуру севооборота).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом исследований, проведенных в период с 2008 по 2019 года на черноземах типичных тяжелосуглинистых среднемощных Центрально-Черноземного региона при возделывании пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового с использованием технологий различного уровня интенсивности были установлены следующие закономерности и тенденции:

1. Оптимальными для накопления продуктивной влаги в метровом слое почвы, а также минимизации засоренности посевов являются зернопаропропашные севообороты, в которых пшеница мягкая озимая возделывается по чистым парам, а ячмень яровой – по гречихе. Использование таких предшественников обеспечивает поддержание в весенний период среднемноголетних значений содержания продуктивной влаги в метровом слое почвы на уровне 200 мм при возделывании пшеницы озимой и 140 мм при возделывании ячменя ярового, а также количества сорняков в посевах на уровне экономического порога вредоносности (3-10 многолетних и 13-20 однолетних сорняков).

2. Целесообразными способами основной обработки почвы в технологиях базового типа возделывания пшеницы озимой и ячменя ярового являются средние отвальные (на глубину 22-24 см) обработки, обеспечивающие наиболее низкие значения твердости почвы ($26,4\text{-}29,4 \text{ кг}/\text{см}^2$ перед посевом и от 34,7 до 89,6 $\text{кг}/\text{см}^2$ перед уборкой в зависимости от слоя почвы), засоренности посевов и высокие значения содержания продуктивной влаги в почве (до 203,2 мм в метровом слое почвы). Так как вспашка является наиболее затратным в ресурсном отношении агроприемом, то ее применение в ресурсосберегающих агротехнологиях должно быть компенсировано путем снижения расходования ресурсов в последующих технологических приемах (например, в системе защиты растений).

3. В результате применения агротехнологий интенсивного типа, основанных только на применении минеральной системы удобрения, происходит незначительное снижение темпов сокращения органического вещества почвы на 0,90-0,14% (от значений аналогичных вариантов базовых агротехнологий) или на 0,20-0,26% (от значений аналогичных вариантов экстенсивных агротехнологий). Самым эффективным вариантом, способствующим сокращению потерь гумуса, является применение интенсивной агротехнологии в зернопаропропашных севооборотах с комбинированной системой основной обработки почвы.

4. Содержание щелочногидролизуемого азота в почве повышается в рядах «отвальная система почвообработки – комбинированная система

почвообработки» или «зернопаропропашной севооборот – зернотравяной севооборот», а содержание нитратного азота в таких рядах, наоборот, убывает. Для сохранения и повышения содержания щелочногидролизуемого азота в почве необходимо вносить высокие дозы, прежде всего, органических, а также азотных удобрений, использовать комбинированные системы основной обработки почвы и сидеральные пары.

5. С повышением уровня интенсивности используемых агротехнологий возрастает лимитирующее значение кислотности почвы. Обязательным приемом при использовании базовых и интенсивных агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур является периодическое применение мелиорантов: внесение 2 т/га известняковой муки в базовых агротехнологиях способствует повышению уровня плодородия почвы, тогда как отсутствие таких приемов в интенсивных агротехнологиях снижает уровень плодородия почвы.

6. Основным фактором, влияющим на увеличение показателей структуры урожайности, является система применяемых удобрений (как минеральных, так и органических), которая способствует повышению густоты стояния растений пшеницы мягкой озимой (на 8-30%) и ячменя ярового (на 4-11%), озерненности их колосьев (на 3-12%), а также повышению массы 1000 зерен (до 11%).

7. Влияние изучаемых факторов на показатели структуры урожая имеет свою специфику: зернопаропропашные севообороты способствуют повышению густоты стояния растений и массе 1000 зерен; при использовании зернотравянопропашных севооборотов установлено повышение количества зерен в колосе; использование безотвальной и комбинированной систем обеспечивает повышение степени сохранности продуктивных стеблей; постоянное проведение отвальных обработок повышает густоту стояния растений и массу 1000 зерен.

8. Наиболее значительные прибавки урожайности обеспечивает внесение невысоких (базовых) и повышенных доз минеральных удобрений: на пшенице мягкой озимой внесение $N_{32}P_{39}K_{39}$ повышает урожайность до 12,2%, а внесение $N_{64}P_{78}K_{78}$ способствует увеличению урожайности до 42,8% (по сравнению с вариантами без удобрений), на ячмене яровом: до 35,7% (при внесении $N_{26}P_{38}K_{38}$) и 57,6% (при внесении $N_{52}P_{76}K_{76}$), соответственно, что приводит к высоким значениям окупаемости вносимых удобрений: для ячменя ярового на 1 кг д.в. внесенных удобрений прибавка урожая составляла 6,57-6,86 кг в агротехнологиях базового типа и 5,20-5,39 кг в агротехнологиях интенсивного типа против 2,00-3,36 кг и 3,05-3,41 кг, соответственно, при возделывании пшеницы мягкой озимой по таким агротехнологиям.

9. Вариабельность урожайности пшеницы озимой обусловлена изменениями содержания подвижных форм калия (коэффициент корреляции – 0,9), щелочногидролизуемого азота, кислотностью почвы (коэффициент корреляции – 0,5-0,6), а также содержанием подвижных форм фосфора и гумуса (коэффициент корреляции – 0,3).

10. Севообороты, системы основной обработки почвы и удобрений существенно влияли на показатели качества зерна пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового. Главным фактором, влияющим на повышение урожайности и всех основных качественных показателей зерна, является система удобрений (доля вклада по результатам регрессионного анализа составляла 70%), интенсификация которой способствовала существенному повышению не только урожайности на 8-12%, но и содержания белка на 3-11%, клейковины на 4-10%. Вклад систем основной обработки почвы (в особенности применительно к ячменю яровому) составляет не более 28,6%.

11. С увеличением степени интенсификации технологии происходит увеличение экономических и энергетических затрат, приводящее к росту себестоимости продукции в 1,1-1,2 раза. Оптимизация агроприемов способствует снижению материальных затрат без снижения урожайности, что, в свою очередь, ведет к снижению себестоимости производимой продукции. Наиболее высокой эффективностью ресурсосбережения обладают базовые агротехнологии, основанные на комбинированных системах основной почвообработки, внедрение которых обеспечивает повышение прибыли в 1,3-1,9 раза в сравнении с отвальными системами почвообработки.

12. Внесение органических удобрений и мелиорантов существенно снижает суммарную эффективность ресурсосбережения, обусловленную снижением экономической (рентабельности на 7,4-23,7%) и энергетической (коэффициента энергетической эффективности на 1,4-2,0 эн.экв.) эффективности на фоне повышения урожайности пшеницы мягкой озимой (на 0,17-0,55 т/га). К концу ротации изучаемых севооборотов наблюдается не только повышение урожайности ячменя ярового (на 0,07-0,24 т/га), но и относительный рост рентабельности (на 3,7-7,5%) и энергетической эффективности (на 0,1-0,3 эн.экв.) агротехнологии, что позволяет рекомендовать использование подобных агроприемов в ресурсосберегающих агротехнологиях как элемент стабилизации почвенного плодородия.

13. Установленные закономерности влияния ресурсосберегающих агроприемов позволили выявить зависимости между урожайностью изучаемых культур и показателями плодородия почв, на основе которой были сформулированы основные критерии оценки эффективности использования ресурсосберегающих агротехнологий: сохранение уровня почвенного

плодородия, получение высокого уровня урожайности, повышение качества выращиваемой продукции, обеспечение высокого уровня рентабельности и энергетической эффективности применяемых агротехнологий.

14. На основании проведенных исследований разработано решение, способствующее оптимизации применяемых ресурсосберегающих агроприемов в агротехнологиях различного уровня интенсивности на основе проведения их комплексной двухэтапной оценки, направленной на выявление наиболее рациональных приемов использования природных и агротехнических ресурсов, тем самым позволяя выделить и рекомендовать агротехнологии, обеспечивающие не только рациональное использование природных и материальных ресурсов, снижение себестоимости производимой продукции, но и повышение рентабельности аграрного производства (до 85,4%) без снижения качественных показателей выходной продукции.

15. Наиболее высокой степенью ресурсосбережения, а также экономической эффективностью характеризуются агротехнологии базового типа возделывания пшеницы мягкой озимой (предусматривающие внесение небольших доз минеральных удобрений - $N_{32}P_{39}K_{39}$) в зернотравянопропашных севооборотах, основанные на комбинированных системах основной обработки черноземной почвы, а также интенсивные агротехнологии возделывания ячменя ярового (с внесением повышенных доз минеральных удобрений - $N_{52}P_{76}K_{76}$) в зернопаропропашных севооборотах с сидеральным паром и комбинированной системой основной обработки почвы, предусматривающей нулевую обработку под ячмень. Применение таких агротехнологий позволяет в 1,1-1,4 раза повысить рентабельность производства.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Оценку эффективности ресурсосбережения в используемых или планируемых к использованию технологиях возделывания озимой мягкой пшеницы и ярового ячменя следует проводить комплексно с применением разработанной предварительной системы оценки по пяти основным параметрам ресурсосбережения (*использование наиболее целесообразных предшественников, ресурсосберегающих способов основной обработки почвы, соблюдение научных рекомендаций по внесению доз удобрений, обеспечивающих сохранение исходного уровня плодородия почв, минимизация использования средств защиты растений*), а ресурсосберегающий эффект от их применения оценивать по пяти основным критериям эффективности (*сохранение уровня почвенного плодородия, получение высокого уровня урожайности, повышение класса качества выращиваемой продукции, обеспечение высокого уровня*

рентабельности и энергетической эффективности применяемых агротехнологий).

2. При возделывании озимой мягкой пшеницы в Центрально-Черноземном регионе для получения качественного продовольственного зерна, а также высоких экономических (рентабельность производства 42-85%) и энергетических (коэффициент энергетической эффективности 5,1-6,9 эн.экв.) показателей рекомендуется использовать агротехнологии базового типа (предусматривающие внесение минеральных удобрений в дозах $N_{32}P_{39}K_{39}$, включая азотные подкормки) с проведением мелких (на глубину 12-18 см) безотвальных обработок почвы под наиболее целесообразные предшественники (сидеральный пар и травы) в зернопаропропашных и зернотравянопропашных севооборотах с комбинированной системой основной обработки почвы, при этом в зернопаропропашных севооборотах следует использовать повышенные дозы внесения калия, а в зернотравянопропашных – фосфора.
3. При возделывании ярового ячменя в Центрально-Черноземном регионе для повышения уровня плодородия почвы, получения качественного продовольственного зерна и высоких экономических (рентабельность производства до 46,4%) и энергетических (коэффициент энергетической эффективности до 5,5 эн.экв.) показателей следует использовать агротехнологии интенсивного типа (с внесением повышенных доз ($N_{52}P_{76}K_{76}$) минеральных удобрений) в зернопаропропашных севооборотах с сидеральным паром и комбинированной системой основной обработки почвы, предусматривающих поверхностную (на глубину до 12 см), либо нулевую обработку (после гречихи) под посев ячменя.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. Пыхтин И.Г., Гостев А.В. Современные проблемы применения различных систем и способов основной обработки почвы // Достижения науки и техники АПК. – 2012. - №1. – С. 3-6.
2. Пыхтин И.Г., Гостев А.В. Продуктивность зерновых культур в зависимости от интенсивности технологий // Земледелие. – 2012. - №8. С. 21-23.
3. Пыхтин И.Г., Гостев А.В., Пыхтин А.И. Совершенствование систем земледелия и агротехнологий в современных условиях ведения сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК. – 2014. - №4. - С. 79-80.
4. Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., Гостев А.В. Возможность применения нулевых и поверхностных способов основной обработки почвы в

- различных регионах Европейской части Российской Федерации // Земледелие – 2014. - №5. – С.13-16.
5. Дубовик Д.В. **Гостев А.В.** Плодородие почвы в зависимости от интенсивности технологии // Земледелие. – 2014. - №7. – С. 16-17.
 6. Пыхтин И.Г. **Гостев А.В.,** Нитченко Л.Б. Теоретические основы систематизации обработок почвы в агротехнологиях нового поколения // Земледелие. - 2015. - № 5. - С. 13-15.
 7. Пыхтин И.Г., **Гостев А.В.** Актуальные вопросы ресурсосбережения в земледелии и их связь с защитой почвы от эрозии // Вестник Курской ГСХА. – 2015. - №7. - С. 103-105.
 8. Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., **Гостев А.В.** Современный подход к систематизации обработок почвы в агротехнологиях нового поколения // Достижения науки и техники АПК. – 2016. - Т.30. - №1. С.5-8.
 9. Пыхтин И.Г. **Гостев А.В.,** Нитченко Л.Б., Плотников В.А. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур // Земледелие. – 2016. - № 6. - С. 16-19.
 10. Черкасов Г.Н., **Гостев А.В.,** Пыхтин И.Г. Ареал применения нулевых и поверхностных обработок при возделывании колосовых культур на территории Европейской части Российской Федерации // Земледелие. – 2017. - №2. – С.10-14.
 11. **Гостев А.В.,** Пыхтин И.Г., Нитченко Л.Б., Плотников В.А. Система оценки экологической сбалансированности агроландшафта и степени соответствия используемой в нем системы земледелия // Земледелие. – 2017. - № 8. - С. 3-7.
 12. **Гостев А.В.,** Пыхтин И.Г. К вопросу о правильном понимании ресурсосбережения в агротехнологиях // Вестник Курской ГСХА. – 2018. - №4. – С. 6-7. DOI: 10.18411/issn1997-0749.2018-04-01
 13. Пыхтин И.Г. **Гостев А.В.** Концептуальная модель построения структуры базы данных ресурсосберегающих агротехнологий // Земледелие. – 2018. - №7. - С. 42–45. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10712.
 14. **Гостев А.В.** Условия формирования зерна высокого качества в высокопродуктивных ресурсосберегающих агротехнологиях ЦЧР [Текст] / А.В. Гостев // Земледелие. – М., 2019. - № 6. - С. 16–20. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10604.

*Статьи, индексируемые в международных научометрических базах
данных Web of Science и Scopus:*

15. **Gostev A.V.**, Pykhtin A.I., Nitchenko L.B. The influence of technologies on productivity of grain crops in conditions of Central Chernozem Region of Russia // 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017. - Sofia, 2017. - T17. - №32. - P. 625-630. **DOI:** 10.5593/sgem2017/32/S13.081.
16. **Gostev A.V.**, Pykhtin A.I. Structure of costs and expenditures in agricultural technologies of different intensity levels // Journal of Applied Engineering Science. – 2017. - Vol 15. - No 4 (2017). - p. 463 – 466. **DOI:** 10.5937/jaes15-15455
17. **Gostev A.V.**, Pykhtin A.I. Normative-reference database structure for agricultural manufacturers support system and rational choice of cost-effective adaptive technologies for grain crops cultivation // 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. - Sofia, 2018 - Vol. 18. - №3.2. - P. 329-334. **DOI:** 10.5593/sgem2018/3.2/S13.043.
18. **Gostev, A.** The impact of agricultural resource-saving technologies on grain yield and quality [Text] / A. Gostev, D. Dubovik, N. Masyutenko, L. Nitchenko at al // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2019. - Volume 390, Number 1. - P. 012040. **DOI:** 10.1088/1755-1315/390/1/012040

Монографии и брошюры:

19. Теоретические основы формирования агротехнологической политики применения нулевых и поверхностных обработок почвы под зерновые культуры для модернизации земледелия [Текст] / Г.Н. Черкасов, И.Г. Пыхтин, **А.В. Гостев.** и др. – Курск: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2012. – 81с.
20. Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья [Текст] / Г.Н. Черкасов, И.Г. Пыхтин, **А.В. Гостев** и др. – Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2013. – 249 с.
21. **Гостев А.В.**, Пыхтин И.Г., Нитченко Л.Б., Плотников В.А. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур. – Курск, 2016. – 87 с.
22. **Гостев А.В.** Эффективность технологий различного уровня интенсивности при возделывании зерновых культур на черноземных почвах Центрального Черноземья. – Курск, 2017. – 160 с.
23. **Гостев А.В.**, Пыхтин И.Г., Нитченко Л.Б., Плотников В.А., Гапонова Н.П. База данных ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур различной интенсивности для устойчивого производства растениеводческой продукции. – Курск: Курский ФАНЦ, 2019. – 172с.

Публикации по теме диссертации в других изданиях:

24. Черкасов Г.Н., **Гостев А.В.**, Пыхтин И.Г. Технологии возделывания зерновых культур: состояние вопроса и перспективы применения // Освоение адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий (Сб. докладов Всероссийской научно-практической конференции, ГНУ Ульяновский НИИСХ, 6-8 июля 2010 г.) – Ульяновск: Изд-во «Корпорация технологий продвижения», 2010. – С. 21-25.
25. **Гостев А.В.** Эффективность технологий различного уровня интенсивности при возделывании озимой пшеницы и ячменя // Земледелие – благоприятное поприще. Сб. докладов Международной школы молодых ученых и специалистов, Ульяновский НИИСХ, 6-7 июля 2010 г. – Ульяновск, 2010. – С. 104-107.
26. **Гостев А.В.**, Нитченко Л.Б. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия (материалы научно-практической конференции Курского отделения межрегиональной общественной организации «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева», г. Курск, декабрь 2010 г.) – Курск: ГНУ ВНИИ ЗиЗПЭ РАСХН, 2010 г., С. 137-139.
27. **Гостев А.В.**, Пыхтин И.Г. К вопросу выбора технологий возделывания культур // Сохранение и воспроизводство плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии (Сб. докладов Всероссийской научно-практической конференции, ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 13-15 сентября 2011 г.). – Курск. - С.113-116.
28. **Гостев А.В.**, Нитченко Л.Б. Система принятия решения для выбора типа технологий возделывания яровых зерновых культур // Роль селекции в формировании агротехнологий для обеспечения стабильного производства зерна в условиях меняющегося климата (Сб. докладов Всероссийской научно-практической конференции, ГНУ Воронежский НИИСХ им. В.В. Докучаева, 14-15 июня 2011 года). – Воронеж. – С. 181-185.
29. **Гостев А.В.** Влияние технологий различного уровня интенсивности возделывания озимой пшеницы и ячменя на агрохимические и агрофизические свойства чернозема типичного // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия (материалы научно-практической конференции Курского отделения межрегиональной общественной организации «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева», г. Курск, 2011 г.) – Курск: ГНУ ВНИИ ЗиЗПЭ, 2011 г. - С. 17-19.
30. Пыхтин И.Г. **Гостев А.В.** Теоретические основы применения нулевых и поверхностных способов основной обработки почв под зерновые культуры

- // Информационно-технологическое обеспечение адаптивно-ландшафтных систем земледелия (Сб. докладов Всероссийской научно-практической конференции, ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 11-13 сентября 2012 г). – Курск. - С. 241-246.
31. **Гостев А.В.** К вопросу выбора технологий возделывания зерновых культур при использовании адаптивно-ландшафтных систем земледелия // Сборник докладов Всероссийской школы молодых ученых и специалистов «Перспективные технологии для современного сельского хозяйства» (г. Сузdalь, ГНУ Владимирский НИИСХ, 3-4 июля 2013 года) – Сузdalь, 2013. – С. 3-9.
 32. Черкасов Г.Н., **Гостев А.В.** Совершенствование технологий возделывания зерновых культур // Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Научное обеспечение устойчивого развития АПК в Северо-Кавказском федеральном округе» (Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, Кабардино-Балкарский НИИСХ Россельхозакадемии, 16-18 июля 2013 года) – Нальчик, 2013. – Том 1. - С. 180-185.
 33. Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., **Гостев А.В.** Перспективы использования нулевых и поверхностных обработок в России // Актуальные агросистемы. – Ростов-на-Дону, 2015. - №7-8 (31). – С. 8-13.
 34. Пыхтин И.Г. **Гостев А.В.** Ресурсосбережение в современных агротехнологиях // Сб. докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа оптимизации агроландшафтов». – Курск, 2016. – С. 239-243.
 35. **Гостев А.В.** Наука сбережения // Журнал агробизнес. – Краснодар, 2016. - №5. – С. 86-90.
 36. **Гостев А.В.**, Пыхтин И.Г. Ресурсосбережение в технологиях возделывания зерновых культур // АгроСнабФорум. – Краснодар. – 2016. - №6 (146). – С. 44-45.
 37. **Гостев А.В.**, Пыхтин А.И. Структура затрат в агротехнологиях различного уровня интенсивности // Известия ЮЗГУ: Серия техника и технологии. – Курск, 2016. - №4 (21). – С. 96-103.
 38. **Гостев А.В.**, Пыхтин И.Г. Основы эффективного ресурсосбережения при использовании технологий возделывания зерновых культур // Актуальные агросистемы. – Ростов-на-Дону, 2017. - №3. - С. 22-23.
 39. **Гостев А.В.** Аспекты ресурсосбережения в агротехнологиях возделывания зерновых культур // АгроСнабФорум. – Краснодар, 2017. - №6. - С. 48-52.

40. **Гостев А.В.** Влияние технологий различного уровня интенсивности возделывания зерновых культур на густоту стояния и структуру получаемого урожая // Сб. докладов Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы земледелия и защиты почв от эрозии». – Курск, 2017. – С. 101-105.
41. **Гостев А.В.** Оценка затрат различных элементов технологий возделывания зерновых культур с обобщенных экономических и энергетических позиций // Роль мелиорации земель в реализации государственной научно-технической политики в интересах устойчивого развития сельского хозяйства: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия, Волгоград, 06-09 сентября 2017 г. – Волгоград: ВНИИОЗ, 2017. – С. 475-481.
42. **Гостев А.В., Пыхтин А.И.** К вопросу создания структуры нормативно-справочной базы данных системы поддержки сельхозтоваропроизводителей по научно-обоснованному выбору способов основной обработки почвы // материалы Международной научно-практической конференции с элементами школы молодых ученых «Приоритетные направления научного обеспечения отраслей агропромышленного комплекса России и стран СНГ» (г. Краснодар, 22-23 августа 2018 г.). – Краснодар: ФГБНУ «ВНИИ риса», 2018. – С. 228-233.
43. **Гостев А.В., Пыхтин А.И.** Структура нормативно-справочной базы данных системы поддержки сельхозтоваропроизводителей по рациональному выбору высокорентабельных адаптивных технологий возделывания зерновых культур [текст] / А.В. Гостев, А.И. Пыхтин // Современные научноемкие технологии. – 2018. - №2. – С. 37-41. DOI: 10.17513/snt.36903
44. **Гостев А.В.** Влияние предшественников озимой пшеницы на накопление продуктивной влаги в метровом слое почвы // Сб. докладов Международной научно-практической конференции «Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия». – Курск, 2019. – С. 99-103.
45. **Гостев А.В.** Влияние систем и способов основной обработки почвы на твердость чернозема типичного [Текст] / А.В. Гостев // Сб. докладов Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов» (ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г.Курск, 11-13 сентября 2019 г.). – Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2019. – С. 121-128.