

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«КУРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

На правах рукописи

ГОСТЕВ АНДРЕЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ

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

Специальность 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

Диссертация на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Научный консультант:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, член-корреспондент РАН
Черкасов Григорий Николаевич

Курск – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	6
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	20
ГЛАВА 1. ОБЗОР НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	20
1.1 Рациональное использование ресурсного потенциала в технологиях возделывания зерновых культур.....	20
1.2 Стратегия сохранения и улучшения почвенных ресурсов.....	23
1.3 Основы эффективного ресурсосбережения в современных агротехнологиях возделывания зерновых культур.....	27
1.3.1 Научно обоснованная структура посевных площадей и севооборотов при ресурсосбережении.....	28
1.3.2 Ресурсосберегающие направления в основной обработке почвы.....	31
1.3.3 Система применения удобрений и мелиорантов при ресурсосбережении.....	37
ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ, ПРОГРАММА, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	43
2.1 Краткая природно-географическая характеристика района исследований.....	43
2.2 Объекты, предметы и условия проведения исследований.....	52
2.3 Методика и содержание исследований.....	63
ГЛАВА 3 ЭФФЕКТИВНЫЕ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	69
3.1 Влияние севооборотов на накопление продуктивной влаги в почве и засоренность посевов	70
3.1.1 Влияние предшественников на накопление продуктивной влаги в метровом слое почвы.....	73
3.1.2 Влияние предшественников на засоренность посевов.....	78

3.2 Эффективность систем и способов основной обработки почвы в агротехнологиях различного уровня интенсивности	83
3.2.1 Влияние систем и способов основной обработки почвы на агрофизические свойства чернозема типичного.....	88
3.2.2 Влияние систем и способов основной обработки почвы на засоренность посевов.....	99
ГЛАВА 4 ВЛИЯНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ АГРОПРИЕМОВ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ, СТРУКТУРУ УРОЖАЯ И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЗЕРНА В АГРОТЕХНОЛОГИЯХ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ ИНТЕНСИВНОСТИ.....	107
4.1 Содержание органического вещества и кислотность почвы при использовании ресурсосберегающих агроприемов.....	114
4.2 Влияния ресурсосберегающих агроприемов на содержание макроэлементов в почве.....	128
4.2.1 Содержание щелочно-гидролизуемого и нитратного азота.	128
4.2.2 Содержание подвижного фосфора и обменного калия.....	137
4.3 Влияние ресурсосберегающих агроприемов на структуру урожая пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового	149
4.4 Влияние применения ресурсосберегающих приемов на урожайность и показатели качества зерна	156
ГЛАВА 5 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В АГРОТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КОЛОСОВЫХ КУЛЬТУР.....	171
5.1 Экономическая и энергетическая оценка ресурсосбережения....	171
5.1.1 Экономическая эффективность технологий возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового.	172
5.1.2 Энергетическая эффективность технологий возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового.	181
5.2 Структура экономических и энергетических затрат в технологиях возделывания колосовых культур различного уровня интенсивности.....	186

5.3 Система комплексной оценки эффективности ресурсосбережения в технологиях возделывания колосовых культур Центрального Черноземья.....	190
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	207
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	214
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	244
Приложение А. Содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы в посевах пшеницы мягкой озимой, находящейся в фазе возобновления весенней вегетации после посева ячменя (при использовании различных предшествующих культур и применяемой основной обработки почвы.....	245
Приложение Б. Количество сорных растений в посевах пшеницы мягкой озимой.....	246
Приложение В. Содержание гумуса в пахотном слое почвы после уборки пшеницы мягкой озимой при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений...	249
Приложение Г. Содержание нитратного азота и обменного калия в слое почвы 0-40 см после уборки пшеницы мягкой озимой в агротехнологиях различного уровня интенсивности.....	254
Приложение Д. Густота стояния пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений.....	258
Приложение Е. Среднее количество зерен в колосе пшеницы озимой и ячменя ярового при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений...	262
Приложение Ж. Значения средней массы 1000 зерен пшеницы озимой и ячменя ярового при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений...	266
Приложение И. Влияние различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений на урожайность пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового	270

Приложение К. Влияние различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений на показатели качества зерна пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового	276
Приложение Л. Технологическая схема и потребность в ресурсах для обеспечения технологий возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового в изучаемых вариантах	286
Приложение М. Закупочные цены на зерно пшеницы 3 и 4 класса качества, а также ячменя продовольственного и дизельного топлива для Курской области и в среднем по России	299
Приложение Н. Результаты расчета экономической эффективности технологий возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового в изучаемых вариантах	301
Приложение П. Оценка энергетической эффективности технологий возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового	320
Приложение Р. Распределение затрат в технологиях различного типа интенсивности при возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового	324
Приложение С. Акт о результатах проведения производственных испытаний технологии возделывания пшеницы мягкой озимой в зернопаропропашных и зернотравянопропашных севооборотах с элементами ресурсосбережения в ООО Панино (Курская область, Медвенский район)	326
Приложение Т. Акт о результатах внедрения в производство технологии возделывания ячменя ярового в зернопаропропашном севообороте с элементами ресурсосбережения в КФХ «Черников П.А.»	327
Приложение У. Диплом III степени Российской агропромышленной выставки «Золотая осень – 2018» в номинации «Разработка, выпуск и доведение до потребителей изданий по агропромышленной тематике».....	328
Приложение Ф. Почетная грамота РАН «За многолетний плодотворный труд, вклад в развитие сельскохозяйственной науки».....	329

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. На протяжении всей своей истории, отечественное сельское хозяйство является главной экономической отраслью, обеспечивающей не только продовольственную и экономическую безопасность нашей страны, но и формирующей трудовой потенциал сельских территорий. В настоящее время одной из основных стратегических задач в сельскохозяйственной отрасли является повышение эффективности и устойчивости сельскохозяйственного производства для обеспечения населения страны качественным продовольствием и промышленности сырьем. С учетом интеграции России в мировую экономику, эффективное и конкурентноспособное производство сельскохозяйственной продукции возможно только при создании условий для ведения рентабельного производства, зависящего от положительного соотношения приходной и расходной составляющих. Следует отметить, что в последнее время наблюдается ежегодное увеличение затратной составляющей, связанное с ростом цен на энергоносители, сельскохозяйственную технику, минеральные удобрения, средства защиты растений при непропорционально растущих ценах на производимую продукцию. Помимо этого, наблюдается ежегодное усиление негативного антропогенного влияния на почву, нерациональное ее использование, ведущее к ухудшению агрохимических и агрофизических свойств почвы, и, как следствие, к их деградации. Следовательно, современному аграрному производству требуется разработка почвозащитных ресурсосберегающих агротехнологий нового поколения, позволяющих минимизировать затратные составляющие при сохранении почвенного плодородия, повышении устойчивости урожаев, сохранении качества получаемой продукции.

Согласно итогам Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года, 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). Следовательно, данным культурам отводится стратегическая роль в обеспечении продовольственной безопасности нашей страны.

Ресурсосбережение, как процесс, является важной составной частью мировой научно обоснованной адаптивной стратегии интенсификации растениеводства. Во многих аграрных регионах Российской Федерации ресурсосберегающие технологии успешно применяются с начала XX века и сопровождаются существенным повышением рентабельности производства при сохранении текущего уровня плодородия почв, снижении эрозионных процессов. Огромный вклад в поиск и изучение ресурсосберегающих подходов в отдельных агроприемах внесли выдающиеся отечественные ученые И.Е.Овсинский; Н.М. Тулайков, К.А. Тимирязев П.А. Костычев, Т.С.Мальцев и А.И. Бараев, и др. Среди современных исследователей следует выделить работы А.Н. Власенко, Н.И. Картамышева, А.Н. Каштанова, А.И. Шабеева, В.А. Корчагина, И.М. Никульникова, а также многие другие ведущие ученые-земледельцы нашей страны. Однако, до сих пор не существует единого подхода к оценке степени эффективности ресурсосбережения применяемых агротехнологий, а также комплексных решений, позволяющих эффективно использовать элементы ресурсосбережения и их сочетание не только применительно к конкретным агроприемам, но и в целом для агротехнологий.

Исследования в длительных стационарных полевых опытах, позволяют объективно, комплексно и обоснованно определять целесообразность сокращения потребности в материальных ресурсах (оптимизации агротехнологий) 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 проводятся исследования по эффективному использованию имеющихся природных и антропогенных ресурсов при возделывании основных сельскохозяйственных культур в рамках отдельных ресурсосберегающих агроприемов или их совокупности [137, 148, 173, 184, 231]. Однако при этом в большинстве случаев не проводится их комплексная оценка: не учитываются вопросы сохранения и воспроизводства почвенного плодородия (например, Кузыченко, 2014; Черкасов, Казанцев, 2013), анализ их влияния рассматривается только на урожайность сельскохозяйственных культур без учета показателей качества полученной продукции (например, Васильченко, 2015; Магомедов, Халилов, Бедоева, 2017; Эседуллаев, 2016), а оценка эффективности производится в большинстве случаев только по экономическим параметрам без учета затраченной энергии (например, Кузыченко, 2014; Черкасов, Казанцев, 2013). Использование подобных подходов 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;

- впервые 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).

В результате проведенных исследований для каждого типа технологии возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового выделены основные высокочувствительные 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»,

«Агропочвоведение», «Агрономия», а также специалистами сельскохозяйственных предприятий в практической деятельности.

Представленная научно-исследовательская работа проводилась в рамках Плана фундаментальных и приоритетных прикладных исследований Россельхозакадемии по научному обеспечению развития АПК Российской Федерации на 2011-2015 годы по заданиям 02.01.01.: «Разработать методику проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий для товаропроизводителей различной специализации» и 02.01.02. «Усовершенствовать теоретические основы формирования агротехнологической политики, разработать агротребования к новым машинам с целью создания банка данных и региональных регистров перспективных агротехнологий и машин», этапом 2.2. «Разработать теоретические основы формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий выращивания сельскохозяйственных культур различной интенсификации» Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2008-2012 гг., этапом 4 «Разработать фундаментальные основы создания систем земледелия и агротехнологий нового поколения с целью сохранения и воспроизводства почвенного плодородия, эффективного использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов и производства заданного количества и качества сельскохозяйственной продукции» Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 гг., грантом Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук № МК-1064.2018.11 «Разработка научно-обоснованной системы поддержки сельхозтоваропроизводителей по рациональному выбору высокорентабельных адаптивных технологий возделывания зерновых культур для различных условий Европейской части Российской Федерации», выполняемых во Всероссийском НИИ земледелия и защиты почв от эрозии (ВНИИЗиЗПЭ) на базе лаборатории Систем земледелия в 2008-2019 годах.

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 [7]. 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» [56] и «Методических указаний по ведению исследований в длительных опытах с удобрениями» [123]. Лабораторные исследования проводили с использованием общеизвестных 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 защищаемые положения:

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 почвоведении, агрохимии, земледелии и агрономии. Данные обработаны методами математической статистики [52,56] с использованием программных средств Microsoft Office Excel, Statistica.

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» (Суздаль, 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 наукометрических 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: «База данных ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур различной интенсивности для устойчивого производства растениеводческой продукции» (7 п.л.), «Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья» (10 п.л.), «Теоретические основы формирования агротехнологической политики применения нулевых и поверхностных обработок почвы под зерновые культуры для модернизации земледелия» (3 п.л.), «Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур» (4 п.л.).

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.

Благодарности. Автор обращается с искренней признательностью и светлой памятью к своим научным учителям: члену-корреспонденту РАН, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Григорию Николаевичу Черкасову и доктору сельскохозяйственных наук Ивану Григорьевичу Пыхтину, также выражает глубокую благодарность доктору сельскохозяйственных наук, профессору РАН Дмитрию Вячеславовичу Дубовику, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Нине Петровне Масютенко за многочисленные консультации при написании данной диссертационной работы. Помимо этого, благодарю сотрудников лаборатории адаптивных агротехнологий и средств их механизации НИИ Земледелия и защиты почв от эрозии – структурного подразделения ФГБНУ «Курский ФАНЦ» и персонально заведующего лабораторией – доктора технических наук, профессора Ивана Ивановича Гуреева, а также сотрудников аналитического центра коллективного пользования ФГБНУ «Курский ФАНЦ» и персонально доктора биологических наук Елену Валентиновну Дубовик за поддержку и многолетнее сотрудничество, а также весь коллектив Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Курский федеральный аграрный научный центр» за всемерную поддержку при подготовке данной диссертационной работы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

ГЛАВА 1 ОБЗОР НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Рациональное использование ресурсного потенциала в технологиях возделывания зерновых культур

Ресурсный потенциал – это совокупность природных и материальных элементов, которые могут быть задействованы человеком в производственном процессе [180]. Разграничение между понятиями «природные условия» и «природные ресурсы» достаточно условно, поскольку природные ресурсы составляют важнейшую для общества часть природных условий. Принято выделять 3 большие группы ресурсов: трудовые, материальные и природные, при этом первые две группы условно можно объединить в одну – антропогенные ресурсы. Под трудовыми ресурсами в сельском хозяйстве понимается все сельское население региона, включая трудоспособное население, занятое в сельском хозяйстве [228].

Материальные ресурсы в сельском хозяйстве являются связующим звеном между природными и трудовыми ресурсами. Под ними подразумеваются здания, сооружения, машины, оборудование, транспортные средства, производственный и хозяйственный инвентарь, скот, многолетние насаждения, семена, корма, удобрения, ядохимикаты, топливо, электроэнергия и прочее, которые прямо или косвенно участвуют в производстве сельскохозяйственной продукции.

По мнению Д.О. Апарина (2012), для растениеводческой отрасли сельского хозяйства основными природными ресурсами являются: земельные, водные, климатические, животные и растительные. При этом следует отметить, что большая часть территории России находится в зоне

рискованного земледелия (например, 2/3 площадей сельскохозяйственных угодий размещены в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения, вследствие этого в таких регионах с различной периодичностью повторяются засухи), следовательно, к ресурсосбережению в таких регионах следует подходить весьма осторожно.

Во многих аграрных регионах Российской Федерации ресурсосберегающие технологии успешно применяются с начала XXI века и сопровождаются существенным повышением рентабельности производства при сохранении текущего уровня плодородия почв, снижении эрозионных процессов. Например, по данным Ю. Дементьевой (2010) при традиционных агротехнологиях получают 2-3 кг зерна на каждый внесенный килограмм действующего вещества минеральных удобрений, а не 7 кг, как при ресурсосберегающих технологиях возделывания зерновых культур. Приведенные значения подтверждают мнение Л.В. Орловой (2007) о том, что ресурсосберегающие технологии способствуют увеличению стабильности и эффективности аграрного производства в различных экологических и экономических условиях, что в свою очередь ведет к повышению продовольственной безопасности страны.

С другой стороны, известный академик РАН Валерий Иванович Кирюшин справедливо замечает что, в современных условиях упрощённый подход к земледелию, как совокупности технологий, приводит к нерациональному распределению средств и использованию природных и производственных ресурсов. При этом страдает экологический аспект земледелия из-за перегрузки агроценозов удобрениями и пестицидами вследствие слабой интеграции химических средств с агротехническими, биологическими и другими средствами [76].

Рациональное использование материальных ресурсов в сельском хозяйстве имеет техническую, экономическую и социальную направленность. Социально-экономическое содержание факторов экономии

материальных ресурсов заключается в том, что наращивание массы сэкономленных материалов, топлива и энергии повышает эффективность общественного производства, укрепляет ту систему производственных отношений, на базе которой этот результат достигнут [223].

Рациональное использование трудовых ресурсов должно быть основано на повышении уровня производительности труда, квалификации специалистов и оптимизации производственных работ, что будет способствовать увеличению объема производства, и, следовательно, прибыли, повышению уровня конкурентоспособности.

О.А. Трушина, Н.А. Муртилов (2000) отмечают, что основная трудность в построении ресурсного потенциала заключается в несоизмеримости различных видов ресурсов. Однако, по мнению Б.И. Смагина и В.В. Акиндинова (2007), максимальная эффективность и рациональное использование имеющихся ресурсов возможно лишь при их пропорциональной (соответствующей требованиям технологии производства) сбалансированности.

Для рационального использования ресурсного потенциала следует брать в рассмотрение и возникающие взаимосвязи между различными элементами (*минимизация обработок почвы – гербициды, удобрения – севооборот*). Комплексное применение управляющих воздействий создаёт условия для максимального использования внутренних саморегулируемых способностей агроэкосистем, сохранения и улучшения почвенных ресурсов, повышения урожайности зерновых культур, ресурсо- и энергосбережения. С некоторыми допущениями можно считать, что оптимальное соотношение между природными и антропогенными факторами в формировании урожайности сельскохозяйственных культур с точки зрения наилучшего использования ресурсов составляет 50:50 %, в том числе биологических факторов (севооборот, зелёные удобрения, растительные остатки) – 25 %.

1.2 Стратегия сохранения и улучшения почвенных ресурсов

Почва является мировым достоянием и одним из главных компонентов мировых природных ресурсов, причем почвенные ресурсы являются невозобновляемыми, и поэтому мы должны особо бережно и рационально их использовать. Это наш долг, как современного цивилизованного сообщества перед нашими потомками. К сожалению, глобальное состояние почв с каждым годом ухудшается, причем протекающие деградационные процессы не вызывают широкий общественный резонанс и обсуждение подобно загрязнению атмосферного воздуха, либо сокращению запасов питьевой воды. Бесспорно, такие вопросы также важны и необходимо искать решение данных проблем, но благодаря именно почвенным ресурсам мы выращиваем продукты питания и почва является стратегическим ресурсом для каждой страны. Как известно, сами деградационные процессы применительно к почвам в большинстве случаев незаметны и вялотекущие, но вне зависимости от скорости протекания, они в любом случае ведут к экологической катастрофе либо местного, либо регионального масштаба.

По данным Программы ООН по окружающей среде (*сокр. ЮНЕП, UNEP, United Nations Environment Programme, <http://www.unenvironment.org>*) за всю историю земледелия в результате нерационального использования деградационным процессам было подвержено порядка 2 млрд га почв, из них за счет водной эрозии – 55,6%, ветровой – 27,9%, химической (истощение, засоление, загрязнение) – 12,12%, физической (уплотнение, подтопление – 4,2% [243]. Причем это официальная статистика, а фактически речь может идти и о 4 млрд. га, так как в некоторых странах такой статистики не ведется (табл. 1).

Таблица 1- Основные типы деградации почв мира (по данным ЮНЕП), 2014

Тип деградации	Площадь, млн. га	В % от общей площади
Водная эрозия	1094	56
Ветровая эрозия	548	28
Химическая деградация	239	12
Физическая деградация	83	4
<i>Всего</i>	<i>1964</i>	<i>100</i>

По данным доклада Продовольственной и сельскохозяйственной организации объединенных наций (FAO) «Состояние почвенных ресурсов мира» (2015), в Российской Федерации находится 16,5% мировых деградированных площадей и порядка 50% сельскохозяйственных земель подвержено деградации, причем доля эродированных и дефлированных почв продолжает расти (рис. 1) [248].

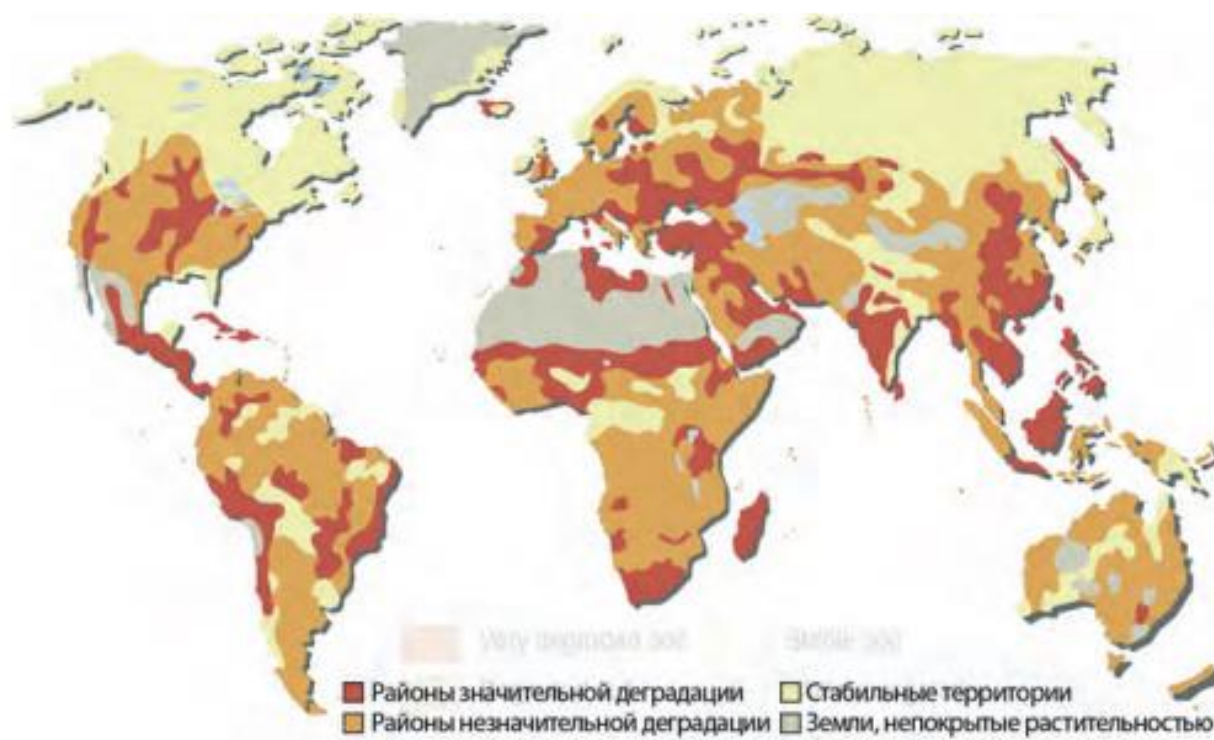


Рисунок 1 - Картосхема деградированных земель в мире (по данным FAO, 2015) [248]

Помимо этого, неуклонно уменьшается содержание гумуса и элементов минерального питания практически повсеместно, наблюдаются процессы опустынивания, засоления и подкисления почв (табл. 2).

Таблица 2 - Площади деградированных земель Российской Федерации (по данным Г.Д. Гогмачадзе [29])

Вид деградированных земель	Сельскохозяйственные угодья		В том числе пашни	
	млн га	% от общей площади	млн га	% от общей площади
Засоленные	16,3	8,9	4,5	3,7
Солонцеватые	22,9	12,5	9,9	8,2
Кислые	51,5	28,1	41,6	34,4
Переувлажненные	16,1	8,8	6,8	5,6
Заболоченные	9,6	5,2	2,2	1,8
Переувлажненные	12,2	6,6	3,9	3,2

Характер, вид деградационных процессов, а также их интенсивность зависят от соотношения антропогенных и природных факторов и имеют региональную специфику (рис. 2).



Рисунок 2 - Картосхема распределения деградационных процессов в Российской Федерации (по данным Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году [40]).

К основным причинам деградации земель сельскохозяйственного назначения в нашей стране можно отнести:

- некачественное проведение агротехнических, агрохимических, мелиоративных и противоэрозионных мероприятий, нарушение основополагающих принципов экологической устойчивости и сбалансированности агроландшафтов;
- господство архаичных систем земледелия, основанных на получении максимального дохода с единицы площади без учета территориальных особенностей, принципов ресурсосбережения и охраны окружающей среды.

По оценочным данным А.В. Гордеева и Г.А. Романенко (2008), черноземные почвы России распространены на 10% общей площади страны, и на них приходится более половины всей пашни, на которой производится порядка 80% растениеводческой продукции. Однако каждый год в результате распространения эрозионных процессов теряется до 30 тыс. га черноземов.

К сожалению, в нашей стране до сих пор не принят Закон "О почвах", определяющий почвы как объект природной среды, основу экосистем и жизнеобеспечения населения. Законодательно не установлено, что сохранение почв и их плодородия и предотвращение их деградации является одной из приоритетных задач государства и граждан России, и, как следствие, не реализуется национальная почвенная политика в отношении охраны почв, хотя проект данного закона рассматривался еще в 2000 году [153].

Поэтому для сохранения и улучшения почвенных ресурсов следует оптимизировать соотношение площадей сельскохозяйственных угодий, пересмотреть имеющиеся структуры посевных площадей и севооборотов, систем обработки почвы и удобрений, снизить интенсивность распашки земель, внедрять адаптивно-ландшафтные системы земледелия.

1.3 Основы эффективного ресурсосбережения в современных агротехнологиях возделывания зерновых культур

В условиях переходного периода, диспаритета цен и большого ассортимента агротехнологических приемов, отечественное аграрное производство как никогда нуждается в отечественных конкурентноспособных и экологически сбалансированных технологиях возделывания ведущих сельскохозяйственных культур. В настоящее время такой эффект может быть обеспечен только внедрением современных научно-обоснованных адаптивных ресурсосберегающих агротехнологий.

Сам процесс ресурсосбережения довольно многогранен и поэтому его рассмотрение следует вести с использованием различных подходов:

- экономических, подразумевающих снижение объемов используемых денежных единиц при выполнении агротехнологических приемов;
- энергетических, суть которых сводится к сокращению потребляемой энергии, использующейся в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур;
- экологических, заключающихся в снижении денежных (или энергетических) затрат в растениеводческих агротехнологиях, с обязательным условием сохранения, либо повышения сложившегося уровня плодородия почвы.

Согласно данным аналитического обзора, подготовленного Е.Л. Ревякиным, А.Т. Табашниковым и соавторами (2011), зерновые культуры в мире возделываются приблизительно на 700 млн. га, в том числе около 400 млн. га обрабатываются по ресурсосберегающим технологиям (минимальной и нулевой). География применения сберегающих технологий всеобъемлюща. Они успешно применяются в различных агроклиматических условиях, обеспечивая устойчивое развитие растениеводческой отрасли в экономической, экологической и социальной перспективе.

К сожалению, большинство используемых в настоящее время агротехнологий слабо адаптировано к имеющимся природно-климатическим условиям и, как следствие, имеется колоссальный ареал территорий, где возможно внедрение различных научно обоснованных ресурсосберегающих технологий, нацеленных на эффективную работу каждого используемого ресурса.

Следовательно, в результате обобщения научных публикаций можно сделать вывод о том, что для осуществления ресурсосбережения необходимо выработать единые научно обоснованные подходы, основу которых должны составлять:

1. научно обоснованные севообороты, включающие элементы биологизации земледелия;
2. применение ресурсосберегающих способов обработки почвы с сохранением растительных остатков и измельченной соломы в верхнем слое или на поверхности почвы;
3. использование эффективных современных удобрений и мелиорации почв.

1.3.1 Научно обоснованная структура посевных площадей и севооборотов при ресурсосбережении

Одним из начальных этапов внедрения адаптивно-ландшафтных систем земледелия является оптимизация имеющейся структуры посевных площадей и структуры севооборотов, направленные на создание условий для увеличения урожайности возделываемых культур, сохранение исходного уровня плодородия почвы, а также ресурсосбережение. Многие ученые (Кирюшин, 2011; Пыхтин, 2003; В.А. Захаренко и А.В. Захаренко, 2004; Малюга, Пикушова, Кравцов с соавт., 2006; Ревякин, Табашников с соавт., 2011; Тугуз, 2011) в своих научных трудах отмечают, что влияние данных элементов многогранно и выражается в изменении динамики накопления

гумуса в почве, преобразовании агрофизических и агрохимических свойств почв, положительном состоянии фитосанитарной обстановки на полях, влагообеспеченности и доступности влаги для возделываемых культур, что, в конечном итоге, сказывается на урожайности и качественных показателях производимой продукции.

С другой стороны, в современных условиях структура посевных площадей сельскохозяйственных предприятий нуждается в существенной корректировке. По мнению Д.М. Мамиева, А.А. Абаева и А.А. Тедеева (2017), в связи с неустойчивостью рыночной экономики трудно дать однозначные рекомендации по ее детализации. Кроме того, В.В. Чибис, С.П. Чибис, И.Н. Кутышев и Е.В. Фалалеева (2017) справедливо отмечают, что специализация, интенсификация производства, государственные программы и вытекающие из этого краткосрочные экономические решения оказали влияние на сокращение севооборотов и их многообразие. Нарушение научно-обоснованного чередования культур, в первую очередь, негативно сказывается на узкоспециализированных короткопольных севооборотах, особенно при отсутствии в них занятых или чистых паров. А. В. Румянцев и Л.В. Орлова (2005) считают, что в таких случаях следует использовать наиболее востребованный прием биологизации земледелия - сидеральный пар, который увеличивает продуктивность пашни на 9-16% при снижении затрат на 8-13%. По нашим расчетам, замена чистого пара на сидеральный позволяет дополнительно вносить в почву 20-30 т/га зелёной массы, что способствует уменьшению энергозатрат с 20,1 до 9,1 ГДж/га [161]. Как показывают результаты многих научных исследований (например, проведенных В.И. Морозовым (2012), С.Т. Эседуллаевым (2015); Л.Д. Фроловой, М.Н. Новиковым (2018) и многими другими учеными), биологизация севооборотов, являясь одним из ключевых элементов ресурсосбережения, обеспечивает увеличение содержания в почве азота и органического вещества (в том числе и лабильного), способствует накоплению, сохранению и рациональному расходу запаса продуктивной

влаги в севообороте, увеличивает инфильтрацию воды и микробиологическую активность почвы, улучшает структуру, водопрочность и фитосанитарное состояние почвы, уменьшает уплотнение пахотного слоя почвы, предотвращает переувлажнение почвы, снижает водную и ветровую эрозию почвы, сокращает использование удобрений и пестицидов. Так, например, относительно органического вещества, в 1-й год использования многолетних трав количество пожнивно-корневых остатков в слое 0-40 см составляет 7-10 т/га, а в последующие годы - 12-17 т/га (для сравнения под кукурузой – максимум 2,0-2,5 т/га), с зелёной массой сидеральной культуры в почву вносится 42-56 ц/га сухого вещества и 155-210 кг/га питательных веществ, что составляет 34-46 % по сравнению с внесением 40 т/га навоза [126]. По мнению М.Ш. Тагирова и Р.С. Шакирова (2014), другим ключевым направлением биологизации современных агротехнологий является включение в севообороты бобовых культур, которые повышают продуктивность пашни на 15-25% и обеспечивают положительный баланс гумуса (0,45-0,5 т/га).

При разработке схем севооборотов должны соблюдаться принципы адаптивности и соответствия агроклиматических условий требованиям возделываемых культур. Наиболее ресурсосберегающими остаются севообороты или структура посевных площадей, исключаящие возделывание пропашных культур. В чисто зерновых севооборотах наиболее обоснованными являются короткопольные севообороты с тремя - четырьмя зерновыми культурами типа: горох, соя – озимая пшеница – ячмень, овес – гречиха или соя – яровая пшеница – ячмень. Ресурсосбережение, в таком случае, достигается за счет размещения культур по лучшим предшественникам, а главное за счет использования последствий оптимальных доз минеральных удобрений по ведущим культурам, например озимую пшеницу [182].

1.3.2 Ресурсосберегающие направления в основной обработке почвы

С учетом того, что большая часть территории России находится в зоне рискованного земледелия, то, по мнению член-корреспондента РАН Анатолия Ивановича Шабая (2003), приемы минимализации обработки, направленные на ресурсосбережение (предотвращение сноса почвенного покрова, преодоление губительного действия засухи, снижение энергозатрат) имеют решающее значение в сохранении плодородия почв и получении устойчивых урожаев культур. Кроме того, С.Н. Саленков в своей научной статье (2001) справедливо утверждает, что разнообразие почвенно-климатических условий территории, а также различия в землепользовании хозяйств по типам почв, гранулометрическому составу, крутизне склонов, по типам и степени засорения отдельных участков, требуют дифференцированного научно-обоснованного подхода к системам обработки почвы, позволяющим создавать оптимальные почвенные условия для сельскохозяйственных культур с минимальными затратами энергии и средств, сохранять почвенное плодородие, предотвращать водную эрозию и охранять окружающую среду от загрязнения.

Проведенные нами в 2015 году исследования по систематизации обработок почвы в агротехнологиях нового поколения [216] позволили сделать вывод, что из всего спектра существующих способов основной обработки почвы наиболее обоснованными являются:

- 1) нулевая обработка – способ, предполагающий отказ от использования любых механических приемов обработки почвы;
- 2) поверхностная обработка - способ основной обработки почвы, включающий однократное или многократное применение дисковых, либо комбинированных агрегатов и проводимый на глубину не более 12 см. Существующее в ГОСТе 16285-89 [31] определение на глубину до 8 см нецелесообразно, так как обработка на подобную глубину неустойчива и недостаточна по качеству воздействия на верхний слой почвы;

- 3) безотвальная обработка - способ основной обработки почвы, характеризующийся отсутствием оборачивания обрабатываемого слоя [31]. Может выполняться плоскорезами, чизелями, стойками СибИМЭ и плугами без отвалов. Проводится на глубину 12 см и выше.
- 4) отвальная обработка - способ основной обработки почвы, включающий обработку почвы отвальными орудиями различных типов с полным или частичным оборачиванием пахотного слоя [31]. Выполняется плугами на глубину 12 см и выше.

Безусловно, каждый способ основной обработки почвы имеет свои отрицательные и положительные стороны, а при научно-обоснованном применении способны обеспечивать равноценную урожайность, но, в то же время, они принципиально разные по ресурсоемкости.

Длительное время вспашка была основным приёмом основной обработки почвы, однако поиски её замены другими способами обработки не прекращались. Роль вспашки, создающей оптимальные условия для гумусообразования в травопольном севообороте, еще в первой половине XX века обосновал Василий Робертович Вильямс (1938). Он считал, что ежегодная отвальная обработка на глубину не менее 20 см является средством создания анаэробных условий для разложения растительных остатков и улучшения агрофизических свойств почвы путём заделки верхнего 10-сантиметрового слоя, утратившего плодородие, структуру и прочность, и укрытия этого бесструктурного слоя нижними, не утратившими структуру слоями почвы. Это была попытка управлять почвообразовательным процессом. Однако эта попытка обернулась не только снижением мощности гумусового горизонта, содержания в нём перегноя, но и в целом способствовала выпашиванию и деградации чернозёмов. В последующие годы и сам Василий Робертович подчёркивал, что вспашка способствует разрушению гумуса [20]. Он предложил устранить эту негативную сторону вспашки разумным подбором и использованием

культурных растений. Помимо этого, исследованиями многих отечественных учёных (Волковский, Сорокин с соавт., 1988; Конищев, 2009, Солодун, 2011; Спиридонов, Соколов, Босак, 2017 и другими) доказано, что вспашка не только не способствует гумусообразованию, но и что этот процесс более активно протекает в верхних слоях почвы, а не на глубине. К тому же, выносимая на поверхность в процессе оборачивания пласта почва менее окультурена и менее плодородна, она не может обеспечить хороших условий в корнеобитаемом слое. Всё это позволило сделать вывод о необходимости окультуривания самого верхнего слоя почвы, прежде всего, увеличивая в нём содержание гумуса и улучшая агрофизические свойства, путём минимизации обработок почвы, менее энергозатратны, чем вспашка. Следовательно, наиболее существенным условием энергоресурсосбережения, в современных агротехнологиях является использование минимальных обработок почвы при наличии условий для их реализации.

По мнению Н.В. Шевченко, Е.М. Лебедь и Н.И. Пивовара (2015), в настоящее время со стороны ученых отмечается повышенный интерес к технологиям, предусматривающим уменьшение частоты и глубины обработки почвы, вызван многими факторами. С одной стороны, это попытка стабилизировать производство, приостановить стремительное снижение плодородия почвы и развитие эрозионных процессов. С другой - стремление сократить перманентно возрастающие затраты, прежде всего энергоносителей.

Помимо этого, согласно данным Г.Н. Черкасова, И.Г. Пыхтина, А.Г. Рожкова и других ученых ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии (2004), многие зерновые имеют высокие значения своей продуктивности без использования глубоких обработок почвы, так как они формируют свою корневую систему преимущественно в слое почвы 0-20 см, усваивают в большей степени влагу и питательные вещества из верхних слоев почвы, легко переносят уплотнение почвы от 1,1 до 1,3 г/см³. Кроме того, озимые зерновые обладают мощными конкурентными способностями по отношению

к сорняковому компоненту, что делает их более адаптивными к мелкой обработке почвы.

К числу агроэкологических преимуществ ресурсосберегающих технологий, основанных на нулевых и поверхностных способах основной обработки почв А.М. Пестряков (2007) справедливо относит предотвращение ветровой и водной эрозии, восполнение плодородия за счёт сокращения темпов минерализации гумуса, возвращения почвенной биоты, повышения микробиологической активности почвы, что, по его мнению, помогает ей быстрее переводить растительные остатки в питательные вещества, а также разлагать загрязняющие химические соединения.

Результаты проведенных отечественных научных исследований минимизации обработок почвы (Кирюшин, 2013; Безуглов, Гафуров, 2002; Буянкин, Слесарев и Краснопёров, 2004; Румянцев и Орлова, 2005; Показаньев, 2007; Кириллов и Волков, 2008; Кираев и Сираев, 2009; Полоус, 2010; Романенко, Васюков, Кильдюшкин, 2011; Тугуз, 2011; О.Г. Котлярова, Е.Г. Котлярова, С. М. Лубенцов, 2012; Каипов и Зарипова, 2013; Васюков, Цыганков, Чуварлеева, 2014; А.Н. Власенко, Н.Г. Власенко, 2017 и многими другими учеными) убедительно показали, что они способствуют: снижению интенсивности минерализации и потерь гумуса, дифференциации пахотного слоя и локализации питательных веществ в верхнем слое почвы, увеличению накопления и сохранения влаги в почве в засушливых условиях, увеличению количества дождевых червей, членистоногих и другой почвенной биоты, повышению микробиологической активности в верхнем слое почвы, улучшению свойств и режимов почвы, её биологическому саморыхлению и самоочищению.

Критерием минимизации почвообработки может служить сравнение оптимальной плотности почвы для той или иной культуры с фактической: если фактическая плотность почвы соответствует оптимальной плотности почвы для конкретной сельскохозяйственной культуры, то механическая обработка почвы может быть сокращена или отменена, если позволяет

фитосанитарная ситуация. В свою очередь, минимизация почвообработки сопряжена с необходимостью компенсации усиливающегося дефицита минерального азота и применения гербицидов из-за усиления засорённости, а нередко и фунгицидов вследствие развития болезней [79, 81, 142].

Благодаря проведению обширных многолетних исследований, в настоящее время достоверно установлено, что основными проблемами для большинства аграрных территорий нашей страны при переходе на использование минимальных обработок почвы являются повышение засорённости посевов, повреждение их болезнями и вредителями, накопление токсических веществ в результате неполного распада растительных остатков, усиление дефицита нитратного азота [13, 18, 48, 78, 79, 103, 132, 157, 159, 194].

Причем, по мнению К.З. Халиуллина, Т.И. Киекбаева, С.А. Лукьянова и И.А. Гайнуллина (2010), наиболее эффективны способы минимальной обработки почвы в зонах с засушливым климатом и наименее пригодны в зонах с тяжелыми переувлажненными почвами. Однако, в современных технологиях интенсивного типа применение удобрений, мелиорантов и гербицидов способно свести к минимуму эффект от применения глубоких обработок почвы, но тогда нужно иметь ввиду, что степень ресурсосбережения в таких агротехнологиях будет основана на комплексном использовании имеющихся ресурсов.

В то же время, академик РАН Валерий Иванович Кирюшин (2010) отмечает, что основным спорным моментом минимализации почвообработки в настоящее время является целесообразность полного отказа от нее (нулевая обработка или прямой посев), в случае которого в период от уборки предшествующей до посева следующей культуры исключается любое механическое воздействие на почву, кроме нарезки борозд для заделки семян. При учете того, что на вспашку необходимо израсходовать порядка 850 МДж энергии, на поверхностную обработку дисковой бороной - 350 МДж, мелкую безотвальную обработку комбинированными агрегатами на

глубину более 12 см - около 450 МДж, энергетические затраты на подготовку почвы к посеву и непосредственно сам посев зерновых культур будет иметь следующие значения (табл. 3):

Таблица 3 - Энергетические затраты на подготовку почвы к посеву и посев зерновых культур в зависимости от применения различных способов основной обработки почвы [46].

Технологический приём	Энергетические затраты в зависимости от способа основной обработки почвы, МДж			
	Средняя вспашка	Мелкая безотвальная	Поверхностная	Нулевая
Основная обработка почвы	845	428	359	0
Ранневесеннее боронование	100			0
Предпосевная обработка	185			0
Посев	164			460
ВСЕГО:	1130	713	644	460

Согласно таблице, наиболее ресурсосберегающей агротехнологией в данном примере будет технология, основанная на нулевой обработке почвы. Но для таких технологий рекомендуется применение гербицидов. С учетом того, что расходы энергии на однократную обработку посевов зерновых гербицидами составят ориентировочно 300 МДж, общая энергоёмкость технологии без основной обработки почвы, составит порядка 760 МДж, что делает её более затратной по сравнению с другими вариантами минимализации. Поэтому весьма осторожно следует использовать нулевую обработку почвы. При применении минимальных обработок почвы, особенно нулевой обработки (прямого посева), по мнению ряда авторов (Ален, 1985; Келлер и Линке, 2001; Петерсон, 2005; Quincke, Wortmann, Mano, Franti, Drijber, 2007; Anderson, 2008; Rainbow и Derpsch, 2011; Soanea, 2012; Дридигер, 2013; Смирнов, Котьяк, Чебыкина, Труфанов, 2013 и другие), происходит насыщение верхнего слоя почвы корневыми остатками растений и ходами почвенной энтомофауны, в результате улучшаются агрофизические

и гидрологические свойства почвы, создаются благоприятные условия для гумусообразования, сокращаются темпы минерализации органического вещества почвы, обогащается верхний слой почвы питательными веществами, повышается микробиологическая активность почвы, увеличивается число дождевых червей, сокращаются эрозионные процессы. При этом существенно снижаются производственные затраты, в том числе на топливо; сохраняется окружающая среда, подобно тому, как она самоочищается в природных условиях. Проведенный нами в 2015 году анализ современной литературы по данному вопросу [216] позволяет сделать вывод, что совершенствование систем и способов обработки почвы в земледелии России остается весьма важной задачей. Но, как показывают практические результаты, применение различных способов под культуры не может иметь единого решения из-за большого количества условий, влияющих на обоснованность использования того или иного способа основной обработки почвы. Поэтому актуальным вопросом остается изучение на базе полевых многолетних и краткосрочных опытов влияния различных систем и способов основной обработки почвы на агрофизические и агрохимические показатели почвы, фитосанитарное состояние посевов, урожайность и качественные характеристики возделываемых сельскохозяйственных культур.

1.3.3 Система применения удобрений и мелиорантов при ресурсосбережении

По мнению академика НАН Беларуси Виталия Витальевича Лапы (2011), современная ресурсосберегающая система применения удобрений должна обеспечивать сбалансированное питание сельскохозяйственных культур по всем элементам, максимальную отдачу в виде прибавки урожайности, а также хотя бы минимальное повышение запасов в почвах азота, фосфора и калия. Агрохимически окультуренные почвы, обладающие оптимальными

параметрами содержания фосфора, калия, гумуса, pH, обуславливают стабильную основу продуктивности растениеводческой отрасли, особенно в годы с неблагоприятными погодными условиями.

Следует отметить, что специфика ресурсосберегающих технологий предполагает, в том числе и максимально возможную эффективность при внесении удобрений за счет:

- 1) рационального использования почвенно-климатического потенциала сельскохозяйственных территорий и биологических возможностей возделываемых культур;
- 2) использование дополнительных источников питательных веществ, поступающих из окружающей среды;
- 3) создание благоприятных условий для высокой окупаемости вносимых удобрений.

Первое положение может быть внедрено посредством научно-обоснованного использования имеющихся почвенно-климатических ресурсов, учитывающее сложившиеся почвенные, территориальные и климатические условия, а также предполагающее размещение возделываемых культур на наиболее пригодных территориях и по наиболее целесообразным предшественникам для предотвращения повешения засоренности полей, вспышек болезней и вредителей, и, конечно же, улучшения питательного режима [13, 91, 96].

Второе положение реализуется на практике с помощью внедрения в агротехнологии элементов биологизации: увеличение доли посевных площадей под сидеральными, промежуточными поукосными и пожнивными культурами, активное воспроизводство биологического азота с помощью зернобобовых культур, использования растительных остатков в качестве дополнительных источников пополнения органики [98, 127, 195, 201, 203, 208].

Третье положение обеспечивается строгим выполнением зональных рекомендаций научно-исследовательских институтов аграрного профиля по применению системы удобрений применительно к конкретным регионам России, где четко обоснованы дозы, сроки, технологии и прочие условия для создания предпосылок по наилучшей эффективности вносимых удобрений [28, 50, 131, 223].

В свою очередь, высокая окупаемость вносимых удобрений, являющаяся одним из основных условий ресурсосбережения, должна реализовываться за счет:

1. применения современных высокоэффективных форм и видов удобрений;
2. оптимизации доз вносимых удобрений под возделываемую культуру с учетом внесенных доз под предшествующую;
3. выполнения технологических операций по внесению удобрений в оптимальные сроки современными высокотехнологичными способами;
4. комбинирования агроприемов и одновременного внесения удобрений, регуляторов роста растений и средств защиты растений.

Согласно данным М.В. Рязанова (2009), в условиях Центрального Черноземья, для повышения точности и равномерности внесения удобрений следует применять локальный (или ленточный) способ, который способствует снижению неравномерности распределения удобрений до 8–10%, а также может проводиться одновременно с основной обработкой почвы, либо посевом. Одним из вариантов такого способа внесения является подпочвенное внесение удобрений, при котором в почву вносятся как минеральные, так и органические удобрения. Например, анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что наиболее рациональным способом использования жидкого навоза в качестве органического удобрения, является непосредственное внесение его на поля в переработанном виде, методом подпочвенного внесения.

Говоря о системе удобрений, нельзя оставлять без внимания вопросы использования органических удобрений, как наиболее энергоемкого мероприятия (и в то же время неизбежного при наличии у сельхозтоваропроизводителей животноводческой специализации), так как они являются одними из основных действенных источников пополнения гумуса в почве и благодаря им решается одно из условий ресурсосбережения – сохранение и повышение плодородия почв. Как известно, на внесение 20 т/га необходимо затратить более 8500 МДж, что равносильно 14 ц нитрофоски марки 15: 15: 15 и для того, чтобы компенсировать эту затрату энергии необходимо получить дополнительно 440 кг озимой пшеницы, что вполне приемлемо и, как правило, подтверждается результатами полевых опытов. Так, по данным член-корреспондента РАН Анатолия Ивановича Шабаева (2009), на черноземе южном внесение 20 т/га навоза в черном пару обеспечило прибавку урожая зерна озимой пшеницы 2,1-2,8 ц/га, недобор же в таком случае 1,6 ц зерна, как правило, компенсируется повышением урожайности последующих культур. В этом же шестипольном севообороте суммарная прибавка всех культур уже составила 13,2 ц зерновых единиц, что оценивается в 25250 МДж энергии, относя такие технологии к высокозатратным. Однако, в хозяйствах животноводческого направления, а также с целью сохранения и восстановления плодородия почвы проведение таких мероприятий необходимо, а при расчете затрат следует учитывать эффект последствия от применения органических удобрений на последующие возделываемые культуры и ресурсосбережение в таком случае будет проявляться не в рамках отдельной технологии, а в рамках севооборота, что также необходимо учитывать.

Между тем, снижение затрат при использовании навоза может идти по пути совершенствования технологии его приготовления и внесения. Например, технология приготовления навоза или компостов должна быть направлена на получение качественного удобрительного материала, т.е. на снижение потерь азота, содержания патогенной микрофлоры, уменьшение

количества семян сорняков, влажности и увеличение концентрации элементов питания [178].

Наилучшим же вариантом ресурсосбережения для сохранения органического вещества почвы в таком случае является заделывание в почву соломы. Расчеты, проведенные специалистами Воронежского аграрного университета (Шевченко, Иванов, 1997) показывают, что заделанные в почву 4,5 т/га соломы по своему эквиваленту равносильны внесению 16 т подстилочного навоза. Исследования также показали, что применение 5 т/га соломы с добавкой минерального азота в дозе 10 кг/т по эффективности в севообороте не уступает подстилочному навозу в дозе 40 т/га. При этом затраты труда и другие расходы на 80 % ниже по сравнению с внесением навоза традиционным способом. Ускорить разложение соломы можно с использованием биологических препаратов, основу которых составляют бактерии, либо грибы [92], что, в свою очередь, создает условия для экономии минеральных удобрений [178].

Важным фактором почвенного плодородия является её кислотность. Как известно, применение минеральных удобрений приводит к увеличению потерь кальция из почвы за счёт подкисляющего действия минеральных удобрений, главным образом, азотных. Поэтому пахотные почвы в процессе длительного сельскохозяйственного использования необходимо периодически известковать. Известкование почвы экономически и экологически выгодно. Так, например, по данным Ю.А. Кузыченко (2014) за ротацию 6-8-польного севооборота внесение 1 т CaCO_3 обеспечивает прибавку урожая сельскохозяйственных культур порядка 6-8 ц/га. Положительное действие извести на кислых дерново-подзолистых почвах отмечали в своих работах многие ученые, в том числе А.И. Беленков, А.Ю. Тюмаков, Сабо Умар, Д.С. Мокичева (2013), в опытах которых эффект от внесения проявлялся в течение двух ротаций 7-9-польного севооборота. Кроме того, в результате проведенных нами в 2018 году расчетов [32] установлено, что внесение 9-10 т/га дефеката требует порядка 4000 МДж

энергии, что вполне может компенсироваться прибавкой урожайности уже в первые годы при условии существенного исходного подкисления почвы.

Тем самым, поиск наиболее эффективного ресурсосберегающего варианта использования удобрений и мелиорантов под сельскохозяйственные культуры должен вестись при соблюдении следующих условий:

1. Анализ потребности возделываемых культур к питательным элементам, изучение содержания их в почве в доступной для растений форме. При расчете внесения необходимых доз удобрений следует учитывать эффект последствий применяемой ранее системы удобрений.

2. Тщательный подбор удобрений из имеющегося на сегодняшний момент большого ассортимента.

3. Равномерное и точное внесение удобрений и мелиорантов с соблюдением расчетных доз в оптимальные сроки.

Таким образом, проведенный обзор существующих результатов исследований по вопросу рационального использования ресурсов в современных агротехнологиях возделывания зерновых культур с одной стороны свидетельствуют о перспективности широкого применения ресурсосберегающих агротехнологий для проектирования и внедрения адаптивно-ландшафтных систем земледелия, а с другой стороны о недостаточной изученности и обоснованности данного направления применительно к комплексу используемых агроприемов.

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ, ПРОГРАММА, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Краткая природно-географическая характеристика района исследований

Полевые исследования проводились на базе опытного поля ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии – структурного подразделения ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», расположенного в юго-восточном агропочвенном районе Курской области, территориально относящегося к северной части Медвенского района Курской области [175].

Как известно, Курская область входит в состав Центрально-Черноземного региона (ЦЧР), расположенного центрально по отношению к Европейской части Российской Федерации. В свою очередь, ЦЧР представлен двумя природными зонами: лесостепной (83,3% территории) и степной (16,7%), но территория Курской области полностью относится к лесостепной зоне. Сельскохозяйственные угодья в Курской области занимают, в среднем, 78,2% всей территории. В структуре сельскохозяйственных угодий пашня составляет 81,6%, что в 1,4 раза выше, чем в среднем по России [134].

Климат территории Курской области типичен для Центрально-Черноземного региона: умеренно-континентальный, полувлажный с продолжительным умеренно теплым летом и относительно мягкой зимой. Отличительной чертой климата региона является его непостоянство и значительная изменчивость по годам и сезонам, наличие засух, длительность и повторяемость которых нарастает в направлении юго-востока. Солнечное продолжительное лето сменяется относительно холодной зимой с устойчивым снежным покровом [84]. Продолжительность солнечного сияния за теплый период составляет 1200-1230, а в целом за год 1700-1790 часов. Годовой приход солнечной радиации при отсутствии облачности составляет

за год до 4806 МДж/м², а с учетом облачности - 3730 МДж/м². По сезонам года это тепло распределяется следующим образом: зима – 294; весна – 1215; лето – 1676 и осень – 545 МДж/м². Средняя месячная температура воздуха самого теплого месяца (июля) колеблется в пределах от 18,5 до 19,8⁰С, а самого холодного месяца (января) от –9,4 (Поныри) до –7,7⁰С (Теткино). Годовая амплитуда средних месячных температур воздуха 26-29⁰С. В 90% абсолютный максимум температуры воздуха бывает в пределах +30-32⁰С, а абсолютный минимум –22-26⁰С. Теплый период с положительной средней суточной температурой воздуха длится 220-235 дней. Тепловые ресурсы летнего периода не лимитируют биологическую потребность в тепле большинство возделываемых культур. Характерной чертой климата Курской области являются ранние осенние и поздние весенние заморозки, а также зимние оттепели. Безморозный период продолжается в среднем 150 дней. Вегетационный период на севере длится 182-188 дней, на юге 187-193 дня [209].

По количеству осадков территория области относится к зоне умеренного увлажнения, при этом степень увлажнения по территории изменяется в зональном направлении, снижаясь от северо-западных районов (коэффициент увлажнения 1,05-1,09) к юго-восточным (коэффициент увлажнения 0,95-0,86). Среднее годовое количество осадков колеблется в пределах 500-610 мм. Две трети осадков (от годовой суммы) выпадает в жидком виде, а одна треть – в виде снега. Осадки в летний период носят большей частью ливневый характер. Высота снежного покрова к концу зимы достигает 24-30 см. Средняя глубина промерзания почвы в зимний период составляет 60-90 см, наибольшая – около 150 см [130].

К неблагоприятным метеорологическим явлениям, наносящим значительный ущерб в летний период, относятся засухи. Число лет с засухами для яровых зерновых культур составляет 70-80 %, для пропашных от 15 до 55 % при средней продолжительности 2-3 декады. Засушливые периоды могут

сопровождаться суховеями. По средним многолетним данным, согласно А.П. Щербакову и И.И. Васеневу (2000), на территории Курской области за год бывает 18,9 суховейных дней с относительной влажностью 30 % и ниже. Очень интенсивные суховеи проявляются во время засух в 2-3 годах из 10 лет [227].

В целом, климат Курской области отличается благоприятными условиями для возделывания большинства сельскохозяйственных культур. Однако непостоянство погодных условий значительно влияет на продуктивность возделываемых культур. Наиболее заметно проявляется такое влияние в годы с экстремальными климатическими условиями. В целом редко бывают годы неблагоприятные для всех культур: одни культуры, особенно зерновые, очень резко реагируют на засуху в первой половине вегетационного периода, сахарная свекла такое явление переносит менее болезненно, а кукуруза даже повышает урожайность из-за обычно складывающихся в таких случаях высоких положительных температур [155].

Большинство сельскохозяйственных лет, приходящихся на период проведения основных исследований (2008-2018 гг.), а именно 2008, 2011, 2013, 2014 и 2018 гг. (периоды с августа 2007 г по июль 2008 г, с августа 2010 г по июль 2011 г и с августа 2012 г по июль 2014 г, а также с августа 2017 по июль 2018 г.) оказались практически сходными. Среднегодовая температура воздуха отмечалась выше нормы на 2-3°. Осадки в течение года распределились неравномерно. Значительный недобор в осадках наблюдался в зимние периоды, а также в конце лета, когда их количество не превышало 40-70% нормы. Накопление тепла в большинстве случаев проходило быстрее обычного. На конец вегетационного периода средняя сумма эффективных температур была выше среднемноголетних значений в среднем на 200⁰. По наступлению времен года, данные периоды характеризовались следующим образом:

1. Для осени данных лет была характерна умеренно теплая погода с частыми слабыми осадками. Влажность воздуха в течение большинства дней была близка к обычной и составляла в среднем от 60 до 85% среднемноголетних значений.

2. Зимы 2007-2008, 2010-2011 и 2013-2014 окончились раньше среднемноголетних сроков. Однако в декабре 2007 года и феврале 2008 года отмечалась аномально низкая температура воздуха, а в первой и второй декаде декабря 2017, конце марта 2013 и 2018 годов наблюдались мощные снегопады, когда за один-два дня выпадало до двух месячных норм осадков, но в целом зимние периоды данных лет были теплыми и малоснежными.

3. Наступление весны опережало средние многолетние сроки и длилась дольше обычного, однако весенний период 2010-2011 гг. был холоднее нормы, а 2007-2008, 2012-2013, 2013-2014 и 2017-2018 теплее. В целом, за весенний сезон, осадков оказалось в пределах нормы (70-100 мм).

4. Летние режимы погоды устанавливались также раньше средних многолетних сроков и оказались длиннее обычной продолжительности. Лето характеризовалось не только теплой, но и сухой погодой, а в конце периодов аномально жаркой погодой. Исключение составил июль 2018 года, когда на протяжении практически всей первой половины месяца шел дождь, мешая проведению уборки зерновых.

Анализ метеорологических данных показал, что агрометеороусловия для формирования урожая озимых культур складывались в данные годы довольно благоприятные. Рост и развитие проходили ускоренными темпами - с опережением в 1-2 недели несмотря на то, что в отдельные годы прорастание семян задерживалось из-за иссушенности почвы. Созревание и подсыхание зерна сдерживалось повышенной влажностью воздуха и почвы. В то же время, условия для произрастания яровых культур в большинстве случаев характеризовались как удовлетворительные. Недостаток тепла и влаги в начальный период вегетации в 2008, 2012, 2013 и 2018 гг. сдерживал

прорастание семян, рост, развитие и укоренение посевов, при сохраняющейся недостаточной влагообеспеченности снижалась продуктивность колоса и отмечалась низкорослость растений.

Немного иными оказались сельскохозяйственные годы 2008-2010 гг. (с августа 2008 г по июль 2010 г) и 2015-2016 гг (с августа 2015 г по июль 2016 г). Несмотря на превышение климатических норм на 1-3⁰, отдельные месяцы были контрастными и не соответствовали средним многолетним данным. Существенный дефицит осадков отмечался в апреле 2008 и 2010 гг, августе и октябре 2015. Осенний период в данные годы был типичен для данной территории, зима была теплой и короткой (позднее наступление и на 2-3 недели была короче) со значительными колебаниями температуры. Весенний режим погоды устанавливался раньше средних многолетних сроков, характеризовался неустойчивой, но в целом умеренно теплой погодой. Летний сезон наступал позже средних значений и был отмечен неустойчивым характером погоды с преобладанием повышенного (а в 2010 году – высокого) температурного режима, причем в большую часть летнего периода (за исключением лета 2016 года, когда осадков в первой половине лета выпадало избыточное количество) преобладала погода без существенных осадков.

Осенние условия 2008, 2009 и 2015 года были благоприятные, рост и развитие озимых зерновых культур проходили при умеренном и повышенном температурном режиме и достаточной (а порой и избыточной) влагообеспеченности, растения закончили вегетацию хорошо раскустившись. Перезимовка слабо развитых посевов озимых культур на большей части территории региона проходила в удовлетворительных условиях. Однако из-за частых перепадов температур зимой 2009-2010 сельскохозяйственного года, в большинстве случаев наблюдалось образование ледяной корки на поверхности снежного покрова, что является крайне неблагоприятным погодным явлением и привело к гибели

значительного количества озимых посевов. Из-за ранней весны ускорялось отрастание перезимовавших растений. В дальнейший период вегетации условия для формирования урожая озимых зерновых культур преобладали хорошие.

Массовый сев яровых зерновых культур проводился в большинстве хозяйств раньше средних многолетних сроков. Темпы развития яровых культур преобладали обычные (за исключением урожая 2010 года, когда повсеместно отмечалась низкая густота стояния яровых культур вследствие дефицита осадков). Формирование и налив зерна проходили на фоне умеренно-теплой погоды с небольшими осадками. Условия для подсыхания зерна преобладали удовлетворительные.

Проведенный анализ многолетних данных показал, что метеорологические условия в годы проведения исследований достаточно полно отражали особенности климата региона (рис. 3, рис. 4)

Рельеф территории опытного поля типичен для Курской области: сильно волнистый, обусловленный наличием балок и отвершков, приурочен к юго-западным склонам Среднерусской возвышенности, которые находятся в бассейне реки Млодать, являющейся притоком реки Сейм. Характер поверхности в основном определяется межбалочными водоразделами. Водораздельные пространства представляют из себя плато, а также склоны различной протяженности, крутизны и экспозиции. Переход склонов водоразделов в днища балок резкий, в основном через перегиб или покатый склон. Наличие склоновых земель в условиях расчлененного рельефа (коэффициент расчленения - $1,4 \text{ км/км}^2$) способствует проявлению процессов водной эрозии, создаёт предпосылки для загрязнения поверхностных и грунтовых вод, переуплотнения и подкисления почв [176].

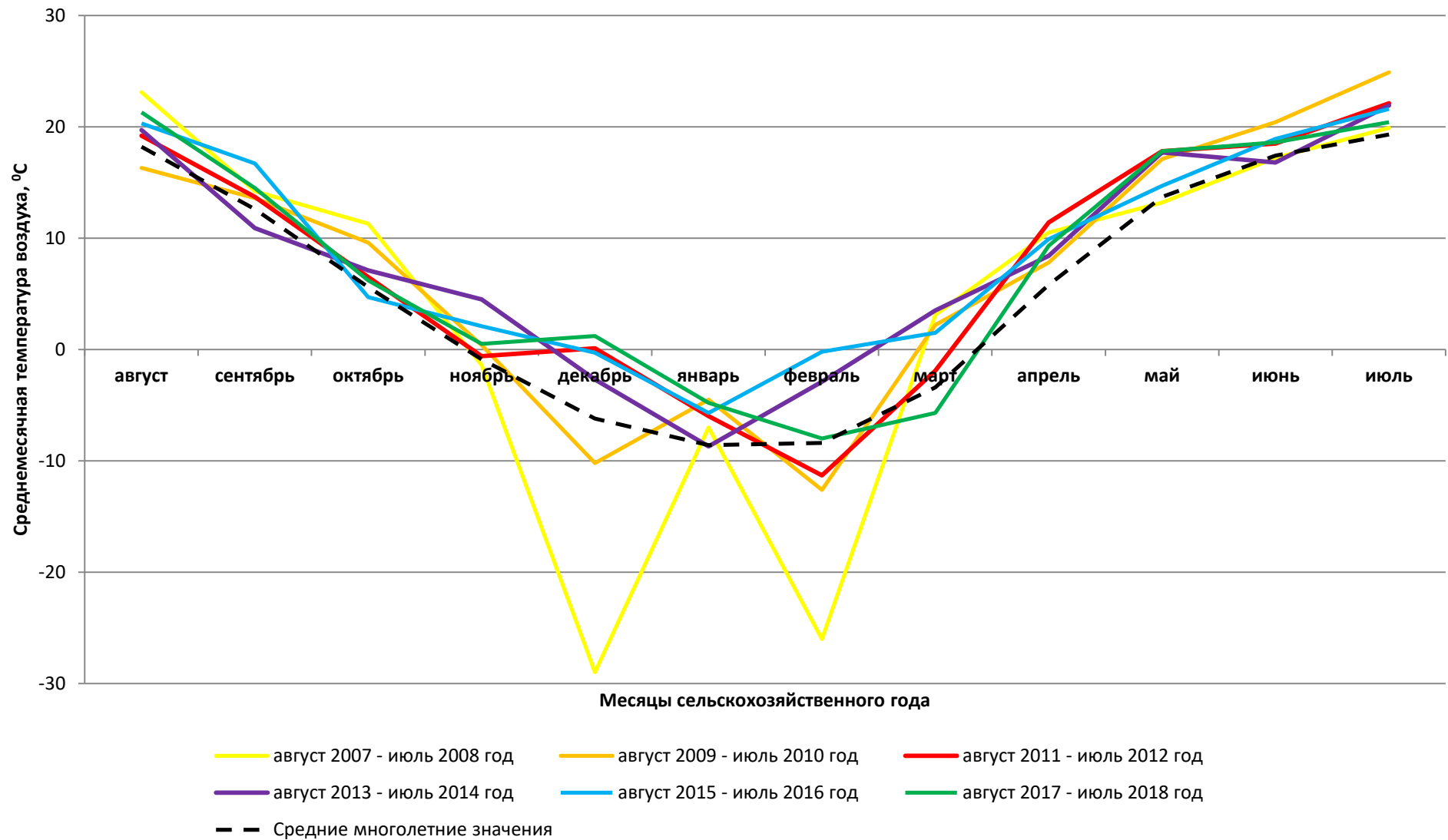


Рисунок 3 – Среднемесячные и среднемноголетние температуры воздуха в годы исследований (по данным метеостанции п. Медвенка)

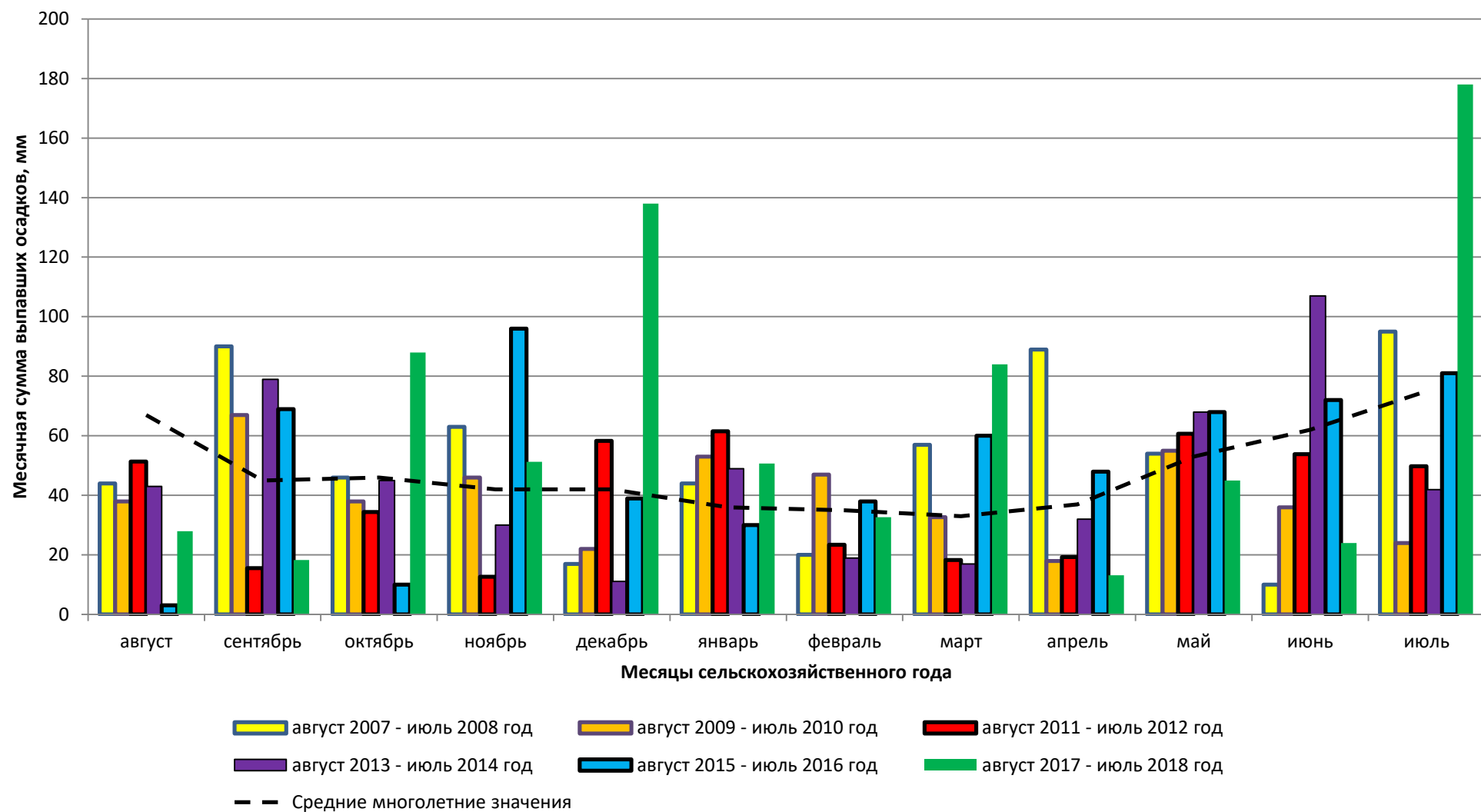


Рисунок 4 - Месячные и среднемноголетние суммы осадков в годы исследований (по данным метеостанции п. Медвенка)

Гидрологический режим на территории опытного поля ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии – структурного подразделения ФГБНУ «Курский ФАНЦ» представлен днищами балок, ручьями, прудами и обусловлен характером рельефа, а также условиями геологического строения местности. Грунтовые воды относятся к карбонатно-кальциевому типу с высоким уровнем минерализации и не токсичным солевым режимом [210].

По ботанико-географическому районированию территория исследований относится к подзоне центральной лесостепи, для которой в прошлом было характерно чередование степной и лесной растительности. На территории хозяйства сохранились отдельные участки леса. Кроме того, имеется 68 га водорегулирующих лесных полос [175].

Основными почвообразующими породами являются отложения четвертичного периода – лессовидные суглинки. По гранулометрическому составу они относятся к тяжелосуглинистым с преобладанием илистых и крупнопылеватых частиц. Почвообразующие породы имеют палево-желтую окраску, тонкопористое сложение, содержат много свободной извести в виде мучнистой плесени или прожилок [210].

Почва опытного поля ФГБНУ «Курский ФАНЦ» представлена черноземами типичными незэродированными и слабоэродированными тяжелосуглинистыми среднemosными со следующей агрохимической характеристикой в слое 0-20 см: содержание гумуса (по Тюрину) - 5,1-5,9%; рН солевой вытяжки - 5,1-7,1; гидролитическая кислотность (по Каппену) - 2,0-5,1 мг-экв./100 г почвы; сумма поглощенных оснований (трилометрическим методом) - 23,6-36,3 мг-экв. / 100 г почвы; содержание общего азота (по Кьельдалю) - 0,20-0,28%; содержание щелочногидролизуемого азота (по Корнфилду) - 162-204 мг/кг почвы; P_2O_5 (по Чирикову) - 96-180 мг/кг почвы; K_2O (по Чирикову) - 62-128 мг/кг почвы [210].

2.2 Объекты, предметы и условия исследований

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, рост и развитие растений, фитосанитарная обстановка в посевах, урожайность и качество продукции..

Все исследования по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий проводились в многофакторном (блок 1) и научно-производственном (блок 2) стационарных полевых опытах ФГБНУ «Курский ФАНЦ». Многофакторный полевой опыт по физическому моделированию систем земледелия ведется с 1983 года. Опыт проводится с целью изучения влияния разных вариантов землепользования на долгосрочную динамику урожайности с/х культур, качественные показатели и состояние почвы. В опыте изучаются ключевые агротехнологические элементы: четырехпольные севообороты, основные способы обработки почвы, различные дозы и сочетания органических и минеральных удобрений. В 2016 году началась восьмая ротация севооборотов. Размещение вариантов по делянкам рендомизированное. Длина делянки колеблется от 25 до 40 м, ширина от 5 до 7 м в зависимости от месторасположения в рельефе. Общая площадь под опытом, включая коридоры (водотоки) - 138,5 га. Из огромного набора вариантов (в опыте 276 делянок), в исследовании использовались только те, которые по набору агроприёмов соответствовали экстенсивной, базовой и интенсивной технологиям выращивания озимой пшеницы и ячменя и территориально расположенных на водораздельном плато. Перечень выбранных вариантов приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень вариантов многофакторного полевого опыта, использующихся для проведения исследования по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий

Описание варианта	Номер варианта с указанием типа севооборота и системы основной обработки почвы								
	Зернопаропропашной			Зернотравянопропашной			Зернотравяной		
	Отвальная	Безотвальная	Комбинированная	Отвальная	Безотвальная	Комбинированная	Отвальная	Безотвальная	Комбинированная
Без внесения удобрений и мелиорантов	1	10	12	33	42	44	55	64	65
Одинарная доза мин. удобрений*, без внесения орг. удобрений и мелиорантов	3	14	15	35	46	47	57	-	-
Одинарная доза мин. удобрений*, без внесения орг. удобрений, с использованием мелиорантов	9	-	30	41	-	-	63	-	-
Двойная доза мин. удобрений*, без внесения орг. удобрений и мелиорантов	2	11	13	34	43	45	56	-	-
Двойная доза мин. удобрений*, с внесением орг. удобрений, без использования мелиорантов	7	25	26	39	-	-	61	-	-

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

К агротехнологиям экстенсивного типа относились варианты без внесения удобрений и мелиорантов, базового типа - варианты с внесением одинарной (базовой) дозы минеральных удобрений и мелиорантов, интенсивного типа - варианты с внесением двойной (повышенной) дозы минеральных удобрений, а также с внесением органических удобрений.

В свою очередь, схему чередования культур в данном блоке можно представить в виде следующей схемы:

Таблица 5 - Принципиальная схема севооборотов в блоке 1 полевого опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий.

Севооборот	Культура			
	1-ый год	2-ой год	3-ий год	4-ый год
Зернопаропропашной	Пшеница мягкая озимая	Кукуруза на силос	Ячмень яровой	Чистый пар
Зернотравянопропашной			Ячмень яровой с подсевом трав	Однолетние травы
Зернотравяной		Ячмень яровой с подсевом трав	Многолетние травы	

Размер посевной делянки – 100 кв. метров (посевной и учетной). Повторность в опыте двукратная.

В начале закладки данного блока (1984 г.) характеристики пахотного слоя почвы имели следующие показатели: содержание гумуса 6,6%, pH солевая – 6,5, сумма обменных оснований – 32,3 мг-экв. на 100 г почвы, Нг – 2,51 мг-экв. на 100 г почвы, содержание щёлочногидролизуемого азота - 190 мг/кг, подвижного фосфора - 168 мг/кг, обменного калия - 117 мг /кг почвы.

Технологическая схема возделывания пшеницы озимой в блоке 1 представлена в таблице 6. Согласно данной схеме, при возделывании пшеницы озимой по экстенсивной технологии использовалось 10 технологических приёмов, базовой - до 18, а интенсивной – до 21 (включая технологические приемы предшественника пшеницы озимой – чистого пара). При возделывании ячменя ярового количество используемых агроприемов существенно ниже: по экстенсивной – 10, по базовой и интенсивной технологиям - 12 (табл. 7).

Таблица 6 - Технологическая схема возделывания пшеницы озимой в блоке 1 полевого опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий

Наименование приема	С/х техника, необходимая для его реализации	Технология экстенсивного типа	Технология базового типа	Технология интенсивного типа
Лущение стерни	МТЗ-1221 + БДМ-4	+	+	+
Погрузка твердых органических удобрений (навоза) и мелиорантов (известняковая мука)	МТЗ-82 + ПКУ-0,8	-	-	+
Транспортировка и внесение органических удобрений (навоза) и мелиорантов (известняковая мука)	МТЗ 1221.2 + РТД-5	-	2 т/га CaCO ₃	12 т/га навоза
Погрузка минеральных удобрений	МТЗ-82 + ПКУ-0,8	-	+	+
Внесение мин.удобрений	МТЗ-82 + МВУ-800	-	N ₁₅ P ₃₉ K ₃₉ (диаммофоска 10:26:26)	N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈ (диаммофоска 10:26:26)
Основная обработка почвы	МТЗ-1221 + ПОН-4-40 или БДМ 3х4М	+	+	+
Боронование	МТЗ-82 + БЗСС-1,0	+	+	+
1-ая культивация пара на глубину 8-10 см	МТЗ-82 + КПС-4	-	+	+
2-ая культивация пара на глубину 8-10 см	МТЗ-82 + КПС-4	-	-	+
Предпосевная культивация на 4-6 см	МТЗ-82 + КПС-4	+	+	+
Протравливание семян	ПСШ 3	+	+	+
Подвоз семян	МТЗ-82+2ПТС-4	+	+	+
Рядовой посев семян при норме 220 кг/га и глубине 4-6 см	МТЗ-82 + СЗ-3,6	+	+	+
Прикатывание посева	МТЗ-82 + 3ККН-2,8	+	+	+
Подвоз азотных удобрений	МТЗ-82 + 2ПТС-4	-	+	+
Подкормка посевов в весеннее кушение	МТЗ-82 + МВУ-800	-	N ₁₇	N ₃₄
Боронование озимых	МТЗ-82 + БЗСС-1,0	+	+	+
Подвоз воды	АЦ-3	-	+	+
Обработка посевов гербицидами в фазе кушение-выход в трубку	МТЗ-82 + ОПШ-2000	-	+	+
Уборка	Сампо-500	+	+	+
Транспортировка зерна на склад	МТЗ-82 + 2ПТС-4	+	+	+

Таблица 7 - Технологическая схема возделывания ячменя ярового в блоке 1 полевого опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий

Наименование приема	С/х техника, необходимая для его реализации	Технология экстенсивного типа	Технология базового типа	Технология интенсивного типа
Лущение стерни	МТЗ-1221 + БДМ-4	+	+	+
Повторное лущение стерни	МТЗ-1221 + БДМ-4	-	-	+
Погрузка мин.удобрений	МТЗ-82 + ПКУ-0,8	-	+	+
Внесение мин.удобрений	МТЗ-82 + МВУ-800	-	N ₂₆ P ₃₈ K ₃₈ (нитроаммофоска 13:19:19)	N ₅₂ P ₇₆ K ₇₆ (нитроаммофоска 13:19:19)
Основная обработка почвы	МТЗ-1221 + ПОН-4-40 или БДМ 3х4М	+	+	+
Боронование	МТЗ-82 + БЗСС-1,0	+	+	+
Предпосевная культивация на глубину 3-5 см	МТЗ-82 + КПС-4	+	+	+
Протравливание	ПСШ 3	+	+	+
Подвоз семян	МТЗ-82+2ПТС-4	+	+	+
Посев при норме 200 кг/га и глубине заделки 4-6 см	МТЗ-82 + СЗ-3,6	+	+	+
Прикатывание	МТЗ-82 + ЗККН-2,8	+	+	+
Подвоз воды	АЦ-3	-	+	+
Обработка посевов гербицидами в фазе кущение-выход в трубку	МТЗ-82 + ОПШ-2000	-	+	+
Уборка	Сампо-500	+	+	+
Транспортировка зерна на склад	МТЗ-82 + 2ПТС-4	+	+	+

Научно-производственный полевой опыт по изучению ресурсосберегающих приемов в агротехнологиях различного уровня интенсивности (блок 2) ведется с 2002 года. Опыт проводится с целью выявления оптимальной ресурсосберегающей технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Различия между изучаемыми технологиями заключаются в интенсивности воздействия на факторы произрастания культурных растений. Схема блока 2 состоит из пара и 4 культур (рис. 5), т.е. севооборот представляет собой чередование пара (чистого по базовой технологии и сидерального – по интенсивной), пшеницы озимой, сахарной свеклы, гречихи и ячменя ярового.

С 2008 года в данном блоке изучались 8 технологий различного уровня интенсивности возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового. Размер посевных делянок данных технологий – 10,8 X 250 м. Размер учетной делянки – 100м². В начале закладки опыта (2002 г.) характеристики пахотного слоя почвы имели следующие показатели: содержание гумуса 5,8%, рН солевая – 5,6, Нг – 3,8 мг-экв. на 100 г почвы, содержание щелочно-гидролизуемого азота - 205 мг/кг, подвижного фосфора - 130 мг/кг, обменного калия - 120 мг/кг почвы.

Технологическая схема возделывания пшеницы мягкой озимой в блоке 2 представлена в таблице 8. Согласно данной схеме, при возделывании пшеницы мягкой озимой по базовой технологии использовалось 17 технологических приёмов (включая технологические приемы предшественника пшеницы мягкой озимой – чистого пара), по интенсивной – 18 (включая технологические приемы предшественника пшеницы мягкой озимой – сидерального пара).

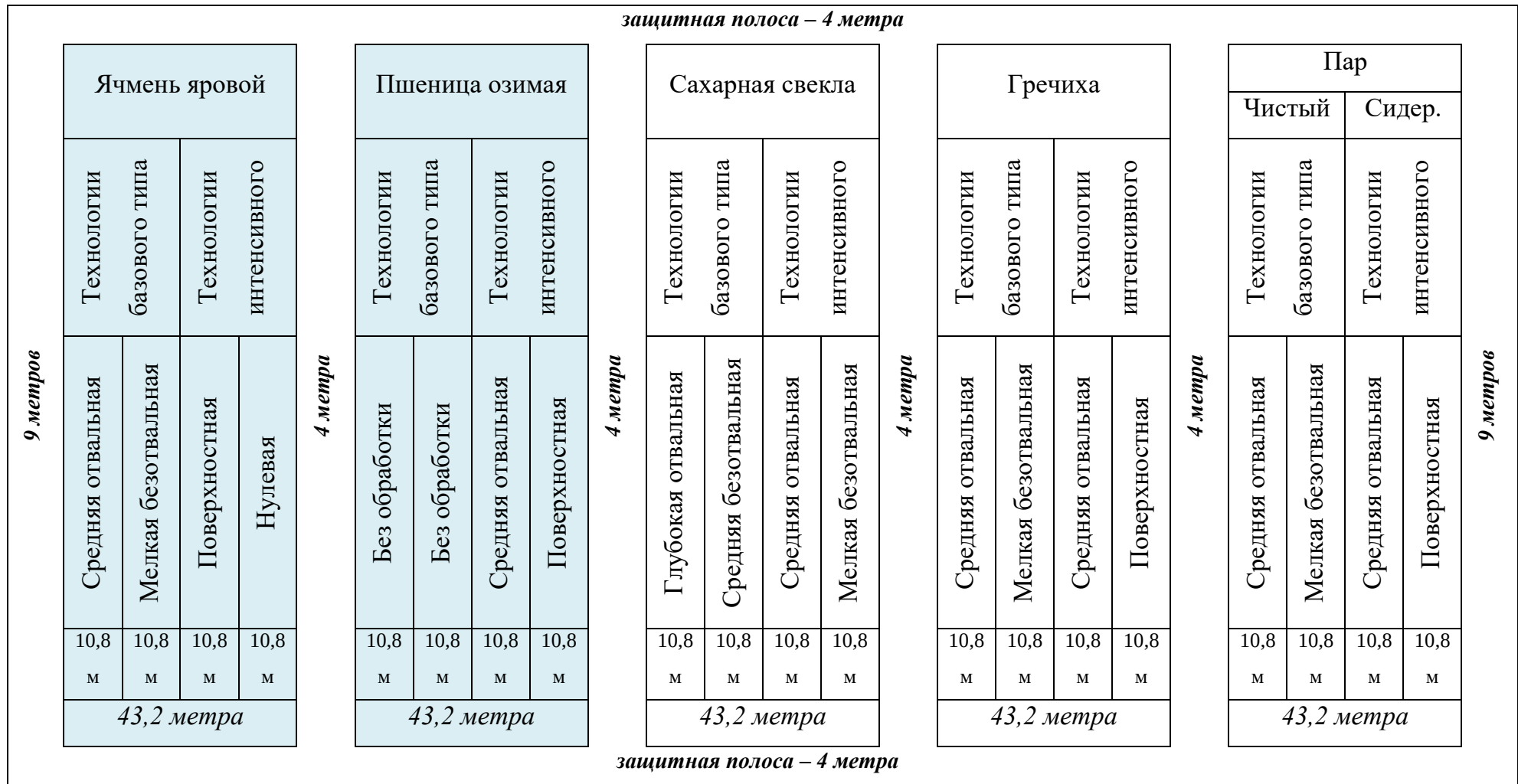


Рисунок 5 - Принципиальная схема блока 2 полевого опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий

- культуры, изучаемые в по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий

Таблица 8 - Технологическая схема возделывания пшеницы мягкой озимой в блоке 2 полевого опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий

Базовая технология		Интенсивная технология	
Наименование приема	С/х техника, необходимая для его реализации	Наименование приема	С/х техника, необходимая для его реализации
Лущение стерни	МТЗ-1221+БДМ-4	Лущение стерни	МТЗ-1221+БДМ-4
Погрузка минеральных удобрений	МТЗ-82 + ПКУ-0,8	Погрузка минеральных удобрений	МТЗ-82 + ПКУ-0,8
Внесение минеральных удобрений (N ₁₅ P ₃₉ K ₃₉)	МТЗ-82 + МВУ-800	Внесение минеральных удобрений (N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈)	МТЗ-82 + МВУ-800
Основная обработка почвы	МТЗ-1221 + ПОН-4-40 или БДМ 3х4М	Основная обработка почвы	МТЗ-1221 + ПОН-4-40 или БДМ 3х4М
Боронование зяби	МТЗ-82+БЗСС-1,0	Боронование зяби	МТЗ-82+БЗСС-1,0
1-ая культивация пара на глубину 8-10 см	МТЗ-82 + КПС-4	Предпосев.культивация на гл. 3-5 см	МТЗ-82 + КПС-4
2-ая культивация пара на глубину 8-10 см	МТЗ-82 + КПС-4	Посев сидеральной культуры (250 кг/га)	МТЗ-82 + СЗ-3,6
---	---	Заделка зелёной массы сидерата	МТЗ-1221 + БДМ 3х4М
Предпосевная культивация на глубину 4-6 см	МТЗ-82 + КПС-4	Предпосевная культивация на глубину 4-6 см	МТЗ-82 + КПС-4
Протравливание семян	ПСШ 3	Протравливание семян	ПСШ 3
Подвоз семян	МТЗ-82 + 2ПТС-4	Подвоз семян	МТЗ-82 + 2ПТС-4
Рядовой посев семян при норме 220 кг/га и глубине заделки 4-6 см	МТЗ-82 + СЗ-3,6	Рядовой посев семян при норме 240 кг/га и глубине заделки 4-6 см	МТЗ-82 + СЗ-3,6
Прикатывание посева	МТЗ-82 + ЗККН-2,8	Прикатывание посева	МТЗ-82 + ЗККН-2,8
Подвоз азотных удобрений	МТЗ-82 + 2ПТС-4	Подвоз азотных удобрений	МТЗ-82 + 2ПТС-4
Подкормка посевов (N ₁₇) в фазе кущения в весенний период	МТЗ-82 + МВУ-800	Подкормка посевов в фазе кущения (N ₁₇) и цветения (N ₁₇) озимой пшеницы	МТЗ-82 + МВУ-800
Боронование озимых	МТЗ-82 + БЗСС-1,0	Боронование озимых	МТЗ-82 + БЗСС-1,0
Подвоз воды	АЦ-3	Подвоз воды	АЦ-3
Обработка посевов гербицидами в фазе кущение-выход в трубку	МТЗ-82 + ОПШ-2000	Обработка посевов гербицидами в фазе кущение-выход в трубку	МТЗ-82 + ОПШ-2000
Прямое комбайнирование	Сампо-500	Прямое комбайнирование	Сампо-500
Транспортировка зерна на склад	МТЗ-82 + 2ПТС-4	Транспортировка зерна на склад	МТЗ-82 + 2ПТС-4

При возделывании ячменя ярового количество используемых агроприемов было существенно ниже: по базовой технологии – 12, а по интенсивной - до 14 (табл. 9).

Таблица 9 - Технологическая схема возделывания ячменя в блоке 2 полевого опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий

Базовая технология		Интенсивная технология	
Наименование приема	С/х техника, необходимая для его реализации	Наименование приема	С/х техника, необходимая для его реализации
Лущение стерни	МТЗ-1221 + БДМ-4	Лущение стерни в два следа (с разрывом в 7-10 дней, в варианте с обработкой почвы)	МТЗ-1221 + БДМ-4.
Погрузка минеральных удобрений	МТЗ-82 + ПКУ-0,8	Погрузка минеральных удобрений	МТЗ-82 + ПКУ-0,8
Внесение минеральных удобрений (N ₂₆ P ₃₈ K ₃₈)	МТЗ-82 + МВУ-800	Внесение минеральных удобрений (N ₅₂ P ₇₆ K ₇₆)	МТЗ-82 + МВУ-800 (в варианте с обработкой почвы при посеве)
Основная обработка почвы	МТЗ-1221 + ПОН-4-40 или БДМ 3х4М	Основная обработка почвы (в варианте с обработкой почвы)	МТЗ-1221 + БДМ 3х4М
Боронование зяби	МТЗ-82 + БЗСС-1,0	Боронование зяби (в варианте с обработкой почвы)	МТЗ-82 + БЗСС-1,0
Предпосевная культивация на глубину 3-5 см	МТЗ-82 + КПС-4	Предпосевная культивация на глубину 3-5 см (в варианте с обработкой почвы)	МТЗ-82 + КПС-4
Протравливание семян	ПСШ 3	Протравливание семян	ПСШ 3
Подвоз семян	МТЗ-82 + 2ПТС-4	Подвоз семян	МТЗ-82 + 2ПТС-4
Рядовой посев семян при норме 200 кг/га и глубине заделки 4-6 см	МТЗ-82 + СЗ-3,6	Посев сеялкой прямого посева при норме 200 кг/га и глубине заделки 4-6 см	Т-150 + Agrator-6000
Прикатывание посева	МТЗ-82 + ЗККН-2,8	Прикатывание посева	МТЗ-82 + ЗККН-2,8
Подвоз воды	АЦ-3	Подвоз воды	АЦ-3
Обработка посевов гербицидами в фазе кущение-выход в трубку	МТЗ-82 + ОПШ-2000	Обработка посевов гербицидами в фазе кущение-выход в трубку	МТЗ-82 + ОПШ-2000
Прямое комбайнирование	Сампо-500	Прямое комбайнирование	Сампо-500
Транспортировка зерна на склад	МТЗ-82 + 2ПТС-4	Транспортировка зерна на склад	МТЗ-82 + 2ПТС-4

В опыте использовались следующие районированные сорта: пшеницы мягкой озимой - Синтетик, ячменя ярового - Суздалец.

Сорт пшеницы мягкой озимой Синтетик. Оригинатор – ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». Родословная: выведен из гибридной популяции, созданной с участием сортов Спартанка, Одесская полукарликовая и др. Включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации [41] по Центрально-Черноземному региону. Рекомендован для возделывания в Курской области. Разновидность эритроспермум. Куст промежуточный. Растение низкорослое. Масса 1000 зерен 39-52 г. Средняя урожайность в регионе - 36,3 ц/га. Максимальная урожайность 72,8 ц/га получена в Курской области в 2007 г. Среднеспелый. Вегетационный период 285-314 дней. Созревает в сроки, близкие к стандарту Московская 70. Зимостойкость средняя. Высота растений 57-94 см. Устойчив к полеганию. Засухоустойчивость на уровне сортов Тарасовская 29, Одесская 267. Хлебопекарные качества на уровне филлера. Восприимчив к твердой головне, бурой ржавчине, снежной плесени. В полевых условиях септориозом поражался слабо как и стандарт Одесская 267.

Сорт ячменя ярового Суздалец. Оригинаторы – ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка», ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», ФГБНУ «Курский ФАНЦ», ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. Родословная: {Дефра х [(Первенец х Зазерский 85) х Н. bulbosum]} х Н. bulbosum/ х (Идеал х Московская 3). Включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации [41] по Центрально-Черноземному региону. Разновидность нутанс. Куст полупрямостоячий. Средняя урожайность в регионах допуска 32,5 ц/га, на уровне стандартов. Среднеспелый, вегетационный период 74-94 дня, созревает на 3-4 дня позднее Гонара. Устойчивость к полеганию средняя. По засухоустойчивости несколько уступает стандартам. Включен в списки пивоваренных и ценных по качеству сортов. Высокоустойчив к пыльной головне (обладает генами Run 8 и 15). Слабовосприимчив к твердой головне, восприимчив к стеблевой ржавчине, сильновосприимчив к полосатой пятнистости.

Преобладающим типом почв в изучаемом полевом опыте был чернозем типичный среднесуглинистый среднегумусный, морфологическое строение которого представлено в таблице 10.

Таблица 10 - Морфологическое строение профиля чернозема типичного среднесуглинистого среднегумусного в блоках полевого опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий [210].

Слой	Уровень, см		Описание
	Блок 1	Блок 2	
<u>А</u> <u>пах</u>	0-20	0-22	влажноват, темно-серый, структура комковато-зернистая, средний суглинок, рыхлый, стерня, корни растений, капролиты червей, переход по плотности, граница ровная
<u>А</u>	21-50	23-70	влажноват, темно-серый, структура зернисто-комковатая, средний суглинок, на границе горизонтов плотный, далее рыхлый, корни растений, переход по цвету, граница ровная
<u>АВк</u>	51-65	71-82	влажноват, темно-серый с бурыми пятнами, комковато-призмоватая структура, средний суглинок, корни, кротовины, червоточкины, пористый, плотнее предыдущего, карбонаты в виде псевдомицелия, переход по окраске, граница неровная
<u>Вк</u>	66-128	83-134	влажноват, на палевато-буроватом фоне затеки гумуса по корням, белые пятна карбонатов, мицелия, структура комковато-призмовидная, средний суглинок, пористый, плотнее предыдущего, переход по цвету, граница неровная
<u>ВС</u>	> 129	> 134	влажноват, серовато-палевый, структура порошисто-комковатая, пористый средний суглинок, обилие карбонатов в виде псевдомицелия

2.3 Методика и содержание исследований

Методика проведения исследований была разработана в соответствии с поставленной целью и задачами данной диссертационной работы, тема которой была определена в процессе смежных исследований, выполняемых автором в рамках реализации тематических планов научно-исследовательских работ лаборатории систем земледелия Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии, которой он руководил в период с 2010 по 2018 годы.

Состояние изученности вопроса и пути его решения применительно к условиям Центрально-Черноземного региона определялись в результате анализа современных научных публикаций, изучения результатов проведенных исследований в других регионах, а также экспертной оценки фактического состояния.

Для реализации поставленных цели и задач автором были проведены в рамках ведения полевого опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий три направления исследований:

- 1) по совершенствованию севооборотов в направлении ресурсосбережения;
- 2) по определению наиболее ресурсосберегающей системы и способов основной обработки почвы при возделывании изучаемых культур в агротехнологиях различного уровня интенсивности;
- 3) по изучению влияния ресурсосберегающих агроприемов на плодородие почвы, рост и развитие возделываемых культур, а также структуру урожая и качественные показатели зерна.

Также впоследствии проводилась производственная проверка полученных результатов.

Направление исследований №1 «Совершенствование севооборотов в направлении ресурсосбережения». Схема исследований включала следующие варианты опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий:

1. отдельные звенья в зернопаропропашном севообороте (базовая технология блока 2, отвальная обработка почвы, контроль): «чистый пар- пшеница озимая» и «гречиха-ячмень яровой».
2. отдельные звенья в зернопаропропашном севообороте (интенсивная технология блока 2, отвальная обработка почвы): «сидеральный пар- пшеница озимая» и «гречиха-ячмень яровой».
3. отдельные звенья в зернопаропропашном севообороте (базовая технология блока 1, вариант с отвальной системой обработки почвы, одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений, без внесения органических удобрений и мелиорантов): «чистый пар- пшеница озимая» и «кукуруза на силос-ячмень яровой».
4. отдельные звенья в зернотравянопропашном севообороте (базовая технология блока 1, вариант с отвальной системой обработки почвы, одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений, без внесения органических удобрений и мелиорантов): «многолетние травы- пшеница озимая», «кукуруза на силос-ячмень яровой».
5. отдельные звенья в зернотравяном севообороте (базовая технология блока 1, вариант с отвальной системой обработки почвы, одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений, без внесения органических удобрений и мелиорантов): «многолетние травы- пшеница озимая», «пшеница озимая –ячмень яровой».

Направление исследований №2. Схема исследований по определению наиболее эффективной системы и способа основной обработки почвы при возделывании пшеницы озимой и ячменя ярового включала следующие

варианты опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий:

1. Отвальная система основной обработки базовой технологии блока 2 (зернопаропропашной севооборот, средняя отвальная обработка под ячмень яровой и чистый пар, одинарная (базовая) доза минеральных удобрений, контроль).
2. Отвальная система основной обработки базовой технологии блока 1 (зернопаропропашной севооборот, средняя отвальная обработка под ячмень и чистый пар, одинарная (базовая) доза минеральных удобрений, без применения органических удобрений и мелиорантов).
3. Отвальная система основной обработки интенсивной технологии блока 2 (зернопаропропашной севооборот, средняя отвальная обработка под пшеницу озимую и поверхностная под ячмень яровой, двойная (повышенная) доза минеральных удобрений).
4. Отвальная система основной обработки интенсивной технологии блока 1 (зернопаропропашной севооборот, средняя отвальная обработка под ячмень и чистый пар, двойная (повышенная) доза минеральных удобрений, без применения органических удобрений и мелиорантов).
5. Безотвальная система основной обработки базовой технологии блока 1 (зернопаропропашной севооборот, средняя безотвальная обработка под ячмень и чистый пар, одинарная (базовая) доза минеральных удобрений, без применения органических удобрений и мелиорантов).
6. Комбинированная система основной обработки базовой технологии блока 1 (зернопаропропашной севооборот, мелкая безотвальная обработка под ячмень яровой и чистый пар, одинарная (базовая) доза минеральных удобрений, без применения органических удобрений и мелиорантов).
7. Комбинированная система основной обработки интенсивной технологии блока 1 (зернопаропропашной севооборот, мелкая безотвальная обработка под ячмень яровой и чистый пар, двойная

(повышенная) доза минеральных удобрений, без применения органических удобрений и мелиорантов).

Направление исследований №3. Схема исследований по изучению влияния ресурсосберегающих агроприемов на плодородие почвы, рост и развитие возделываемых культур, а также структуру урожая и качественные показатели зерна включала следующие группы вариантов опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий:

1. Без применения удобрений и средств химической мелиорации (экстенсивные агротехнологии блока 1 с зернопаропропашными и зернотравянопропашными севооборотами, отвальной и комбинированной системами основной обработки почвы).
2. Базовая минеральная система удобрений без применения органических удобрений и средств химической мелиорации (базовые агротехнологии блока 1 и блока 2 с зернопаропропашными и зернотравянопропашными севооборотами, отвальной, безотвальной и комбинированной системами основной обработки почвы, одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений).
3. Базовая минеральная система удобрений с применением средств химической мелиорации, без применения органических удобрений (базовые агротехнологии блока 1 с зернопаропропашными и зернотравянопропашными севооборотами, отвальной и комбинированной системами основной обработки почвы, одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений, с внесением 2 т/га известняковой муки)
4. Интенсивная минеральная система удобрений без применения органических удобрений и средств химической мелиорации (интенсивные агротехнологии блока 1 и блока 2 с зернопаропропашными и зернотравянопропашными севооборотами, отвальной и комбинированной системами основной обработки почвы, двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений).

5. Интенсивная органо-минеральная система удобрений без применения средств химической мелиорации (интенсивные агротехнологии блока 1 с зернопаропропашными и зернотравянопропашными севооборотами, отвальной и комбинированной системами основной обработки почвы, двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений, с внесением 12 т/га навоза).

В процессе исследований проводились следующие наблюдения, учеты и анализы:

- Агрофизические:
 - Определение содержания продуктивной влаги почвы – термостатно – весовым методом [114], до глубины 100 см, через каждые 20 см перед выходом в трубку культур, в трехкратной повторности;
 - Определение удельного сопротивления почвы вдавливаю – твердомером Ревякина с плоским плунжером, рабочая поверхность которого составляла 1 см², на глубине 0-30 см непосредственно перед посевом и перед уборкой, в пятикратной повторности [56].
- Экологические:

Определение засоренности посевов в начале вегетации и перед уборкой культур – методом учетных площадок по методике ВАСХНИЛ [56], в пятикратной повторности.
- Агрохимические (в слоях почвы 0-20 и 20-40 см):
 - определение содержания гумуса в почве – методом И.В. Тюрина (ГОСТ 26213-91);
 - pH – в 1,0 Н KCl вытяжке (ГОСТ 26483-85);
 - гидролитическая кислотность – методом Г. Каппена (ГОСТ 26212-91);
 - содержание щелочногидролизуемого азота – методом Корнфилда [124];
 - определение содержания нитратного азота – колориметрическим методом с дисульфифеноловой кислотой по Грандвалю-Ляжу [4];
 - содержание подвижного фосфора и обменного калия - по Чирикову (ГОСТ 26204-91).

- Агробιοлогические:
 - густота стояния растений в начале вегетации и перед уборкой культур – методом учетных площадок [56], в четырехкратной повторности;
 - определение высоты стояния растений и числа зёрен в колосе - по средним показателям из 25 случайно отобранных образцов;
 - урожайность зерновых – методом прямой механизированной уборки [56].
- В продукции определяли:
 - в зерне пшеницы озимой – массу 1000 зерен (ГОСТ 10842-89), натуру зерна (ГОСТ 10840 – 64), содержание сырой клейковины (ГОСТ Р 54478-2011), качество сырой клейковины (упругость) (на ИДК - 1);
 - в зерне ячменя – массу 1000 зерен (ГОСТ 10842 – 89), натуру зерна (ГОСТ 10840 – 64), содержание белка расчетным методом, крупность и выравненность зерна (ГОСТ 30483-97).
- Экономические и энергетические:
 - расчетная себестоимость продукции, рентабельность производства и прибыль – расчетным методом [121];
 - энергоемкость технологии, коэффициент энергетической эффективности, затраты энергии на ц продукции – расчетным методом [122].

Учеты урожайности и сопутствующие наблюдения в опытах проводились по всем вариантам. Химические анализы почвенных и растительных образцов проводились в аналитическом центре коллективного пользования ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр».

Экспериментальные данные обрабатывались методом математической статистики (Дмитриев, 1972; Доспехов, 1979) с использованием программных средств Microsoft Office Excel, Statistica. Оценку корреляционной зависимости проводили по шкале Чеддока (Кремлев, 2001): 0,1-0,3 – слабая; 0,3-0,5 – умеренная; 0,5-0,7 – заметная; 0,7-0,9 – высокая; 0,9-0,99 – весьма высокая.

ГЛАВА 3 ЭФФЕКТИВНЫЕ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

На современном этапе сельскохозяйственного производства актуальным становится вопрос о применении ресурсосберегающих технологий. При этом важнейшими задачами являются: повышение урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур, снижение прямых затрат и себестоимости полученной продукции, повышение уровня рентабельности производства, сохранение почвенного плодородия. Наиболее важная роль в решении этих задач отводится необходимости выполнения всех технологических приёмов в направлении ресурсосбережения с учетом современных достижений науки и практики, на основе отечественного и мирового опыта.

Для успешного внедрения элементов ресурсосбережения в агротехнологиях необходимо использовать комплексный подход, 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. Следовательно, на первом этапе необходимо выявить наиболее эффективные агротехнологические условия, являющиеся базисом для внедрения ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. К числу таких условий можно отнести предшествующие культуры, а также применяемую систему основной обработки почвы.

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

В современных ресурсосберегающих агротехнологиях особая важная роль отводится севооборотам. Однако в современных условиях ведения сельского хозяйства наблюдается практически повсеместное внедрение севооборотов с узкой специализацией и более короткой ротацией — 4-, 3- и 2-польных. В таких условиях возрастает роль предшественников, как средства борьбы с болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур, а также с сорной растительностью. По данным Д.В. Дубовика (2007), среди агротехнических приемов, позволяющих снизить антропогенный пресс на почву и растение, особое значение имеют предшественники, доля влияния которых в урожае может составлять 15–35 %. По мнению Ю.Н. Титова (2007), именно предшественник во многом определяет уровень обеспеченности почвы влагой и элементами минерального питания, наличие сорняков, вредителей и возбудителей болезней.

Как известно, предшествующие культуры оказывают большое влияние на рост, развитие растений и формирование элементов продуктивности и в конечном итоге на величину урожая, что объясняется разной обеспеченностью растений влагой в корнеобитаемом слое и элементами минерального питания. Многие авторы (например, И. Н. Листопадов (2002) или Е. Г. Мусохранов (2005)) в своих научных работах отмечают, что лучшие предшественники изменяют в значительной степени физико-химические свойства почвы и ее влажность, что в свою очередь способствует активизации микробиологических процессов в почве, мобилизующих запасы питательных веществ в почве, оказывая существенное влияние на урожайность.

Для получения высококачественного зерна следует соблюдать целый комплекс агротехнических мероприятий. Важную роль при этом играют

предшественники. Исследованиями научных сотрудников ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» (Доманов, Солнцев, Прокопенко, 2009) установлено, что при использовании наиболее целесообразных предшественников способствующих созданию лучших агрофизических и агрохимических свойств почв (влагообеспеченности почвы, наличию в ней питательных веществ, в частности нитратов), формируется зерно более высокого качества.

Таким образом, для обеспечения ресурсосберегающего направления необходимо строго использовать принципы чередования культур, заключающиеся в подборе наиболее целесообразных предшественников к возделываемым культурам.

Применительно к озимой пшенице и яровому ячменю перечень наиболее целесообразных предшественников для условий Центрального Черноземья определен (табл. 11), но, как показал анализ научной литературы (Кирюшин, 2010; Уваров, Смирнова, Смуров, 2006; Морозов, 2012; Хрипунов, Желнакова, Федотов, 2014; Мамиев, Абаев, Тедеева, 2017), исследований, посвященных поиску наиболее целесообразных звеньев при возделывании озимой пшеницы и ячменя в различных типах севооборотов, обеспечивающих ресурсосбережение, до сих пор не проводилось.

Таблица 11 - Перечень наиболее целесообразных, допустимых, нерациональных и недопустимых предшественников для пшеницы озимой и ячменя [76]

Культура	Предшественник																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Пшеница озимая	Д	Д	Нд	Нд	Нд	Ц	Д	Нд	Д	Нд	Нд	Д	Ц	Д	Нд	Ц	Ц	Д	Ц
Ячмень	Ц	Ц	Нд	Нд	Д	Нр	Ц	Ц	Ц	Д	Ц	Ц	Нр	Ц	Д	Нр	Нр	Ц	Нр

Примечание.

1 – Озимая пшеница, 2 – Озимая рожь, 3 – Яровая пшеница, 4 – Ячмень, 5 – Овес, 6 – Горох, 7 – Вика, чина, 8 – Просо, 9 – Гречиха, 10 – Подсолнечник, 11 – Сахарная свекла, 12 – Картофель, 13 – Кукуруза на зеленый корм, 14 – Кукуруза на силос, 15 – Кукуруза на зерно, 16 – Бобово-злаковые смеси, 17 – Клевер, люцерна, эспарцет, 18 – Костер, 19 – Чистый пар

Ц – наиболее целесообразное чередование культур, Д – допустимое чередование культур, Нр – нерациональное чередование культур, Нд – недопустимое чередование культур.

 - предшественники, изучаемые в поисковом опыте по совершенствованию севооборотов в направлении ресурсосбережения

Поэтому, для оценки ресурсосберегающего эффекта в агротехнологиях возделывания озимой пшеницы и ярового ячменя было выбрано по три целесообразных предшественника для каждой изучаемой культуры в различных видах севооборотов и проведен сравнительный анализ, согласно вышеописанной программе и методике проведения учетов и наблюдений, по агрофизическим, экологическим, агробиологическим показателям.

Из огромного набора вариантов (276 делянок в блоке 1 и 12 делянок в блоке 2 полевого опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий), было выбрано 5 вариантов (3 из блока №1 и 2 из блока №2), удовлетворяющих требованиям поискового опыта №1 «Совершенствование севооборотов в направлении ресурсосбережения»:

1. Вариант Блока 1 полевого опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий – абсолютный контроль (водораздел, зернопаропропашной севооборот, отвальная система основной обработки почвы, одинарная (базовая) доза минеральных удобрений, без внесения органических удобрений и мелиорантов), где пшеница озимая возделывалась по чистому пару, а ячмень яровой по кукурузе на силос.
2. Вариант Блока 1 полевого опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий (водораздел, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система основной обработки почвы, одинарная (базовая) доза минеральных удобрений, без внесения органических удобрений и мелиорантов), где пшеница озимая возделывалась по однолетним травам, а ячмень яровой - по кукурузе на силос.
3. Вариант Блока 1 полевого опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий (водораздел, зернотравяной севооборот, отвальная система основной обработки почвы, одинарная (базовая) доза минеральных удобрений, без внесения органических удобрений и мелиорантов), где пшеница озимая возделывалась по многолетним травам (эспарцету), а ячмень яровой - по пшенице озимой.

4. Базовая технология Блока 2 полевого опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий (отвальная обработка почвы) - контрольный вариант, где пшеница озимая возделывалась по чистому пару, а ячмень яровой по гречихе.
5. Интенсивная технология Блока 2 полевого опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий (отвальная обработка почвы), где пшеница озимая возделывалась по сидеральному пару, а ячмень яровой – по гречихе.

С учетом того, что наблюдения, учеты и анализы в пятипольном севообороте блока 2 начали проводиться с 2008 года и были ежегодными, а в блоке 1, где изучался четырехпольный севооборот, имелась возможность получения данных только раз в ротацию, то сравнительный анализ изучаемых вариантов проводился за период с 2008 по 2018 годы. Причем, согласно схеме блока 1 полевого опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий, ячмень яровой в зернотравяном севообороте возделывался на год раньше, чем в других севооборотах данного блока. В итоге, для пшеницы озимой наблюдения, учеты и анализы проводились в 2008, 2012, 2016 гг, для ячменя, возделываемого по зернопаропропашному и зернотравянопропашному севооборотам – 2010, 2014, 2018 гг., а по зернотравяному севообороту – 2009, 2013, 2017 гг.

3.1.1 Влияние предшественников на накопление продуктивной влаги в метровом слое почвы

Как известно, при подготовке структуры севооборотов, к предшественникам предъявляются следующие требования:

- максимальное накопление и сохранение продуктивной влаги, а также питательных веществ в почве;
- создание благоприятной фитосанитарной обстановки в посевах.

Причем, если питательный режим и фитосанитарную обстановку можно скорректировать путем интенсификации агротехнологий, то накопление и сохранение продуктивной влаги в почве практически невозможно в силу непредсказуемости погодных условий и дороговизны мероприятий по орошению. Влага в почве является одним из основных факторов плодородия, факторов урожайности сельскохозяйственных культур. По мнению Г.И. Баздырева и В.Г. Лошакова (2000), значение этого фактора значительно возрастает в связи с повышением требовательности культур к влаге. Так как предшественник возделываемой культуры оказывает значительное влияние на формирование и рациональное использование запасов влаги в почве, следовательно, в ресурсосберегающих агротехнологиях возделывания зерновых культур необходимо применять только целесообразные предшественники, способствующие сохранению почвенной влаги. При недостатке влаги в почве и высокой температуре в период вегетации, растения слабо развиваются, что приводит к получению низкой урожайности. Следует отметить, что Н.В. Яшутин (2004) в учебном пособии «Земледелие в Сибири», ссылаясь на многолетние и многочисленные опыты, выделяет чистые пары, как лучшие предшественники для большинства возделываемых культур из-за более благоприятного обеспечения растений влагой.

В ходе проведенных нами исследований было установлено, что в большинстве случаев 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 (рис. 6), что, в очередной раз доказывает важную роль чистого пара в накоплении почвенной влаги.

Так, в среднем, по парам и многолетним травам в метровом слое почвы содержалось 184,5-203,2 мм продуктивной влаги (приложение А), а по предшественнику травы – 171,9 мм, что на 7-18% меньше (12,6-31,3 мм). Помимо этого следует также отметить, что содержание продуктивной влаги в фазе возобновления весенней вегетации озимой пшеницы в слое 0-40 см в

вариантах с чистым паром и многолетними травами имело практически равные значения, но в подпахотном слое 40-100 см варианта с многолетними травами отмечалось заметное снижение содержания продуктивной влаги, сходное с вариантом, где предшественником озимой пшеницы были однолетние травы. Скорее всего, это связано с изменением фильтрационной способности почвы из-за наличия большого количества корней мочковатой системы трав.

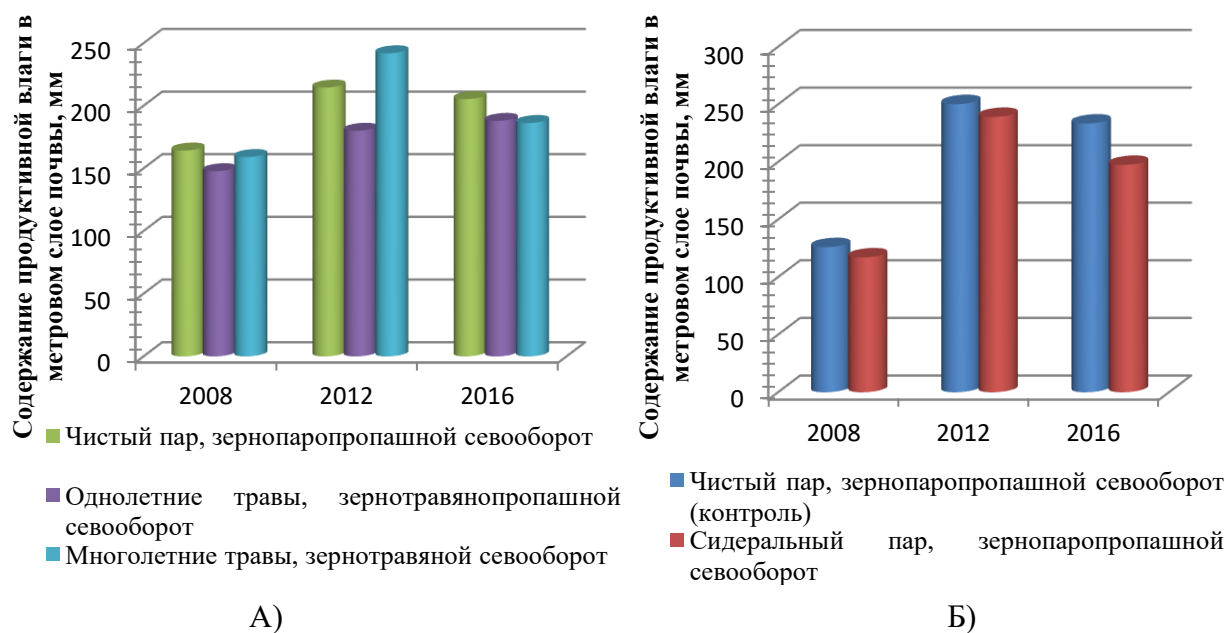


Рисунок 6 - Содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы в посевах пшеницы озимой в период возобновления весенней вегетации (по различным предшественникам): А) в блоке 1, Б) в блоке 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих агротехнологий.

Предшественники ячменя ярового также оказали существенное влияние на изменение запасов продуктивной влаги (табл. 12). Так, содержание продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см в засушливые годы (2009 г.) было большим по предшественнику пшеница озимая, а в увлажненные (2013, 2017 гг.) – по предшественнику гречиха. По слоям, различия составляли более 5,3 мм (2-25% в зависимости 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, скорее всего, можно объяснить различиями в корневой системе предшественников.

Таблица 12 - Содержание продуктивной влаги в почве изучаемых вариантов опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий в начальные фазы развития ячменя ярового

Вариант предшественника	Глубина взятия образца почвы (см)	Содержание продуктивной влаги в почве, мм			
		2009	2013	2017	Среднее
Блок 1					
Пшеница озимая, зернотравяной севооборот	0-20	26,4	31,9	63,3	40,5
	20-40	29,7	39,3	62,8	43,9
	40-60	20,5	26,9	32,2	26,5
	60-80	20,0	26,2	31,3	25,8
	80-100	17,2	22,4	29,7	23,1
	0-100	113,8	146,7	219,3	159,8
Блок 2					
Гречиха, зернопаропропашной севооборот	0-20	24,4	32,7	65,1	40,7
	20-40	25,0	42,8	65,2	44,3
	40-60	14,8	24,0	32,7	23,8
	60-80	16,0	28,1	32,1	25,4
	80-100	13,3	29,1	31,7	24,7
	0-100	93,5	156,7	226,7	159,0

НСР_{0,5} для фактора «предшественник»: 2,9

для фактора «глубина взятия образца»: в слое 0-20 см - 4,9, 20-40 см – 5,5, 40-60 см – 3,9, 60-80 см – 3,9, 80-100 см – 3,3, 0-100 см – 41,6.

При сравнении содержания продуктивной влаги в посевах ячменя по предшественнику – гречиха и по предшественнику – кукуруза на силос, явное преимущество было за первым (табл.13).

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 свидетельствует 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).

Таблица 13 - Содержание продуктивной влаги в почве изучаемых вариантов опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий в начальные фазы развития ячменя ярового

Вариант предшественника	Глубина взятия образца почвы (см)	Содержание продуктивной влаги в почве, мм			
		2010	2014	2018	Среднее
Блок 1					
Кукуруза на силос, зернопаропропашной севооборот	0-20	29,9	27,6	26,6	28,0
	20-40	24,7	25,0	20,6	23,4
	40-60	19,7	25,4	25,5	23,5
	60-80	21,3	26,2	25,8	24,4
	80-100	23,8	18,6	27,2	23,2
	0-100	119,4	122,8	125,7	122,6
Кукуруза на силос, зернотравянопропашной севооборот	0-20	27,7	27,6	22,9	26,1
	20-40	31,1	24,7	18,0	24,6
	40-60	18,3	25,3	19,2	20,9
	60-80	25,2	20,7	24,5	23,5
	80-100	24,8	24,7	29,8	26,4
	0-100	127,1	123,0	114,4	121,5
Блок 2					
Гречиха, зернопаропропашной севооборот, блок 2	0-20	39,0	37,9	31,3	36,1
	20-40	31,0	32,4	24,6	29,3
	40-60	18,5	31,6	27,6	25,9
	60-80	24,0	28,0	28,4	26,8
	80-100	21,5	26,8	28,8	25,7
	0-100	134,0	156,7	140,7	143,8

НСР_{0,5} для фактора «предшественник»: 5,4

для фактора «глубина взятия образца»: в слое 0-20 см - 3,5, 20-40 см – 3,0, 40-60 см – 3,1, 60-80 см – 3,1, 80-100 см – 3,1, 0-100 см – 9,4.

Таким образом, наибольшее количество продуктивной влаги в метровом слое почвы наблюдалось в посевах пшеницы озимой по предшественникам чистый пар и многолетние травы, а в посевах ячменя – по гречихе и пшенице озимой, что доказывает эффективность в накоплении продуктивной влаги зернопаропропашных и зернотравяных севооборотов.

3.1.2 Влияние предшественников на засоренность посевов

Как известно, предшествующие культуры оказывают значимое влияние не только на содержание продуктивной влаги, но и, например, на засоренность посевов. Высокая потенциальная засоренность почвы и фактическая засоренность посевов в России наблюдаются повсеместно, при этом во многих регионах количество сорной растительности не идет на убыль, а зачастую увеличивается [94].

Научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур – надежный и практически не требующий дополнительных вложений способ борьбы с сорняками [158]. Поэтому, по мнению многих авторов (например, Лебедев, Стрижков, 2007; Марков, Грязина, Кирилов, 2007; Мальцев, 2009; Albertsson, Verwijstb, Hanssonc, Bertholdssona, Ahman, 2014; Кутилкина, 2017) снижение засоренности ведет к повышению степени ресурсосбережения в агротехнологиях и наоборот, так как, потеря потенциальной продуктивности посевов при сильной засоренности может достигает 30 и более процентов, что автоматически снижает рентабельность технологий на 5-15%. В подавлении сорняков наиболее благоприятными предшественниками озимых являются чистые пары, в которых наиболее полно очищаются поля от многолетних и однолетних сорняков ярового типа. Данный факт был подтвержден и в результате проведенных исследований. (табл. 14).

Так, при возделывании озимой пшеницы по чистому пару, во всех случаях наблюдалась наименьшая (по сравнению с другими вариантами) засоренность посевов, в том числе и многолетними сорняками. При посеве озимой пшеницы по однолетним травам в большинстве случаев наблюдалось

повышение засоренности, особенно многолетними сорняками на 72% и более. В свою очередь, посев озимой пшеницы по многолетним травам в зернотравяном севообороте способствовал еще большему засорению посевов: от 8 до 248% по сравнению с посевами однолетних трав и от 2,7 раз выше по сравнению с чистыми парами.

Таблица 14 - Количество сорных растений в изучаемых вариантах в посевах озимой пшеницы, находящейся в фазе возобновления весенней вегетации

Вариант предшественника	Количество сорных растений в посевах исследуемых вариантов в начале возобновления вегетации пшеницы озимой, шт./м ² *				Количество сорных растений в посевах исследуемых вариантов перед уборкой пшеницы озимой, шт./м ² *			
	2008	2012	2016	X _{ср}	2008	2012	2016	X _{ср}
Блок 1								
Чистый пар,								
зернопаро-пропашной севооборот, абсолютный контроль	20 / 8	64 / 24	72 / 8	45 / 13	10 / 0	39** / 17**	24 / 4	24 / 7
Однолетние травы, зернотравяно-пропашной севооборот	83 / 19	181 / 80	124 / 52	129 / 50	33 / 10	92** / 68**	56 / 12	60 / 30
Многолетние травы, зернотравяной севооборот	103 / 50	196 / 164	200 / 56	166 / 90	64 / 34	228** / 181**	88 / 32	127 / 82
Блок 2								
Чистый пар, зернопаро-пропашной севооборот, контроль	22 / 1	13 / 4	12 / 4	16 / 3	4 / 2	8** / 4**	0 / 0	4 / 2
Сидеральный пар, зернопаро-пропашной севооборот	35 / 2	17 / 4	18 / 8	23 / 5	12 / 0	15** / 2**	1 / 0	9 / 1

Примечание: * - общее количество сорняков / из них многолетников

** - в 2012 году эффект от применения гербицидов был незначительным, так как они вносились в поздние агросроки из-за проливных дождей

Причем, в посевах пшеницы озимой по паровым предшественникам (чистый пар, сидеральный пар) в различные годы преобладающими сорняками были: фиалка полевая (*Viola arvensis*), овсюг обыкновенный (*Avena fatua*), желтушник левкойный (*Erýsimum cheiranthoídes*), горошек мышиный (*Vícia crácca*), ярутка полевая (*Thláspi arvéense*), сурепка обыкновенная (*Barbaréa vulgáris*), василек синий (*Centaurea cyánu*s), воловик (*Anchúsa*), осот полевой (*Sónchus arvénsis*). Между тем, при возделывании озимой пшеницы по травам (однолетним и многолетним) по результатам проведенных исследований было отмечено, что видовой состав сорняков возрастал как за счет однолетних, так и многолетних сорняков, например, таких, как: полынь обыкновенная (*Artemisia vulgáris*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*), льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris*), горец вьюнковый (*Fallópia convólulus*), яснотка пурпурная (*Lámium purpúreum*).

Что же касается ячменя ярового, то, в среднем за годы проведенных исследований (2010-2018) гг. (табл. 15, 16), менее засоренными были посевы по предшественнику гречиха, более засоренными – 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). Также следует отметить, что при посеве ячменя ярового по гречихе количество многолетних сорняков во всех случаях было наименьшим по сравнению с остальными вариантами предшественников (на 33 и более процента).

В посевах ячменя ярового, возделываемого по гречихе в различные годы наиболее распространенными сорняками были: пырей ползучий (*Elytrigia répens*), овсюг обыкновенный (*Avena fatua*), яснотка пурпурная (*Lámium purpúreum*), паслен черный (*Solánum nígrum*), амарант запрокинутый (*Amaránthus retrofléxus*), щетинник сизый (*Setaria glauca*). При возделывании ячменя ярового по кукурузе на силос видовой состав сорняков немного отличался. В частности, преобладали: марь белая (*Chenopódium álbum*), вьюнок полевой (*Convólulus arvénsis*), пырей ползучий (*Elytrigia répens*),

сурепка обыкновенная (*Barbaréa vulgáris*), щетинник сизый (*Setaria glauca*). Как отмечалось ранее, наибольшая засоренность наблюдалась при посеве ячменя ярового по пшенице озимой за счет большого количества в ценозе таких сорняков, как: фиалка полевая (*Víola arvénsis*), овсюг обыкновенный (*Avena fatua*), пырей ползучий (*Elytrígia répens*), амарант запрокинутый (*Amaránthus retrofléxus*), щетинник сизый (*Setaria glauca*).

Таблица 15 - Количество сорных растений в изучаемых вариантах опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий в начальные фазы развития ячменя ярового и перед его уборкой

Вариант предшественника	Количество сорных растений в посевах исследуемых вариантов в начале вегетации ячменя, шт./м ² *				Количество сорных растений в посевах исследуемых вариантов перед уборкой ячменя, шт./м ² *			
	2009	2013	2017	X _{ср}	2009	2013	2017	X _{ср}
Блок 1								
Пшеница озимая, зернотравяной севооборот	68	134	151	118	49	97	64	70
	/	/	/	/	/	/	/	/
	47	76	15	46	19	28	5	17
Блок 2								
Гречиха, зернопаро-пропашной севооборот	73	60	72	68	26	21	32	26
	/	/	/	/	/	/	/	/
	28	0	3	10	0	2	0	1

Примечание: * - общее количество сорняков / из них многолетников

Таким образом, наиболее распространенными видами сорной растительности вне зависимости от предшествующей культуры были пырей ползучий (*Elytrígia répens*) и щетинник сизый (*Setaria glauca*), причем считается, что в силу биологических особенностей, пырей очень стоек к агротехническим мероприятиям и для эффективной борьбы с этим многолетним сорняком требуется применение химических средств защиты растений (Лебедев и Стрижков, 2007). В наших исследованиях однократное применение гербицида Фенизан в фазу кущения ячменя существенно снижало количество пырея в посевах, и, тем самым, обеспечивало благоприятную фитосанитарную обстановку.

Таблица 16 - Количество сорных растений в изучаемых вариантах опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий в начальные фазы развития ячменя ярового и перед ее уборкой

Вариант предшественника	Количество сорных растений в посевах исследуемых вариантов в начале вегетации ячменя, шт./м ² *				Количество сорных растений в посевах исследуемых вариантов перед уборкой ячменя, шт./м ² *			
	2010	2014	2018	X _{ср}	2010	2014	2018	X _{ср}
Блок 1								
Кукуруза на силос, зернопаро- пропашной севооборот, абсолютный контроль	56	140	124	107	15	30	64	36
	/	/	/	/	/	/	/	/
	16	80	12	36	7	4	4	5
Кукуруза на силос, зернотравяно- пропашной севооборот	63	136	112	104	28	34	68	43
	/	/	/	/	/	/	/	/
	21	104	8	44	7	6	4	6
Блок 2								
Гречиха, зернопаро- пропашной севооборот	60	104	68	77	17	28	14	20
	/	/	/	/	/	/	/	/
	12	13	2	9	5	0	0	2

Примечание: * - общее количество сорняков / из них многолетников

Следует также отметить, что в изучаемых вариантах блока 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий отмечалась более низкая засоренность по сравнению с аналогичными вариантами блока 1, что, скорее всего, связано с тем, что в блоке 2 исследования приходились на вторую-третью ротацию опыта, а в блоке 1 – на седьмую-девятую ротацию, что, безусловно, не могло не сказаться на потенциальной засоренности почвы семенами сорных растений и поэтому уровень исходной засоренности посевов изучаемой культуры (озимой пшеницы или ячменя) в начале вегетации определялся тем, насколько эффективной была борьба с сорняками в посевах предшествующих культур, а перед уборкой - системой защиты и конкурентными способностями возделываемой культуры. Исходя из данных, представленных в таблицах 14, 15 и 16, к концу вегетации, во всех случаях,

из-за 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 ярового снижалась в 1,6-3,9 раза, а пшеницы озимой – 1,3-2,3 раза.

Тем самым, проведенный анализ засоренности посевов за годы исследований показал, что наименьшая засоренность посевов пшеницы озимой наблюдалась по зернопропашным предшественникам (зернопаропропашной и зернотравянопропашной севообороты), а наибольшая – по многолетним травам (зернотравяной севооборот). В свою очередь, посевы ячменя ярового были наименее засорены по предшественнику гречиха (зернопаропропашной плодосменный севооборот), наибольшая засоренность отмечалась в посевах ячменя, возделываемых по пшенице озимой (зернотравяной севооборот).

Обобщая результаты исследований по изучению влияния различных севооборотов на накопление продуктивной влаги в метровом слое почвы и засоренности посевов, можно сделать промежуточный вывод о том, что наиболее эффективными среди изучаемых вариантов были варианты с зернопаропропашным севооборотом, где предшественником пшеницы озимой является чистый пар, а предшественником ячменя ярового - гречиха.

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

Разнообразие почвенно-климатических условий территории, а также различия в землепользовании хозяйств по типам почв, гранулометрическому составу, крутизне склонов, по типам и степени засорения отдельных участков, требуют дифференцированного научно-обоснованного подхода к

системам обработки почвы, позволяющим создавать оптимальные почвенные условия для сельскохозяйственных культур с минимальными затратами энергии и средств, сохранять почвенное плодородие, предотвращать водную эрозию и охранять окружающую среду от загрязнения [172].

Как известно, в большинстве агротехнологий основная обработка почвы наиболее затратна и вносит существенный вклад в уровень урожайности возделываемых культур. На современном этапе ученые выделяют четыре способа основной обработки почвы: нулевая, поверхностная, безотвальная и отвальная, каждая из которых имеет свои отрицательные, а также положительные стороны и при научно-обоснованном применении способны обеспечивать равноценную урожайность, но, в то же время, они принципиально разные по ресурсоемкости [216].

Согласно ГОСТ 16265-89, система обработки почвы – совокупность научно обоснованных приемов обработки почвы в севообороте.

По мнению Г.Н. Черкасова и И.Г. Пыхтина (2006), в настоящее время наиболее распространенными системами основной обработки почвы являются: отвальная, безотвальная и комбинированная.

Отвальная система обработки почвы - система, в которой под большинство культур почва обрабатывается отвальным способом, но на различную глубину исходя из требований культур. Под остальные культуры может применяться безотвальная, поверхностная или даже нулевая обработка в различных соотношениях, исходя из наличия культур в севообороте [216].

По аналогии, с отвальной, безотвальная система обработки почвы - система, в которой под большинство культур почва обрабатывается безотвальным способом на различную глубину также исходя из требований возделываемых культур. Под остальные культуры может применяться отвальная, поверхностная или даже нулевая обработка в различных соотношениях, исходя из состава севооборотов [216].

В свою очередь, комбинированные (или дифференцированные) системы

основной обработки почвы подразумевают проведение глубоких отвальных и безотвальных обработок под пропашные и технические культуры, средних - под зернобобовые, крупяные и яровые зерновые с подсевом трав, поверхностных и мелких безотвальных под озимые, яровые зерновые и однолетние травы [211].

Исходя из представленных соображений, для определения наиболее эффективной системы и способа основной обработки почвы в агротехнологиях возделывания озимой пшеницы и ячменя, изучались все три системы основной обработки почвы в эффективном с точки зрения накопления продуктивной влаги и низкой засоренности посевов севообороте – зернопаропропашном, где для каждой изучаемой культуры рассматривались различные сочетания оптимальных способов почвообработки. Из имеющегося набора вариантов (276 делянок в блоке 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий и 12 делянок в блоке 2), было выбрано 7 вариантов (5 – в блоке №1 и 2 – в блоке №2), соответствующих требованиям поискового опыта:

1. Вариант базовой агротехнологии блока 1 с зернопаропропашным севооборотом, отвальной системой основной обработки (средняя отвальная обработка под ячмень и чистый пар), одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений, без применения органических удобрений и мелиорантов - контроль.
2. Вариант интенсивной технологии блока 1 с зернопаропропашным севооборотом, отвальной системой основной обработки (средняя отвальная обработка под ячмень и чистый пар), двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений, без применения органических удобрений и мелиорантов.
3. Вариант базовой технологии блока 1 с зернопаропропашным севооборотом, безотвальной системой основной обработки (средняя безотвальная обработка под ячмень и чистый пар), одинарной (базовой)

дозой минеральных удобрений, без применения органических удобрений и мелиорантов.

4. Вариант базовой технологии блока 1 с зернопаропропашным севооборотом, комбинированной системой основной обработки (мелкая безотвальная обработка под ячмень и чистый пар), одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений, без применения органических удобрений и мелиорантов.
5. Вариант интенсивной технологии блока 1 с зернопаропропашным севооборотом, комбинированной системой обработки почвы (мелкая безотвальная обработка под ячмень и чистый пар), двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений, без применения органических удобрений и мелиорантов.
6. Вариант базовой технологии блока 2 с отвальной системой основной обработки (зернопаропропашной севооборот, отвальная система основной обработки - средняя отвальная обработка под ячмень и чистый пар, одинарная (базовая) доза минеральных удобрений).
7. Вариант интенсивной технологии блока 2 с отвальной системой основной обработки (зернопаропропашной севооборот, отвальная система основной обработки - средняя отвальная обработка под пшеницу озимую и поверхностная под ячмень, двойная (повышенная) доза минеральных удобрений).

Сравнительный анализ изучаемых вариантов проводился за период с 2008 по 2018 годы, однако с учетом того, что схема блока 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий предполагала получение данных по изучаемой культуре раз в ротацию (раз в четыре года), то для пшеницы озимой наблюдения, учеты и анализы проводились в 2008, 2012, 2016, а для ячменя ярового – 2010, 2014, 2018 гг.

Как известно, большинство зерновых культур не требуют глубокой обработки почвы, так как они формируют свою корневую систему

преимущественно в слое почвы 0-20 см, легко переносят уплотнение почвы от 1,1 до 1,3 г/см³. Они же усваивают в большей степени влагу и питательные вещества из верхних слоев почвы. Кроме того, озимые зерновые обладают мощными конкурентными способностями по отношению к сорняковому компоненту, что делает их более адаптивными к мелкой обработке почвы[212].

В свою очередь, в результате многолетних исследований отечественными (Милащенко, 1978; Картамышев, 1999; Дридигер, 2014) и зарубежными (Quincke, Wortmann с соавт., 2007; Anderson, 2008; Rainbow и Derpsch, 2011; Soane, 2012) учёными доказано, что вспашка не способствует гумусообразованию и что этот процесс более активно протекает в верхних слоях почвы, а не на глубине. К тому же, выносимая на поверхность в процессе оборачивания пласта почва менее окультурена и менее плодородна, она не может обеспечить хороших условий в корнеобитаемом слое. Всё это позволило сделать вывод о необходимости окультуривания самого верхнего слоя почвы, прежде всего, увеличивая в нём содержание гумуса и улучшая агрофизические свойства, путём минимизации обработок почвы, которые, кроме этого, менее энергозатратны, чем вспашка. Поэтому наиболее важным условием энергоресурсосбережения, сохранения и улучшения почвенных ресурсов является отказ от преобладания глубокой и средней отвальной почвообработки и замена её минимальными обработками при наличии условий для их реализации.

При всём значении и перспективах минимизации обработки почвы процесс этот достаточно сложный, поскольку связан с преодолением ряда проблем. По мнению многих исследователей (Лысенко, 1988; Гудзь, Цюк, Дудченко, 1998; Торопова, Чулкина, Стецов, 2010; Аюпов и Рыцева, 2010; Воронцов, Вислобокова, Скорочкин, 2012; Дедов, Трофимова, Болучевский, 2013; Кирюшин, 2013 и многих других) главными из которых является уплотнение почвы и повышение засорённости посевов.

3.2.1 Влияние систем и способов основной обработки почвы на агрофизические свойства чернозема типичного

Оптимизация физических свойств почвы, благоприятно влияющих на условия произрастания возделываемых сельскохозяйственных культур, тесно связана с научно обоснованным подбором обработки почвы. Во время роста корня, при передвижении почвообрабатывающего орудия, в почве происходят разнообразные физико-механические процессы расклинивания, сдвига, преодолеваются силы внутреннего сцепления. Обобщенным адекватным индикатором этих процессов является твердость почвы (удельное сопротивление почвы вдавливанию). По мнению В.В. Медведева (2009), твердость почвы значительно точнее, чем плотность, характеризует прочностные свойства почвы по отношению к условиям роста и развития корневых систем, а также работе сельскохозяйственных машин и орудий. При уплотнении почвы наблюдается сильное сопротивление развитию корневой системы, способствующее угнетению роста и развития растения в целом. Согласно данным Г.И. Казакова (2011), оптимальная твердость пахотного слоя на черноземах для зерновых культур находится в пределах от 8 до 16 кг/см².

В результате проведенных исследований было выявлено изменение твердости пахотного слоя почвы под воздействием применяемых способов основной обработки почвы при возделывании сельскохозяйственных культур в севообороте. Причем в вариантах с применением средней отвальной обработки наблюдалась наименьшая твердость почвы по сравнению с остальными изучаемыми вариантами. Так, в варианте возделывания пшеницы озимой по базовой технологии блока 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий, где применялась вспашка под предшествующую культуру (чистый пар), средняя (за 2008-2016 гг.) твердость почвы в слоях 10-20 и 20-30 см перед посевом была меньше на 0,5-4,7 кг/см² и 6,7-8,1 кг/см², чем при средней и мелкой безотвальных обработках почвы соответственно (табл. 17).

Таблица 17 - Твердость почвы в зависимости от применяемых способов основной обработки почвы перед посевом пшеницы озимой

Тип технологии	Используемая обработка почвы	Слой почвы, см	Твердость почвы перед посевом пшеницы озимой, кг/см ²			
			2008	2012	2016	Среднее
Блок 1						
Базовый	Средняя отвальная обработка под предшественник (чист. пар), абсолютный контроль	0-10	14,1	12,4	10,4	12,3
		10-20	29,3	26,0	24,1	26,5
		20-30	74,5	55,6	44,1	58,1
	Средняя безотвальная обработка под предшественник (чист. пар)	0-10	14,2	12,3	10,4	12,3
		10-20	36,1	31,8	25,7	31,2
		20-30	63,7	58,4	53,7	58,6
	Мелкая безотвальная обработка под предшественник (чист. пар)	0-10	14,1	12,3	10,5	12,3
		10-20	42,6	33,2	28,1	34,6
		20-30	83,8	61,4	49,2	64,8
Интенсивный	Средняя отвальная обработка под предшественник (чистый пар)	0-10	14,2	12,2	10,5	12,3
		10-20	30,7	28,4	25,7	28,3
		20-30	62,4	59,1	56,4	59,3
	Мелкая безотвальная обработка под предшественник (чист. пар)	0-10	14,1	12,4	10,4	12,3
		10-20	42,5	38,2	31,6	37,4
		20-30	93,8	71,7	59,8	75,1
Блок 2						
Базовый	Средняя отвальная обработка под предшественник (чистый пар), контроль	0-10	14,1	12,2	10,6	12,3
		10-20	28,1	26,9	24,6	26,5
		20-30	61,2	57,3	52,7	57,1
Интенсивный	Средняя отвальная обработка под пшеницу озимую	0-10	14,0	12,3	10,4	12,2
		10-20	32,2	29,7	26,4	29,4
		20-30	64,9	61,2	58,0	61,4

НСР_{0,5} для фактора «обработка почвы»: 8,9

для фактора «слой почвы»: в слое 0-10 см – 0,2, 10-20 см – 3,8, 20-30 см – 12,4.

Также следует отметить факт, что с повышением интенсификации агротехнологии возрастает твердость почвы. В результате проведенных исследований установлено, что твердость пахотного слоя в интенсивных агротехнологиях возделывания пшеницы озимой превышала аналогичные варианты по базовой в среднем на 1,2-10,3 кг/см². Наибольшие значения твердости почвы наблюдались в варианте интенсивной технологии блока 1 с мелкой безотвальной обработкой почвы, где твердость в слоях 10-20 и 20-30 см превышала значения контрольного варианта на 29-41%. По всем вариантам наименьшая твердость почвы отмечалась в верхнем посевном слое 0–10 см, причем были получены одинаковые значения вне зависимости от варианта проведенной основной обработки почвы, что объясняется проведением предпосевной культивации полей перед проведением наблюдений.

Таким образом, согласно полученным данным и классификации твердости почв по Н.А. Качинскому (табл. 18), варианты с отвальной обработкой в слое почвы 10-20 см оценивались как плотноватые (средний диапазон 26-29 кг/см²), а с безотвальной – как плотные (средний диапазон 31-37 кг/см²).

Таблица 18 - Классификация почв по твердости в воздушно-сухом состоянии [9]

Оценка твердости почвы	Твердость, кг/см ²			
	плунжер – конус, площадь сечения 1 см ²			плунжер – цилиндр, площадь сечения 2 см ²
	по Качинскому	по Высоцкому	по Голубеву	по Горячкину
Слитная	>100	>80	>90	>70
Весьма плотная	100–50	80–40	90–45	70–35
Плотная	50–30	40–25	45–27	35–20
Плотноватая	30–20	25–15	27–18	20–15
Рыхловатая	20–10	15–8	18–9	15–7
Рыхлая	<10	<8	<9	<7

По мере проведения агротехнических приемов, предусмотренных технологическими схемами возделывания пшеницы озимой (табл. 6 и 8), к уборке твердость почвы существенно повысилась по всем вариантам в 1,3-4,1 раза (табл. 19), однако по-прежнему прослеживалась тенденция наименьшей твердости почвы в вариантах со вспашкой, а технологии интенсивного типа негативно влияли на плотность почвы.

Таблица 19 - Твердость почвы в зависимости от применяемых способов основной обработки почвы перед уборкой пшеницы озимой

Тип технологии	Используемая обработка почвы	Слой почвы, см	Твердость почвы перед уборкой пшеницы озимой, кг/см ²			
			2008	2012	2016	Среднее
Блок 1						
Базовый	Средняя отвальная обработка под предшественник (чист. пар), абсолютный контроль	0-10	42,5	34,9	27,4	34,9
		10-20	62,7	57,3	51,3	57,1
		20-30	78,2	83,5	79,2	80,3
	Средняя безотвальная обработка под предшественник (чист. пар)	0-10	43,8	38,5	33,7	38,7
		10-20	72,8	61,7	56,0	63,5
		20-30	82,3	87,4	85,4	85,0
	Мелкая безотвальная обработка под предшественник (чист. пар)	0-10	45,2	43,8	45,7	44,9
		10-20	86,4	71,2	66,8	74,8
		20-30	91,3	92,5	94,9	92,9
Интенсивный	Средняя отвальная обработка под предшественник (чистый пар)	0-10	49,4	36,4	31,7	39,2
		10-20	66,7	78,1	55,9	66,9
		20-30	82,0	80,8	79,6	80,8
	Мелкая безотвальная обработка под предшественник (чист. пар)	0-10	47,9	42,1	48,5	46,2
		10-20	83,4	74,6	69,3	75,8
		20-30	95,6	98,1	90,8	94,8
Блок 2						
Базовый	Средняя отвальная обработка под предшественник (чистый пар), контроль	0-10	43,7	38,4	31,6	37,9
		10-20	59,3	58,3	56,2	57,9
		20-30	78,1	81,9	84,4	81,5
Интенсивный	Средняя отвальная обработка под пшеницу озимую	0-10	45,7	49,1	42,2	45,7
		10-20	62,4	63,9	63,3	63,2
		20-30	82,7	89,4	91,4	87,8

НСР_{0,5} для фактора «обработка почвы»: 6,0

для фактора «слой почвы»: в слое 0-10 см – 3,8, 10-20 см – 5,0, 20-30 см – 4,8.

Так, в варианте возделывания пшеницы озимой по базовой технологии блока 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий, где применялась вспашка под предшествующую культуру (чистый пар), средняя (за 2008-2016 гг.) твердость почвы в слоях 0-10, 10-20 и 20-30 см перед уборкой была меньше на 3,8-6,4 кг/см² и 10,0-17,7 кг/см², чем при средней и мелкой безотвальных обработок почвы соответственно.

Оценивая твердость почвы по классификации Н.А. Качинского (табл.18), то в практически всех вариантах слой 0-10 см относился к плотным, а 10-30 – весьма плотным почвам.

В свою очередь, применение отвальной обработки почвы в системе основной обработки при выращивании ячменя ярового также способствовало получению наиболее низких значений твердости почвы в наших исследованиях. Так, по сравнению с вариантами, где использовали вспашку, твердость почвы была ниже на 0,3-0,7 и 1,0-4,0 кг/см², чем по средней и мелкой безотвальным обработкам соответственно (табл. 20). Как и в случае с исследованием твердости почвы в посевах пшеницы озимой, с увеличением глубины слоев почвы твердость почвы повышалась как при отвальном, так и при безотвальном рыхлении почвы. Максимальная твердость почвы отмечалась в варианте интенсивной агротехнологии с поверхностной обработкой почвы, превышая значения аналогичной базовой агротехнологии в 1,2-1,3 раза.

Сопоставление полученных данных с классификацией твердости почв по Н.А. Качинскому (табл. 18), позволяет сделать вывод о том, что применение агротехнологий интенсивного типа при возделывании ячменя ярового ведет к явному уплотнению слоя почвы 10-20 см вне зависимости от применяемого способа основной обработки почвы. Так, в контрольном варианте и в целом по агротехнологиям базового типа твердость почвы в слое 10-20 см составляла в среднем за годы исследований 26,4-29,4 кг/см², что оценивается как плотноватая почва, а по агротехнологиям интенсивного типа 31,3-35,0 кг/см², что оценивается как твердая почва.

Таблица 20 - Твердость почвы в зависимости от применяемых способов основной обработки почвы перед посевом ячменя ярового

Тип технологии	Используемая обработка почвы	Слой почвы, см	Твердость почвы перед посевом ячменя, кг/см ²			
			2010	2014	2018	Среднее
Блок 1						
Базовый	Средняя отвальная обработка под ячмень, абсолютный контроль	0-10	8,9	16,5	8,7	11,4
		10-20	24,6	38,7	19,1	27,5
		20-30	56,2	86,3	41,6	61,4
	Средняя безотвальная обработка под ячмень	0-10	8,7	16,8	8,6	11,4
		10-20	24,9	39,1	20,7	28,2
		20-30	40,4	93,1	51,5	61,7
	Мелкая безотвальная обработка под ячмень	0-10	8,8	16,6	8,8	11,4
		10-20	25,4	40,1	22,6	29,4
		20-30	66,0	84,1	37,4	62,5
Интенсивный	Средняя отвальная обработка под ячмень	0-10	8,7	16,6	8,6	11,3
		10-20	26,7	44,5	22,8	31,3
		20-30	43,8	89,1	57,5	63,5
	Мелкая безотвальная обработка под ячмень	0-10	8,7	16,8	8,6	11,4
		10-20	29,1	42,7	25,2	32,3
		20-30	70,3	89,4	42,9	67,5
Блок 2						
Базовый	Средняя отвальная обработка под ячмень, контроль	0-10	8,6	16,8	8,7	11,4
		10-20	21,1	38,4	19,8	26,4
		20-30	52,7	88,6	42,3	61,2
Интенсивный	Поверхностная обработка под ячмень	0-10	8,8	16,8	8,8	11,5
		10-20	26,4	51,3	27,3	35,0
		20-30	52,7	98,3	70,3	73,8

НСР_{0,5} для фактора «обработка почвы»: 7,8

для фактора «слой почвы»: в слое 0-10 см – 0,2, 10-20 см – 3,4, 20-30 см – 18,3.

Как и в предыдущих случаях, перед уборкой ячменя ярового, наименьшие значения твердости почвы наблюдались в вариантах базовых агротехнологий со вспашкой: от 34,7 до 87,3 кг/см² против 36,6-92,6 кг/см² (в зависимости от слоя почвы) по остальным вариантам (табл. 21).

Таблица 21 - Твердость почвы в зависимости от применяемых способов основной обработки почвы перед уборкой ячменя ярового

Тип технологии	Используемая обработка почвы	Слой почвы, см	Твердость почвы перед уборкой ячменя, кг/см ²			
			2010	2014	2018	Среднее
Блок 1						
Базовый	Средняя отвальная обработка под ячмень, абсолютный контроль	0-10	33,5	40,8	32,1	35,5
		10-20	43,9	69,8	44,0	52,6
		20-30	58,4	120,7	73,9	84,3
	Средняя безотвальная обработка под ячмень	0-10	38,6	47,7	35,7	40,7
		10-20	46,1	74,0	49,1	56,4
		20-30	72,4	118,3	78,0	89,6
	Мелкая безотвальная обработка под ячмень	0-10	32,1	45,9	33,6	37,2
		10-20	45,8	85,7	43,3	58,3
		20-30	78,3	112,5	81,7	90,8
Интенсивный	Средняя отвальная обработка под ячмень	0-10	35,8	42,1	31,9	36,6
		10-20	47,4	73,1	43,8	54,8
		20-30	60,7	136,8	68,2	88,6
	Мелкая безотвальная обработка под ячмень	0-10	44,6	52,4	43,0	46,7
		10-20	49,3	82,7	51,6	61,2
		20-30	72,4	120,3	85,1	92,6
Блок 2						
Базовый	Средняя отвальная обработка под ячмень, контроль	0-10	31,6	42,1	30,5	34,7
		10-20	42,5	73,8	43,0	53,1
		20-30	56,1	130,7	75,2	87,3
Интенсивный	Поверхностная обработка под ячмень	0-10	47,5	49,6	44,1	47,1
		10-20	58,5	86,6	63,7	69,6
		20-30	81,4	120,3	84,8	95,5

НСР_{0,5} для фактора «обработка почвы»: 8,9

для фактора «слой почвы»: в слое 0-10 см – 3,4, 10-20 см – 3,2, 20-30 см – 16,4.

В среднем по опыту, к уборке твердость почвы увеличилась в 1,3-4,1 раза. Максимальная твердость почвы отмечалась, как и при посеве, в варианте с поверхностной обработкой почвы под ячмень яровой и составляла в среднем за период исследований в слое 0-10 см 47,1 кг/см², 10-20 см 69,6 кг/см², 20-30 см 95,5 кг/см², что практически в 1,1-1,4 раза больше значений аналогичного варианта базовой агротехнологии блока 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий.

Оценка твердости почвы в посевах ячменя перед уборкой по классификации Н.А. Качинского (табл. 18) показала практически сходные результаты по отношению к данным по твердости почвы, полученным перед уборкой пшеницы озимой: во всех исследуемых вариантах слой почвы 0-10 см относился к плотным, а 10-30 см – весьма плотным почвам.

Анализ приведенных данных позволяет сделать вывод о том, 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 в опытах наблюдалось повышение твердости до 18%, а мелкой безотвальной обработки – до 32% по сравнению с аналогичными вариантами по вспашке. Применение технологий интенсивного типа также вело к повышению твердости до 23% (по отношению к аналогичным вариантам базовых агротехнологий). Следовательно, 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.

Поэтому, в результате проведенных исследований по изучению динамики показателей твердости почвы, наиболее целесообразными способами основной обработки почвы в изучаемых технологиях

возделывания пшеницы озимой и ячменя ярового были средние отвальные и безотвальные обработки при использовании агротехнологий базового типа.

Влага в почве является одним из основных лимитирующих факторов получения высоких урожаев любой возделываемой культуры [190].

Как известно, значительная часть территории Центрально-Черноземного региона расположена в зоне с ограниченными водными ресурсами, с пересеченным рельефом и большим стоком талых и дождевых вод. В таких условиях влага является основным лимитирующим фактором формирования урожайности всех сельскохозяйственных культур [84].

Именно поэтому, по мнению В.М. Новикова (2014), первостепенной задачей ученых-земледельцев является поиск наиболее эффективных агротехнических приёмов для максимального накопления и сохранения почвенной влаги .

В результате проведенных исследований установлено значительное влияние различных способов основной обработки почвы на накопление продуктивной влаги (Приложение А). Так, наибольшее варьирование значений по содержанию продуктивной влаги наблюдалось в посевах озимой пшеницы в период возобновления весенней вегетации. Максимальные значения продуктивной влаги в метровом слое почвы среди изучаемых вариантов отмечались по отвальной и мелкой безотвальной обработкам (203,2 мм в среднем за период исследований по обоим вариантам). Также следует отметить, что в вариантах с применением базовых агротехнологий наблюдалось большее содержание продуктивной влаги почвы (по сравнению с интенсивными агротехнологиями) в 1,1-1,2 раза (рис. 7).

При возделывании ячменя, наибольшее содержание продуктивной влаги в вариантах базовых агротехнологий с отвальной обработкой почвы (до 143,8 мм в метровом слое почвы). Применение агротехнологий интенсивного типа, как и в случае с возделыванием озимой пшеницы, вело к снижению количества продуктивной влаги на 5-23% (приложение А) в зависимости от

слоя почвы и варианта опыта. Так, наименьшие значения изучаемого признака наблюдались по агротехнологиям интенсивного типа блока 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий по отвальной и мелкой безотвальной обработкам (104,6 мм в обоих случаях против 122,6 и 113,4 по аналогичным вариантам базовых агротехнологий соответственно, рис. 8). Также следует отметить, что в изучаемых вариантах блока 2 наблюдалось более высокое содержание продуктивной влаги в почве, что, скорее всего, связано с предшествующей культурой.

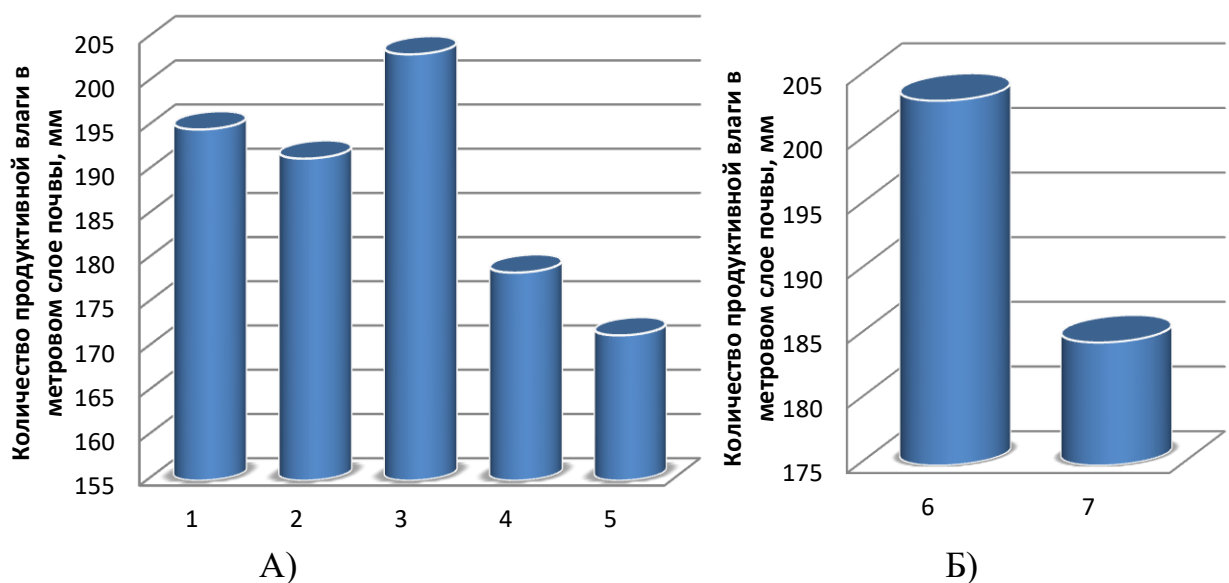


Рисунок 7 - Содержание продуктивной влаги в метровом слое в посевах пшеницы озимой в период возобновления весенней вегетации: А) в блоке 1, Б) в блоке 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих агротехнологий (среднее, за 2008-2016 гг.), где:

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

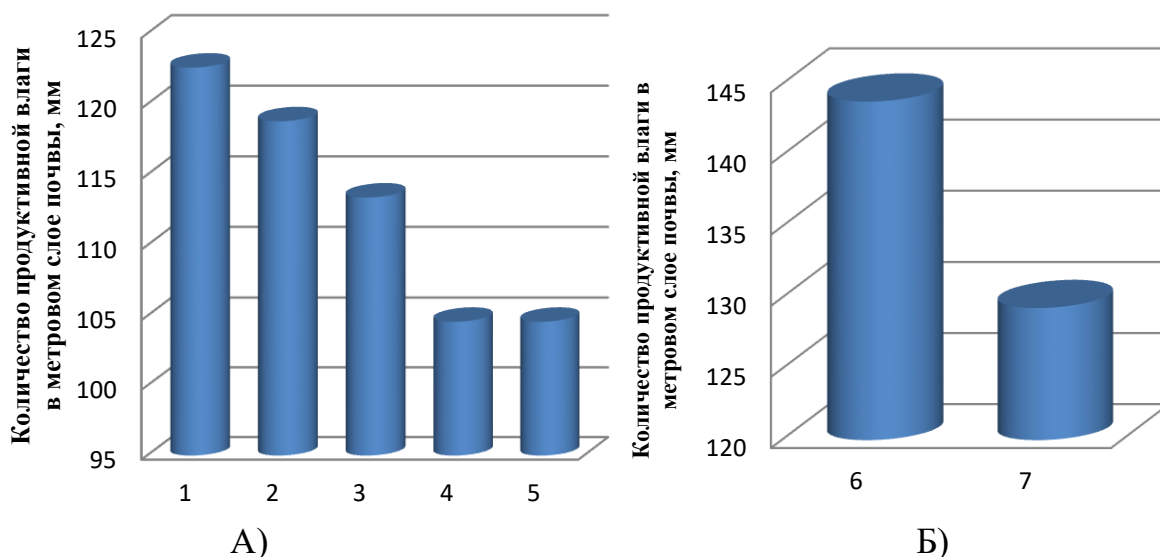


Рисунок 8 - Содержание продуктивной влаги в метровом слое после посева ячменя ярового: А) в блоке 1, Б) в блоке 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих агротехнологий (среднее, за 2010-2018 гг.), где:

- 1 - Базовая технология блока 1, средняя отвальная 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.

Как известно, по классификации А.Ф. Вадюниной (1986) запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы принято оценивать по следующей шкале: более 160 мм – очень хорошие, 160-130 мм – хорошие, 130-90 мм – удовлетворительные, 90-60 мм – плохие, менее 60 мм – очень плохие. Придерживаясь этой классификации, запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы на момент возобновления весенней вегетации пшеницы озимой в среднем за годы проведенных исследований, в посевах можно считать очень хорошими (171,4 – 203,2 мм) вне зависимости от используемого способа основной обработки почвы и типа агротехнологии, в то время как для посевов ячменя хорошие запасы отмечались лишь в варианте базовой агротехнологии блока 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий 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).

Следовательно, наиболее эффективными в плане накопления продуктивной влаги вариантами, как при возделывании пшеницы озимой, так и при возделывании ячменя ярового, были варианты базовой агротехнологии блока 2 опыта с отвальной системой основной обработки почвы и базовой агротехнологии блока 1 опыта с безотвальной системой основной обработки почвы, в которых наблюдались наибольшие значения содержания влаги, а наименее эффективными – варианты интенсивной агротехнологии блока 1 опыта с отвальной и комбинированной системами обработки почвы.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено наиболее благоприятное воздействие отвальной и безотвальной систем основной обработки почвы в агротехнологиях базового типа на агрофизические свойства почвы с точки зрения твердости почвы и содержания продуктивной влаги.

3.2.2 Влияние систем и способов основной обработки почвы на засоренность посевов

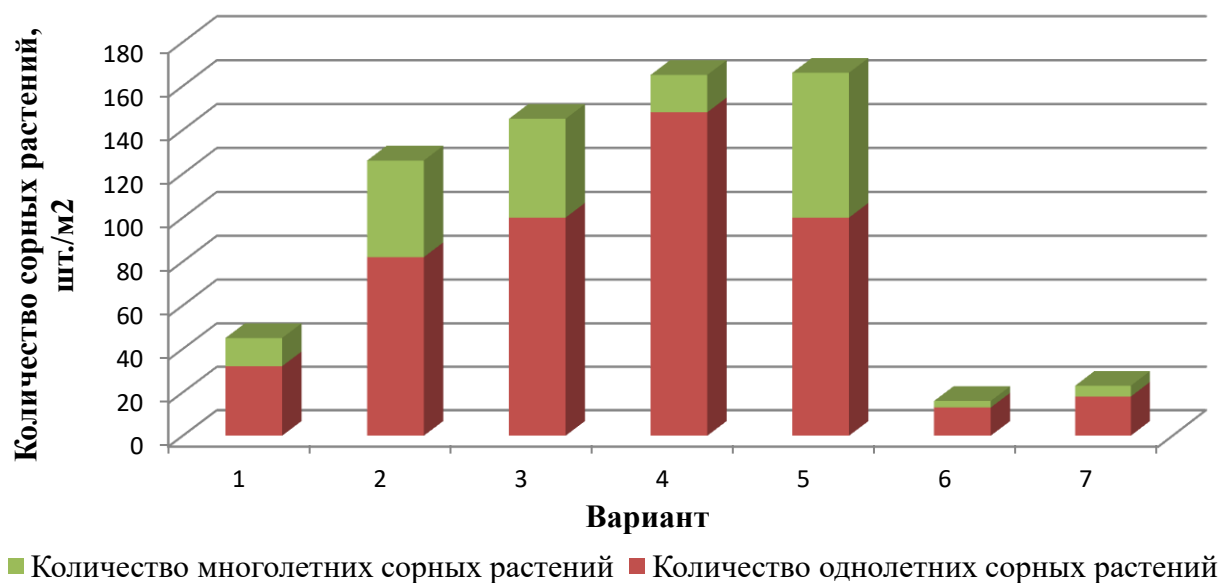
Сорные растения – элемент всех полевых агрофитоценозов. При совместном произрастании, культурные и сорные растения конкурируют друг с другом за факторы жизни. Причем, сорные растения более конкурентноспособны, а их влияние, по мнению ряда авторов (Spraag, 1993; Марков, Грязина, Кирилов, 2007; Дозоров, Карпов, Захаров, 2009) проявляется через затенение посевов сельскохозяйственных культур (особенно в начальные фазы их развития), потребление почвенной влаги и питательных веществ, являются очагами вредителей и болезней, что, в конечном итоге, ведет к существенному снижению урожайности возделываемых культур и ухудшению качества получаемой продукции .

Механическая обработка почвы, особенно в системе севооборота, является мощным средством борьбы с сорняками, поэтому засоренность посевов – один из основных показателей, характеризующих эффективность борьбы с сорняками при применении различных способов обработки почвы (Дудкин, 2009; Кузина, 2014). Согласно данным В.В. Кутилкиной (2017), при

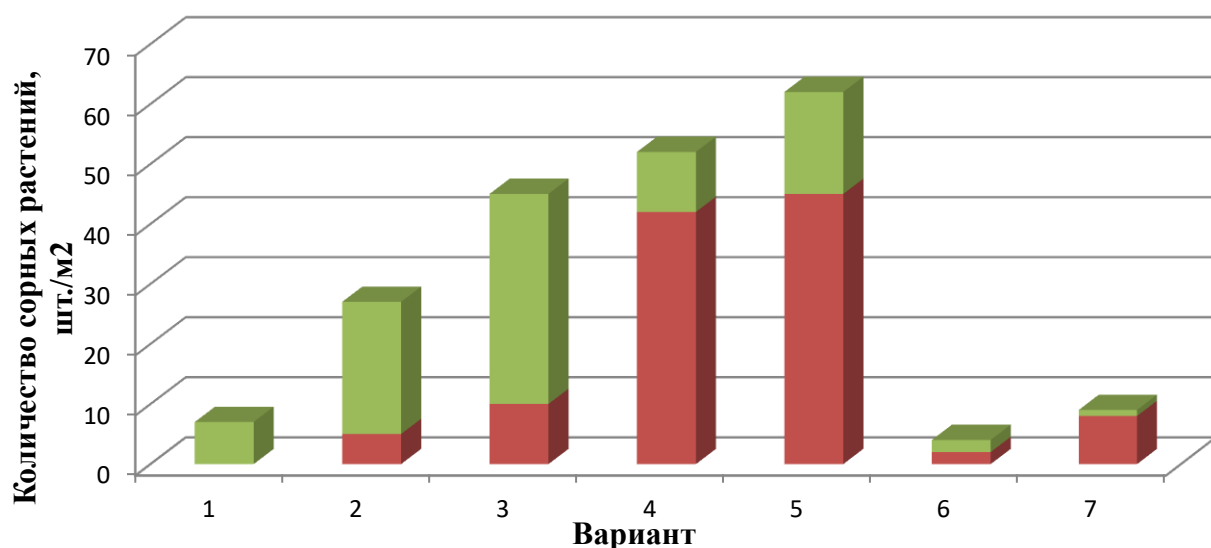
рациональном применении агротехнических мер подавления сорняков уровень засоренности снижается на 50%, иногда 70%, как за счет механического воздействия, так и улучшения развития культурных растений и увеличения их конкурентоспособности.

Данные проведенных за 2008-2018 гг. исследований показали, что обработки почвы также оказывают непосредственное влияние на количественный и видовой состав сорных растений. Так, общее количество сорняков (в среднем по опыту) варьировало от 0 до 224 шт./м² (приложение Б), причем к моменту уборки оно существенно снижалось из-за применения гербицидов. Из всех изучаемых вариантов опыта наименее засоренным был вариант базовой агротехнологии блока 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий с отвальной обработкой под предшественник (чистый пар), в котором наибольшее количество сорных растений было весной 2008 года – 22 шт./м², а к моменту уборки снизилось до 4 шт./м² (рис. 9). В противовес ему, в варианте блока 1 опыта с интенсивной агротехнологией, где применялась мелкая безотвальная обработка почвы, наблюдалась наибольшая засоренность (от 83 до 216 шт./м² в фазе возобновления весенней вегетации пшеницы озимой в различные годы исследований и от 40 до 92 шт./м² перед уборкой культуры).

Наиболее распространенными сорняками в посевах пшеницы озимой по отвальным обработкам в различные годы были: фиалка полевая (*Viola arvensis*), овсюг обыкновенный (*Avena fatua*), желтушник левкойный (*Erysimum cheiranthoides*), горошек мышиный (*Vicia cracca*), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*), василек синий (*Centaurea cyanus*), сурепка обыкновенная (*Barbarea vulgaris*), воловик (*Anchusa*), осот полевой (*Sonchus arvensis*), ярутка полевая (*Thlaspi arvense*). При возделывании пшеницы озимой по безотвальным обработкам видовой состав сорняков возрастал как за счет однолетних, так и многолетних сорняков, таких, как: очиток едкий (*Sedum acre*), льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris*), горец вьюнковый (*Fallopia convolvulus*).



А)



Б)

Рисунок 9 - Среднее (за 2008-2016 гг.) количество сорных растений (однолетних и многолетних) в посевах пшеницы озимой, находящейся в фазе возобновления весенней вегетации (А) и перед уборкой пшеницы озимой (Б), где:

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

Также следует отметить, что к уборке пшеницы значительным образом изменилось соотношение однолетних и многолетних сорняков в общей структуре засоренности (табл. 22). Так, по базовым агротехнологиям, в большинстве случаев к уборке существенно снизилась доля однолетних сорняков, но увеличилась доля многолетних (на 31-47%), а по интенсивным, наоборот, повысилась доля однолетних и снизилась доля многолетних (на 9-13%).

В свою очередь, применение безотвальных обработок почвы также приводило к изменению соотношения однолетних и многолетних сорняков в общей структуре засоренности, где к уборке наблюдалось существенное снижение доли однолетних сорняков и повышение доли многолетних (в среднем, на 46 % при применении средней безотвальной обработки и 47% - при мелкой безотвальной).

Анализ засоренности полей ячменя показал, что наименьшая общая засоренность посевов за весь период исследований наблюдалась в вариантах блока 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий, возделываемых по базовой агротехнологии с применением средней отвальной обработки почвы (14-104 шт./м² в зависимости от периода наблюдения), однако в начале вегетации ячменя наименьшее количество многолетних сорных растений (3-9 шт./м² в зависимости от периода наблюдения) наблюдалось в варианте базовой агротехнологии блока 1 опыта, где под посев ячменя проводилась средняя безотвальная обработка почвы (табл. 23). Наибольшее количество сорняков во всех случаях отмечалась на варианте интенсивной агротехнологии блока 1 опыта с мелкой безотвальной обработкой почвы под ячмень: 71-184 шт./м². Использование агротехнологий интенсивного типа во всех случаях способствовало повышению общей засоренности посевов на 20-53%, в том числе засоренности многолетними сорняками до 3,3 раз.

Таблица 22 - Соотношение однолетних и многолетних сорных растений в посевах пшеницы озимой (в среднем, за 2008-2016 гг)

Вариант	Количество сорных растений в посевах озимой пшеницы							
	в начале возобновления вегетации				перед уборкой			
	однолетних		многолетних		однолетних		многолетних	
	шт./м ²	в % к общему количеству	шт./м ²	в % к общему количеству	шт./м ²	в % к общему количеству	шт./м ²	в % к общему количеству
Базовая технология блока 1, средняя отвальная обработка под предшественник (чистый пар), абсолютный контроль	32	71	13	29	17	71	7	29
Интенсивная технология блока 1, средняя отвальная обработка под предшественник (чистый пар)	148	90	17	10	42	81	10	19
Базовая технология блока 1, средняя безотвальная обработка под предшественник (чистый пар)	82	65	44	35	5	19	22	81
Базовая технология блока 1, мелкая безотвальная обработка под предшественник (чистый пар)	100	69	45	31	10	22	35	78
Интенсивная технология блока 1, мелкая безотвальная обработка под предшественник (чистый пар)	100	60	66	40	45	73	17	27
Базовая технология блока 2, средняя отвальная обработка под предшественник (чистый пар)	13	81	3	19	2	50	2	50
Интенсивная технология блока 2, средняя отвальная обработка под пшеницу озимую	18	78	5	22	8	89	1	11

Таблица 23 - Количество сорных растений в изучаемых вариантах в начальных фазах развития ячменя ярового и перед его уборкой

Вариант	Количество сорных растений в посевах исследуемых вариантов в начале вегетации ячменя, шт./м ² *				Количество сорных растений в посевах исследуемых вариантов перед уборкой ячменя, шт./м ²			
	2010	2014	2018	X _{ср}	2010	2014	2018	X _{ср}
Базовая технология блока 1, средняя отвальная обработка под ячмень, контроль	56 / 16	140 / 80	124 / 12	107 / 36	15 / 7	30 / 4	64 / 4	36 / 5
Интенсивная технология блока 1, средняя отвальная обработка под ячмень	103 / 15	144 / 82	136 / 13	128 / 37	23 / 7	51 / 32	91 / 8	55 / 16
Базовая технология блока 1, средняя безотвальная обработка под ячмень	121 / 9	156 / 3	143 / 8	140 / 7	29 / 4	43 / 0	75 / 5	49 / 3
Базовая технология блока 1, мелкая безотвальная обработка под ячмень	148 / 61	132 / 108	152 / 76	144 / 82	57 / 19	68 / 37	83 / 24	69 / 27
Интенсивная технология блока 1, мелкая безотвальная обработка под ячмень	166 / 98	173 / 121	184 / 80	174 / 100	71 / 30	93 / 41	108 / 27	91 / 33
Базовая технология блока 2, средняя отвальная обработка под ячмень	60 / 12	104 / 13	68 / 2	77 / 9	17 / 5	28 / 0	14 / 0	20 / 2
Интенсивная технология блока 2, поверхностная обработка под ячмень	62 / 14	136 / 7	88 / 10	95 / 10	24 / 9	30 / 4	27 / 0	27 / 4

Примечание: *-общее количество сорняков / из них многолетников

Помимо этого, в посевах ячменя ярового, возделываемых по отвальным обработкам почвы, в различные годы наиболее распространенными сорняками были: яснотка пурпурная (*Lámium purpúreum*), вьюнок полевой (*Convōlvulus arvēnsis*), паслен черный (*Solánum nígrum*), пырей ползучий (*Elytrígia répens*), щетинник сизый (*Setaria glauca*), амарант запрокинутый (*Amaránthus retrofléxus*). При возделывании ячменя ярового по безотвальным обработкам видовой состав сорняков немного отличался: преобладали: щетинник сизый (*Setaria glauca*), сурепка обыкновенная (*Barbaréa vulgáris*), овсюг обыкновенный (*Avena fatua*), льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris*). Применение поверхностных обработок почвы вело к распространению таких сорняков, как: марь белая (*Chenopódium álbum*), вьюнок полевой (*Convōlvulus arvēnsis*), паслен черный (*Solánum nígrum*), пырей ползучий (*Elytrígia répens*), овсюг обыкновенный (*Avena fatua*), амарант запрокинутый (*Amaránthus retrofléxus*), щетинник сизый (*Setaria glauca*). Таким образом, наиболее распространенным видом сорной растительности вне зависимости от способа основной обработки был щетинник сизый (*Setaria glauca*), а агроценоз в вариантах с отвальной и поверхностной обработками почв был схожим по видовому составу сорняков.

Таким образом, в целом по опыту, варианты с безотвальной обработкой были более засоренными (по сравнению с вариантами по вспашке), как и агротехнологии интенсивного типа (по сравнению с базовыми). То есть, с увеличением интенсивности агротехнологий и минимизацией глубины обработки почвы, возрастала засоренность посевов пшеницы озимой и ячменя ярового.

Обобщение результатов исследований по изучению влияния систем и способов обработки почвы на твердость почвы, накопление продуктивной влаги в метровом слое почвы и засоренности посевов показало, что наиболее эффективными среди изучаемых вариантов были базовые агротехнологии возделывания пшеницы озимой и ячменя ярового, в которых использовались средние отвальные системы основной обработки почвы. Так как построение

ресурсосберегающих агротехнологий должно основываться на наиболее эффективных агротехнологических условиях, то, исходя из результатов проведенных исследований, базисом для внедрения ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур должны стать агротехнологии возделывания пшеницы озимой и ячменя ярового, основанные на зернопаропропашных севооборотах с применением средних отвальных систем основной обработки почвы. Однако вспашка является наиболее затратным в ресурсном отношении агроприемом, а использование чистых паров не особо выгодно с экономической точки зрения, поэтому применение в ресурсосберегающих агротехнологиях наиболее эффективных агроприемов должно тщательно обосновываться путем снижения расходования ресурсов в последующих технологических приемах с учетом положительных эффектов от их применения.

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

Увеличение темпов роста агропромышленного комплекса в целом и растениеводства в частности возможно при условии скорейшего перехода к использованию высокопроизводительных и ресурсосберегающих технологий с учетом их зональных особенностей. В настоящее время в процессе формирования агротехнологий нужно чётко понимать, что научно обоснованные ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур должны обеспечивать не только снижение расхода используемых ресурсов, но и сохранять плодородие почв [45]. Применение ресурсосберегающих технологий должно сопровождаться учетом биологических особенностей районированных высокопродуктивных сортов интенсивного типа, использованием научно обоснованных систем удобрений, обработки и защиты растений [164].

Одним из основных и наиболее действенных факторов (вклад 30-50 %), влияющим на урожайность сельскохозяйственных культур, качество урожая, свойства почвы и экономические показатели производства, является применение минеральных удобрений. Их эффективность зависит от возделываемой культуры, применяемых технологий, доз и сроков внесения. В свою очередь, применение минеральных удобрений приводит к увеличению потерь кальция из почвы за счёт вымывания и подкисляющего действия минеральных удобрений, главным образом, азотных. Поэтому пахотные почвы в процессе длительного сельскохозяйственного использования необходимо периодически известковать, вследствие чего повышается эффективность органических и минеральных удобрений, микробиологическая активность, симбиотическая азотфиксация и значительно увеличивается урожайность наиболее требовательных к реакции почвенной среды культур [208].

Поэтому исследования, направленные на комплексное изучение влияния ресурсосберегающих агроприемов на почвенное плодородие, рост и развитие возделываемых культур, а также структуру урожая и качественные показатели зерна в настоящее время актуальны и востребованы.

С учетом результатов, полученных в предыдущей главе, для комплексного изучения влияния ресурсосберегающих агроприемов в технологиях возделывания озимой пшеницы и ячменя из обширного перечня имеющихся вариантов (276 делянок в блоке 1 и 12 делянок в блоке 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий), было выбрано 22 варианта зернопаропропашных и зернотравянопропашных севооборотов с отвальной, безотвальной и комбинированной системами основной обработки почвы (18 в блоке №1 и 4 в блоке №2), различающиеся между собой применяемыми дозами удобрения:

1. Вариант агротехнологии экстенсивного типа блока 1 с зернопаропропашным севооборотом, без удобрений и мелиорантов, отвальной системой основной обработки (средняя отвальная обработка под ячмень яровой и чистый пар), контроль.
2. Вариант агротехнологии экстенсивного типа блока 1 с зернопаропропашным севооборотом, без удобрений и мелиорантов, комбинированной системой основной обработки (мелкая безотвальная обработка под ячмень яровой и чистый пар).
3. Вариант агротехнологии экстенсивного типа блока 1 с зернотравянопропашным севооборотом, без удобрений и мелиорантов, отвальной системой основной обработки (средняя отвальная обработка под ячмень яровой и чистый пар).
4. Вариант агротехнологии экстенсивного типа блока 1 с зернотравянопропашным севооборотом, без удобрений и мелиорантов, комбинированной системой основной обработки (мелкая безотвальная обработка под под возделываемую культуру).

5. Вариант агротехнологии базового типа блока 1 с зернопаропропашным севооборотом, отвальной системой основной обработки (средняя отвальная обработка под ячмень и чистый пар), одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений ($N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кущение при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя), без органических удобрений и мелиорантов.
6. Вариант агротехнологии базового типа блока 1 с зернопаропропашным севооборотом, комбинированной системой основной обработки (мелкая безотвальная обработка под ячмень и чистый пар), одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений ($N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кущение при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя), без органических удобрений и мелиорантов.
7. Вариант агротехнологии базового типа блока 1 с зернотравянопропашным севооборотом, отвальной системой основной обработки (средняя отвальная обработка под возделываемую культуру), одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений ($N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кущение при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового), без органических удобрений и мелиорантов.
8. Вариант агротехнологии базового типа блока 1 с зернотравянопропашным севооборотом, комбинированной системой основной обработки (мелкая безотвальная обработка под возделываемую культуру), одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений ($N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кущение при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового), без органических удобрений и мелиорантов.

9. Вариант агротехнологии базового типа блока 2 с зернопаропропашным севооборотом, отвальной системой основной обработки (средняя отвальная обработка под ячмень и чистый пар), одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений ($N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кушение при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя), без органических удобрений и мелиорантов.
10. Вариант агротехнологии базового типа блока 2 с зернопаропропашным севооборотом, безотвальной ресурсосберегающей системой основной обработки (мелкая безотвальная обработка под ячмень яровой и чистый пар), одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений ($N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кушение при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового), без органических удобрений и мелиорантов.
11. Вариант агротехнологии базового типа блока 1 с зернопаропропашным севооборотом, отвальной системой основной обработки (средняя отвальная обработка под ячмень яровой и чистый пар), одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений ($N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кушение при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового), с использованием мелиорантов – известняковой муки (2 т/га), без органических удобрений.
12. Вариант агротехнологии базового типа блока 1 с зернопаропропашным севооборотом, комбинированной системой основной обработки (мелкой безотвальной обработкой под ячмень яровой и чистый пар), одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений ($N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кушение при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку

почвы при возделывании ячменя ярового), с использованием мелиорантов – известняковой муки (2 т/га), без органических удобрений.

13. Вариант агротехнологии базового типа блока 1 с зернотравянопропашным севооборотом, отвальной системой основной обработки (средняя отвальная обработка под возделываемую культуру), одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений ($N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кушение при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового), с использованием мелиорантов – известняковой муки (2 т/га), без органических удобрений.
14. Вариант агротехнологии интенсивного типа блока 1 с зернопаропропашным севооборотом, отвальной системой основной обработки (средняя отвальная обработка под ячмень яровой и чистый пар), двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений ($N_{30}P_{78}K_{78}$ под основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кушение, а также в фазу цветения при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового), без применения органических удобрений и мелиорантов.
15. Вариант агротехнологии интенсивного типа блока 1 с зернопаропропашным севооборотом, комбинированной системой основной обработки (мелкой безотвальной обработкой под ячмень яровой и чистый пар), двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений ($N_{30}P_{78}K_{78}$ под основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кушение, а также в фазу цветения при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя), без применения органических удобрений и мелиорантов.
16. Вариант агротехнологии интенсивного типа блока 1 с зернотравянопропашным севооборотом, отвальной системой основной обработки (средняя отвальная обработка под возделываемую культуру), двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений ($N_{30}P_{78}K_{78}$ под

основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кущение, а также в фазу цветения при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового), без применения органических удобрений и мелиорантов.

17. Вариант агротехнологии интенсивного типа блока 1 с зернотравянопропашным севооборотом, комбинированной системой основной обработки (мелкая безотвальная обработка под возделываемую культуру), двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений ($N_{30}P_{78}K_{78}$ под основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кущение, а также в фазу цветения при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя), без применения органических удобрений и мелиорантов.
18. Вариант агротехнологии интенсивного типа блока 2 с зернопаропропашным севооборотом с сидеральным паром, отвальной системой основной обработки (средняя отвальная обработка под пшеницу озимую и поверхностная под ячмень яровой), двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений - ($N_{30}P_{78}K_{78}$ под основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кущение, а также в фазу цветения при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового), без применения органических удобрений и мелиорантов.
19. Вариант агротехнологии интенсивного типа блока 2 с зернопаропропашным севооборотом с сидеральным паром, комбинированной ресурсосберегающей системой основной обработки (поверхностная обработка под пшеницу озимую и нулевая под ячмень яровой), двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений ($N_{30}P_{78}K_{78}$ под основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кущение, а также в фазу цветения при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового), без применения органических удобрений и мелиорантов.

20. Вариант агротехнологии интенсивного типа блока 1 с зернопаропропашным севооборотом, отвальной системой основной обработки (средняя отвальная обработка под ячмень яровой и чистый пар), двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений ($N_{30}P_{78}K_{78}$ под основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кушение, а также в фазу цветения при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового), с внесением 12 т/га навоза, без применения мелиорантов.
21. Вариант агротехнологии интенсивного типа блока 1 с зернопаропропашным севооборотом, комбинированной системой основной обработки (мелкая безотвальная обработка под ячмень яровой и чистый пар), двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений ($N_{30}P_{78}K_{78}$ под основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кушение, а также в фазу цветения при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя), с внесением 12 т/га навоза, без применения мелиорантов.
22. Вариант агротехнологии интенсивного типа блока 1 с зернотравянопропашным севооборотом, отвальной системой основной обработки (средняя отвальная обработка под возделываемую культуру), двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений ($N_{30}P_{78}K_{78}$ под основную обработку почвы и N_{17} подкормкой посевов в весеннее кушение, а также в фазу цветения при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового), с внесением 12 т/га навоза, без применения мелиорантов.

Как упоминалось в предыдущей главе, в связи с тем, что в блоке 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий изучался четырехпольный севооборот и имелась возможность получения данных по каждой культуре только раз в ротацию, а исследования проводились с 2008 года, то сравнительный анализ изучаемых вариантов осуществлялся для озимой пшеницы в 2008, 2012, 2016 гг., для ячменя – 2010, 2014, 2018 гг.

4.1 Содержание органического вещества и кислотность почвы при использовании ресурсосберегающих агроприемов

Как известно, наша страна богата природными ресурсами. Площадь сельхозугодий России — 196 млн. га, в том числе: пашни — 115 млн. га, сенокосов — 18,7 млн. га, пастбищ — 56,8 млн. га. Основной проблемой использования почвенных ресурсов сельскохозяйственного назначения является уменьшение плодородных почвенных ресурсов и ухудшение экологической обстановки окружающей среды [34]. Восстановление почвенного плодородия является в настоящее время наиболее актуальным вопросом, потому что применение интенсивной системы земледелия, основанной на вспашке, привело к снижению плодородия почвы [109].

Одним из основных интегральных показателей, характеризующим почвенное плодородие, принято считать содержание органического вещества (гумуса). Воспроизводство органического вещества почвы в интенсивном земледелии является частью воспроизводства плодородия почвы в целом. Под расширенным воспроизводством почвенного плодородия, по мнению Б.Г. Розанова (1988) следует понимать прогрессивное повышение потенциального плодородия почвы путем применения определенного местными экологическими условиями комплекса почвенно-мелиоративных мероприятий (агротехнических, агрохимических, агробиологических), направленных на прогрессивное наращивание искусственного и мобилизацию естественного плодородия почвы. Теоретической базой воспроизводства плодородия почвы является закон возврата - частное проявление всеобщего закона сохранения вещества и энергии. В интенсивном земледелии процесс воспроизводства плодородия может осуществляться двумя путями: вещественным и технологическим. Первый путь — это применение удобрений, мелиорантов, пестицидов, севооборотов, второй — механическая обработка почвы и мелиоративные приемы. Вещественные компоненты оказывают наиболее сильное и многообразное

воздействие на плодородие. Эффект технологического воздействия основан на форсированном использовании (путем мобилизации) вещественных и энергетических ресурсов почвы. В конечном счёте, по мнению А.М. Лыкова (1988), это приводит к истощению источников почвенного плодородия, в первую очередь органического вещества. Главной причиной отрицательного баланса гумуса является недостаточное применение органических удобрений. По данным Российской академии наук, для бездефицитного баланса гумуса необходимо вносить 650 млн. т органических удобрений. Однако, на сегодняшний день их ресурсы составляют в среднем 450 млн. т. [204].

В современном земледелии баланс органического вещества часто остается отрицательным. Основными причинами потерь гумуса пахотными почвами является:

- несбалансированность структуры посевных площадей по массе растительных остатков, поступающих в почву;
- усиление минерализации органического вещества в результате интенсивной обработки и повышения степени аэрации почв;
- разложение и биодegradация гумуса под влиянием физиологически кислых удобрений;
- усиление минерализации органического вещества в результате осушительной и оросительной мелиорации;
- эрозия почв.

Поэтому крайне важно найти оптимальные агротехнические механизмы, способствующие не только сохранению, но и повышению органического вещества почвы при использовании ресурсосберегающих агроприемов.

Как известно, наибольшие потери гумуса наблюдаются в чистом пару, так как в этом случае растительные остатки в почву не поступают, а минерализация гумуса идёт более интенсивно. Потери гумуса убывают в ряду: *чистый пар - пропашные культуры - зерновые культуры - многолетние травы* [34].

Проведенные исследования подтвердили данные положения (Приложение В). Так, наибольшие темпы снижения гумуса в пределах 12-16% (от исходного содержания) за 32 года ведения опыта отмечались в зернопаропропашном севообороте с чистым паром (рис. 10). Замена чистого пара на сидеральный в таких севооборотах способствовала снижению темпов сокращения органического вещества на 3,3-3,6% за 14 лет наблюдений (рис. 11). В свою очередь, при применении зернотравянопропашного севооборота наблюдалось самое наименьшее снижение среди рассматриваемых агротехнологий экстенсивного типа – на 13,7% от исходного содержания. Таким образом, замена классических зернопаропропашных севооборотов зернотравянопропашными способствует ежегодному снижению темпов потери органического вещества почвы в слое 0-20 см до 0,28% (от потерь при использовании зернопаропропашных севооборотов). В случае невозможности проведения таких замен, вместо чистых паров следует вводить в севооборот сидеральные, обеспечивающие ежегодное снижение темпов сокращения органического вещества на 0,24-0,26%.

Одним из главных агротехнологических приемов, влияющих на плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур, бесспорно, является система основной обработки почвы. Используя различные способы основной обработки почвы можно коренным образом изменить ее профиль и, тем самым, повысить плодородие почв. Применение различных систем основной обработки почвы позволяет регулировать интенсивности микробиологического разложения органического вещества, а также процессы гумификации в почве [186]. Применение минимальных обработок почвы способствует наибольшему снижению темпов потерь органического вещества почвы, а сохранение растительных остатков в поверхностном слое почвы позволяет постепенно стабилизировать его содержание [224]. Помимо этого, по данным Н.К. Шикулы (2000), систематическая минимальная обработка почвы уменьшает интенсивность минерализации и активизирует гумификацию.

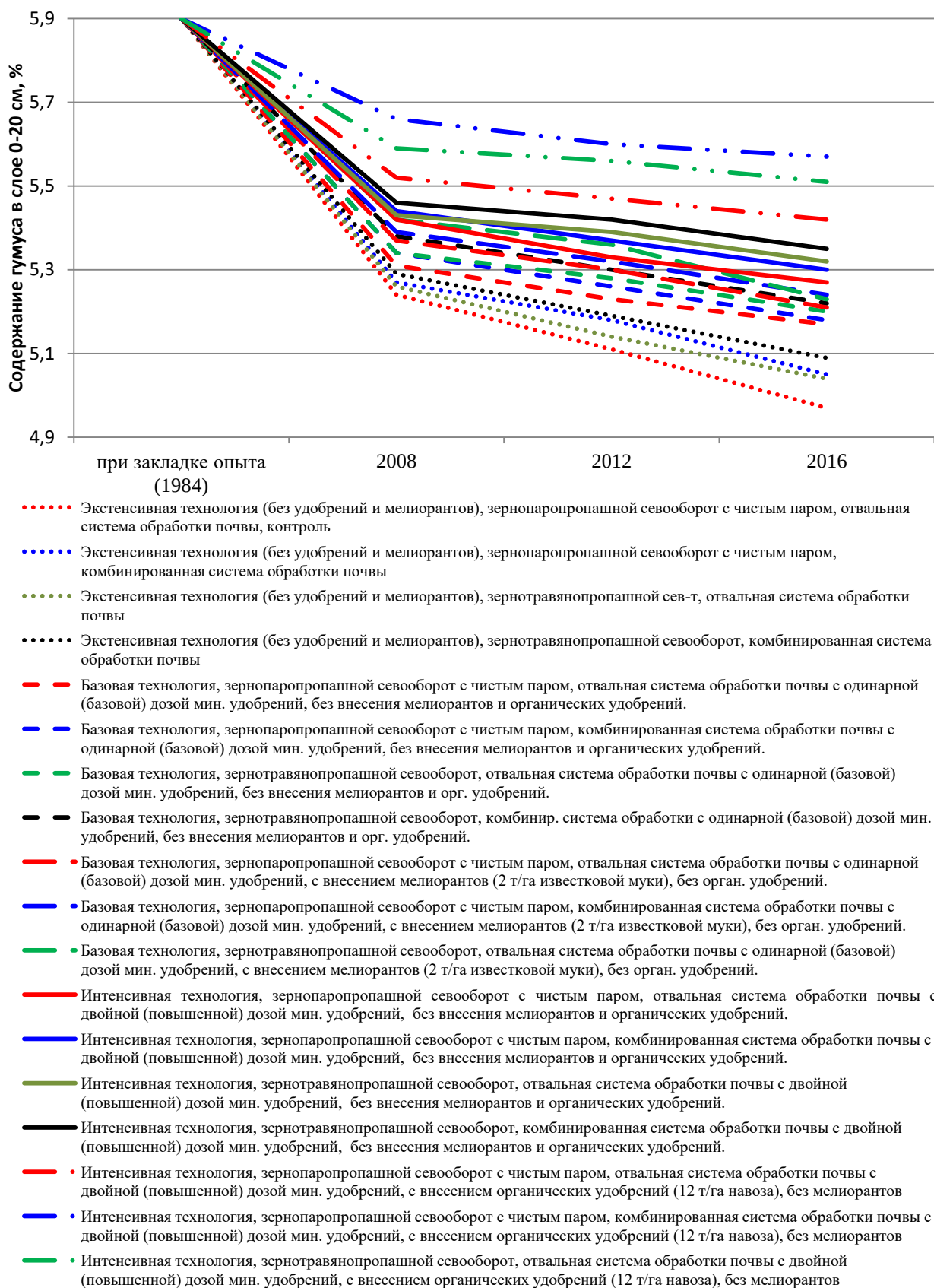


Рисунок 10 - Динамика содержания гумуса в слое почвы 0-20 см после уборки пшеницы озимой в различных севооборотах и системах основной обработки почвы, применении минеральных и органических удобрений, а также химических мелиорантов

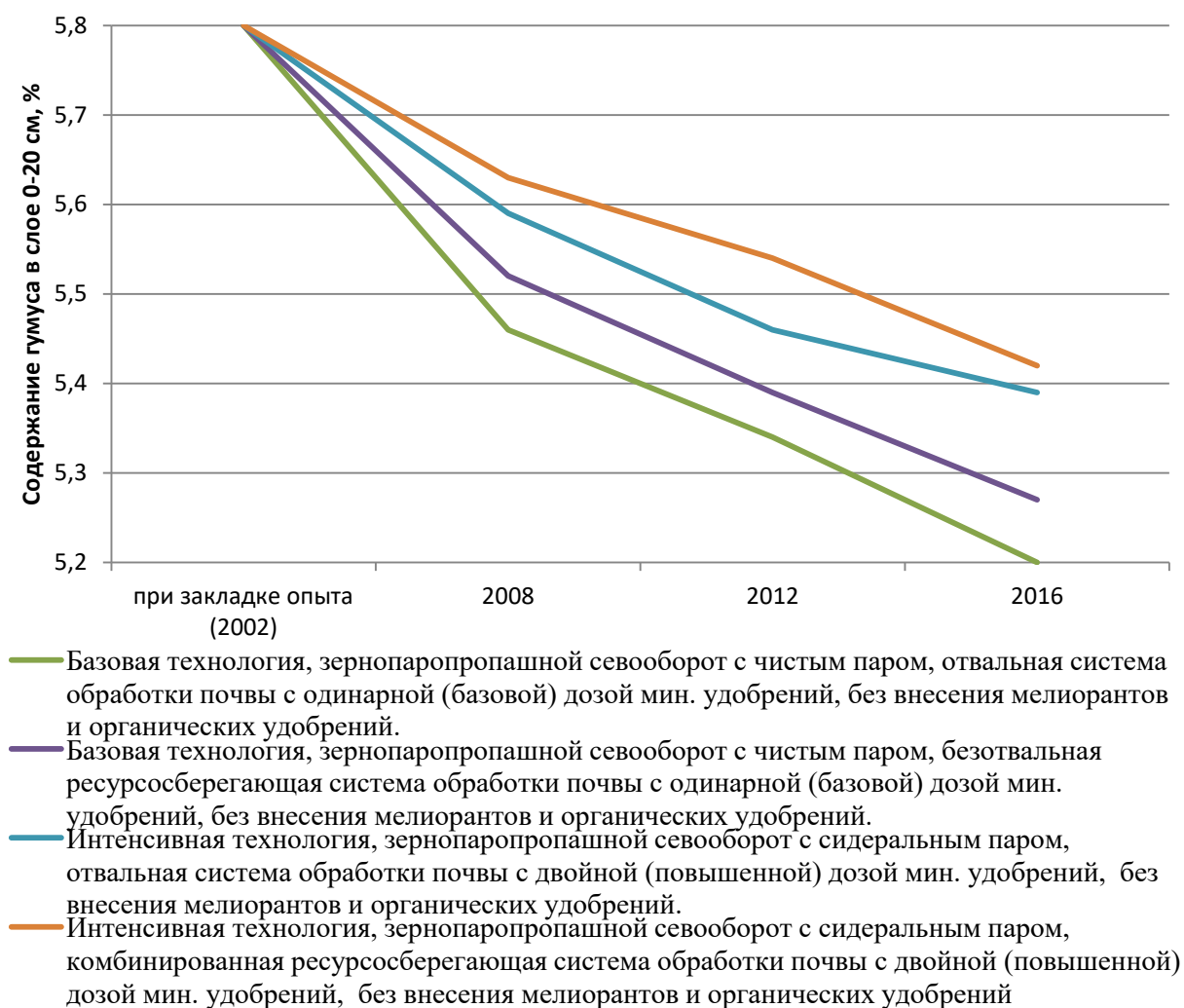


Рисунок 11 - Динамика содержания гумуса в слое почвы 0-20 см после уборки пшеницы озимой при использовании различных систем основной обработки почвы и удобрений в в блоке 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий

Проведенные нами наблюдения показали, что содержание гумуса в слое 0-20 см по-разному снижалось в зависимости от применяемой системы основной обработки почвы по всем вариантам опыта. Как и ожидалось, наибольшие темпы сокращения гумуса отмечались при использовании экстенсивных агротехнологий, основанных на отвальной системе основной обработки почвы, где на контроле было отмечено его снижение до 15,8% (от исходных значений, полученных при закладке опыта в 1984 году). При применении комбинированной и безотвальной ресурсосберегающей систем почвообработки взамен отвальной наблюдалось незначительное снижение темпов сокращения запасов гумуса (до 1,8% и 2,1% от значений по отвальной

системе комбинированной и безотвальной ресурсосберегающей системам почвообработки соответственно). При использовании комбинированной ресурсосберегающей системы обработки почвы, основанной на мелких безотвальных, поверхностных и нулевых обработках, были получены наилучшие результаты – снижение гумуса по 0,01% в год (на 2,5% меньше значений отвальной системы обработки почвы). Таким образом, нами было установлено, что архаичные отвальные системы основной обработки почвы целесообразно заменять на комбинированные или безотвальные, способствующие снижению темпов потерь органического вещества почвы.

Как известно, минеральные удобрения не оказывают прямого влияния на почвообразование, однако они могут влиять опосредованно: стимулируя или угнетая почвенную биоту, способствуя увеличению количества пожнивных и корневых остатков в почве, повышая тем самым объемы гумификации [91]. Помимо этого некоторыми авторами отмечается, что усиление процессов минерализации гумуса происходит под действием азотных удобрений [87]. Поэтому при применении только минеральных удобрений в большинстве случаев наблюдается снижение органического вещества почвы [63].

В нашем случае внесение одинарных (базовых) и двойных (повышенных) доз минеральных удобрений не способствовало сохранению и, тем более, накоплению гумуса в пахотных слоях почвы. В вариантах экстенсивных агротехнологий (без применения удобрений) содержание гумуса в слое почвы 0-20 см снижалось за год в среднем по 0,029%, а в базовых агротехнологиях (при внесении одинарных (базовых) доз мин. удобрений (например, $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} - подкормка посевов при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового)) - на 0,021-0,023% в год в зависимости от используемых вариантов. Так, наибольшие потери органического вещества отмечались в варианте базовой агротехнологии с зернопаропропашным севооборотом, чистым паром по

отвальной системе основной обработки почвы, где содержание гумуса в слое 0-20 см за 32 года использования такой системы снизилось на 12,4% (от исходного содержания в 5,9%), а наименьшие – в варианте базовой агротехнологии с зернотравянопропашным севооборотом и комбинированной системой обработки почвы (на 11,5%).

Использование же интенсивных агротехнологий (внесение двойных (повышенных) доз минеральных удобрений (например, $N_{15}P_{78}K_{78}$ под основную обработку почвы и N_{17} - подкормка посевов в фазу кущения и в фазу цветения при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового)) способствовало дальнейшему снижению темпов сокращения органического вещества почвы до уровня в 0,017-0,020% в год в зависимости от используемых вариантов. Так, наименьшие значения ежегодных потерь гумуса, как и в базовых агротехнологиях, наблюдались при использовании интенсивных агротехнологий, основанных на зернотравянопропашном севообороте и комбинированной системе основной обработки почвы, где содержание гумуса в слое 0-20 см за 32 года использования такой технологии снизилось на 9,3% (от исходного содержания в 5,9%), а наибольшее – в варианте интенсивной агротехнологии с зернопаропропашным севооборотом и отвальной системой обработки почвы (на 11,4% за 32 года).

Таким образом, установлено, что применение интенсивных агротехнологий, основанных чисто на минеральной системе удобрений, способствует незначительному снижению темпов сокращения органического вещества почвы на 0,06-0,13% (от значений аналогичных вариантов базовых агротехнологии) или на 0,25-0,28% (от значений аналогичных вариантов экстенсивных агротехнологии). Наиболее эффективной с точки зрения наибольшего сокращения темпов потерь гумуса была интенсивная агротехнология блока 1 опыта, основанная на зернотравянопропашном севообороте и комбинированной системе основной обработки почвы.

Изучение изменений, происходящих в почвах при известковании, проводится уже многие десятилетия. С тех пор была выявлена и подтверждена несомненная положительная роль известкования в поддержании почвенного плодородия [8]. Однако этот вопрос никем еще не рассматривался комплексно в исследованиях, связанных с определением ресурсосберегающих агротехнологий. Анализ данных, полученных в проведенном опыте, показал, что применение мелиорантов (2 т/га известняковой муки раз в ротацию севооборота) способствует снижению темпов потерь гумуса на 0,03-0,04% (от значений вариантов без применения мелиорантов). Так, из вариантов с применением мелиорантов наибольшие значения потерь гумуса отмечались в варианте зернопаропропашного севооборота с чистым паром и отвальной системой обработки почвы, а наименьшие – в варианте зернопаропропашного севооборота с чистым паром и комбинированной системой основной обработки почвы. Но, так как вариант зернотравянопропашного севооборота с комбинированной обработкой почвы и применением мелиорантов схемой опыта не предусматривался, а варианты зернотравянопропашного севооборота с отвальной системой обработки почвы по всем предыдущим наблюдениям уступали первым по темпам снижения гумуса, то можно предположить, что если бы схема включала такой вариант, то он был бы наиболее эффективным среди прочих.

Считается, что основным источником пополнения запасов гумуса в почве служат органические удобрения. Их применение, как правило, ведет к увеличению содержания гумуса в почве, и, следовательно, плодородию почвы в целом [30, 119, 120]. Результаты проведенного исследования подтвердили данное положение, однако, внесение 12 т/га навоза раз в ротацию способствовало снижению темпов сокращения запасов органического вещества на 0,19-0,27% (от значений аналогичных вариантов интенсивных агротехнологий без внесения органики), то есть, внесенной дозы органических удобрений было недостаточно для сохранения и

повышения плодородия почвы, однако оно было самым действенным в этом плане мероприятием. Как и в случае с вариантами внесения мелиорантов, наибольшие значения потерь гумуса отмечались в варианте зернопаропропашного севооборота с чистым паром и отвальной системой обработки почвы, однако наименьшие – в варианте зернотравянопропашного севооборота и отвальной системой основной обработки почвы. Но так как при изучении влияния органических удобрений также отсутствовал вариант зернотравянопропашного севооборота с комбинированной обработкой почвы, то, возможно, он бы мог быть наиболее эффективным, так как в данном случае вариант зернотравянопропашного севооборота и отвальной системой обработкой почвы был эффективнее варианта зернопаропропашного севооборота с чистым паром и отвальной системой обработки почвы по темпам снижения гумуса в слое почвы 0-20 см на 1,9%.

Таким образом, для решения проблемы снижения гумуса необходимо вносить либо более высокие дозы органических удобрений, либо решать вопрос комплексно через научно-обоснованные системы севооборотов, удобрений, обработки почвы и химической мелиорации. Так, при использовании зернопаропропашного севооборота с чистым паром наблюдались наибольшие потери органического вещества за 32-х летний период исследований (его содержание в слое 0-20 см сокращалось на 15,8% от исходного в варианте экстенсивной технологии блока 1 опыта с отвальной системой обработки почвы: с 5,90 до 4,97% - в среднем по 0,029% за год (Приложение В, рис. 10)). При использовании зернотравянопропашного севооборота с аналогичными факторами содержание гумуса сократилось на 14,4%, что означает, что применение такого севооборота способствовало сохранению 1,4% органического вещества (от значения содержания гумуса в зернопаропропашном варианте). Меньшие темпы сокращения органического вещества почвы отмечались по вариантам зернопаропропашного севооборота с сидеральным паром – на 6,5% от исходного содержания в варианте интенсивной технологии блока 2 с ресурсосберегающей комбинированной

системой основной обработки почвы и двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений: с 5,80 до 5,42% за 14 лет (Приложение В, рис.11). Наименьшие потери органического вещества, как и ожидалось, наблюдались в варианте интенсивной технологии блока 1 опыта в зернопаропропашном севообороте с комбинированной системой основной обработки почвы, двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений и внесением 12 т/га навоза, где отмечалось снижение содержания на 5,6% от исходного с 5,9 до 5,57%, или по 0,17% в год.

Оптимизация реакции среды - необходимый и незаменимый агротехнический прием, ориентированный на долгосрочную перспективу создания экологически и экономически сбалансированных агроэкосистем [185]. Многолетними исследованиями установлено, что кислая реакция почвенной среды – одна из главных причин низких урожаев сельскохозяйственных культур, массовой гибели зерновых и многолетних трав при перезимовке, низкого содержания белка в зерне и кормах [102].

Площадь пахотных почв с избыточной кислотностью в Центральном регионе России – около 11,0 млн. га или 53% от общей площади пашни [97]. Прогнозные расчеты изменения структуры кислотности почв по Центральному региону свидетельствует о потенциальном росте площадей с избыточной кислотностью. По данным И.А. Шильникова и Н.И. Акановой (2011), из-за избыточной кислотности недобор урожая в стране в настоящее время составляет 16-18 млн. т в пересчете на зерно, а в перспективе возрастет до 20-22 млн. т.

В проведенных исследованиях также наблюдалось повышение кислотности почвы вследствие применяемых агроприемов (табл. 24) как по отношению к моменту закладки опыта (6,5 единиц), так и на протяжении 3 ротаций периода исследований:

Таблица 24 - Значения кислотности в пахотном слое почвы после уборки пшеницы озимой в зависимости от систем севооборотов, основной обработки почвы и удобрений

Вариант	Слой почвы, см	Кислотность почвы (рН KCl)			
		2008	2012	2016	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	0-20	6,0	5,6	5,1	5,6
	20-40	5,8	5,5	4,9	5,4
	0-40	5,9	5,6	5,0	5,5
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки	0-20	5,7	5,4	5,0	5,4
	20-40	5,6	5,3	4,7	5,2
	0-40	5,7	5,4	4,9	5,3
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	5,8	5,4	5,0	5,4
	20-40	5,6	5,3	4,7	5,2
	0-40	5,7	5,4	4,9	5,3
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	5,7	5,4	4,9	5,3
	20-40	5,6	5,2	4,5	5,1
	0-40	5,7	5,3	4,7	5,2
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений - $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} - подкормка посевов при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	5,5	5,5	4,8	5,3
	20-40	5,5	5,1	4,6	5,1
	0-40	5,5	5,3	4,7	5,2
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	5,5	5,3	4,8	5,2
	20-40	5,3	4,8	4,5	4,9
	0-40	5,4	5,1	4,7	5,1
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	5,4	5,2	4,8	5,2
	20-40	5,0	4,7	4,6	4,9
	0-40	5,2	5,0	4,7	5,0
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	5,3	5,2	4,6	5,0
	20-40	5,2	4,7	4,4	4,8
	0-40	5,3	5,0	4,5	4,9
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	6,2	6,5	6,0	6,2
	20-40	5,8	6,0	5,7	5,8
	0-40	6,0	6,3	5,9	6,1
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная ресурсосберегающая система обработки почвы	0-20	6,0	6,4	6,2	6,2
	20-40	5,6	5,9	5,7	5,7
	0-40	5,8	6,2	6,0	6,0

Продолжение Таблицы 24

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ при возделывании ячменя ярового, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без орган. удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	5,8	5,8	5,7	5,8
	20-40	5,7	5,7	5,6	5,7
	0-40	5,8	5,8	5,7	5,8
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	5,7	5,6	5,6	5,6
	20-40	5,6	5,6	5,4	5,5
	0-40	5,7	5,6	5,5	5,6
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	5,7	5,6	5,4	5,6
	20-40	5,7	5,4	5,0	5,4
	0-40	5,7	5,5	5,2	5,5
<i>Интенсивная технология с двойной дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой $N_{52}P_{76}K_{76}$ – ячменя ярового, без внесения мелиорантов и орг. удобрений</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	5,2	4,6	4,5	4,8
	20-40	5,1	4,5	4,4	4,7
	0-40	5,2	4,6	4,5	4,8
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	5,1	4,5	4,4	4,7
	20-40	5,0	4,3	4,2	4,5
	0-40	5,1	4,4	4,3	4,6
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	5,0	4,6	4,4	4,7
	20-40	5,0	4,6	4,3	4,6
	0-40	5,0	4,6	4,4	4,7
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	5,0	4,5	4,3	4,6
	20-40	4,8	4,4	4,2	4,5
	0-40	4,9	4,5	4,3	4,6
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	0-20	6,4	6,6	6,3	6,4
	20-40	6,3	6,4	6,3	6,3
	0-40	6,4	6,5	6,3	6,4
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	0-20	6,3	6,4	6,4	6,4
	20-40	6,2	6,3	6,3	6,3
	0-40	6,3	6,4	6,4	6,4
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ при возделывании ячменя ярового, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	5,4	4,8	4,7	5,0
	20-40	5,3	4,6	4,2	4,7
	0-40	5,4	4,7	4,5	4,9
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	0-20	5,3	4,7	4,4	4,8
	20-40	5,2	4,6	4,2	4,7
	0-40	5,3	4,7	4,3	4,8
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	5,1	4,7	4,5	4,8
	20-40	4,9	4,6	4,2	4,6
	0-40	5,0	4,7	4,4	4,7

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 0,2, для фактора «севооборот»: 0,2, для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 0,2, для фактора «внесение мелиорантов»: 0,3, для фактора «внесение органических удобрений»: 0,2, для фактора «слой почвы»: 0,3.

Так, наименьшие темпы снижения кислотности почвы отмечались в блоке 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий, где за 14 лет ведения опыта наблюдалось небольшое подкисление почвы в слое 0-20 см в пределах 0,1-0,5 единиц (от исходного содержания), т. е. вне зависимости от интенсивности применяемых агротехнологий, реакция почвы оставалась близкой к нейтральной. Наиболее примечательны с этой позиции варианты интенсивной агротехнологии блока 2, где отмечено наименьшее подкисление почвы среди всех изучаемых вариантов: вне зависимости от используемой системы основной обработки почвы, в них за три ротации севооборота кислотность повысилась всего лишь на несущественные 0,1-0,2 единицы, несмотря на внесение повышенных доз минеральных удобрений. Предположительно, данный эффект связан с включением в севооборот сидеральных культур (люпина), заделка в почву которого способствовала созданию условий, в результате которых кислотность почвы снижалась. В вариантах базовых агротехнологий блока 2 отмечено подкисление почвы до 0,5 единиц также вне зависимости от применяемых систем основной обработки почвы.

В свою очередь, в блоке 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий, вследствие более длительного его ведения (32 года), подкисление почвы носило более выраженный характер. Наибольшее подкисление почвы отмечалось в вариантах интенсивных агротехнологий без внесения мелиорантов и органических удобрений. Так, в варианте зернотравянопропашного севооборота интенсивной агротехнологии блока 1 с комбинированной системой основной обработки почвы по прошествии 8 ротаций обменная кислотность в слое 0-20 см составила 4,6 единицы, т.е. за 32 года произошло ее изменение на 29,2% и вместо нейтральной реакции почва стала иметь среднекислую, которая при сохранении данной тенденции, в ближайшие ротации может перейти к значениям сильнокислой. Наименьшие темпы изменения кислотности в блоке 1 отмечались в вариантах экстенсивных агротехнологий, где не вносились удобрения. В таких вариантах отмечалось подкисление почвы (в

сравнении с данными, взятыми при закладке опыта в 1984 году) на 1,4-1,6 единиц, то есть почва по прошествии 8 ротаций относилась к категории среднекислой, обусловленной повышением кислотности на 22-25%, тогда как внесение одинарной (базовой) дозы минеральных удобрений способствовало подкислению почвы на 26-29% от исходных значений. В свою очередь, внесение мелиорантов (2 т/га известняковой муки) в агротехнологиях базового типа блока 1 опыта способствовало снижению кислотности на 12-14% от аналогичных вариантов базовых агротехнологий данного блока, в которых не вносились мелиоранты. Причем почвы вариантов зернотравянопропашного севооборота с применением известняковой муки относились к слабокислым (рН kCl - 5,4), а зернопаропропашного – близким к нейтральным (рН kCl 5,6-5,7). Применение навоза в дозе 12 т/га также способствовало незначительному раскислению почв (до 3% от аналогичных вариантов интенсивных агротехнологий блока 1 без применения органики). Изменение кислотности почвы в вариантах с применением различных систем основной обработки почвы, а также при сравнении различных севооборотов можно охарактеризовать как несущественное, так как данные различия варьировали в пределах 0,1-0,3 единиц.

Таким образом, повышение количества применяемых минеральных удобрений ведет к подкислению почвы, причем внесение 2 т/га известняковой муки недостаточно для нейтрализации негативных явлений в виде подкисления почвы. Необходимо либо увеличивать данные дозы исходя из внесенных доз минеральных удобрений, либо заменять чистые пары сидеральными, или вносить органические удобрения.

Обобщая полученные результаты исследований последствий применения ресурсосберегающих приемов на содержание органического вещества и кислотность почвы можно сделать выводы о том, что используемые в рамках ресурсосберегающих агротехнологий дозы органических удобрений и мелиорантов не способствовали сохранению и повышению содержания гумуса, а также снижению кислотности почвы соответственно. Поэтому, при применении ресурсосберегающих

агротехнологий необходимо решать данные проблемы комплексно: не с помощью одного агроприема, а через использование научно-обоснованных систем севооборотов, удобрений, обработки почвы и химической мелиорации.

4.2 Влияния ресурсосберегающих агроприемов на содержание макроэлементов в почве

По мнению В.И. Воронина и Д.Н. Блеканова (2002), к числу важных задач, стоящих сегодня перед земледелием, следует отнести регулирование питательного режима почвы. Возможным путем решения данного вопроса является снижение дефицита основных элементов питания [47]. Как известно, улучшению питательного режима почвы способствует внесение удобрений (органических и минеральных), а также ряда других агротехнологических приемов, нацеленных на мобилизацию запасов питательных веществ, снижение засоренности посевов, регулирование водного режима (например, обработка почвы или научно обоснованное чередование культур). Поэтому одним из направлений наших исследований было изучение влияния ресурсосберегающих агроприемов на содержание основных макроэлементов почвы (азот, фосфор и калий), определяющих химический состав и состояние почв.

4.2.1 Содержание щелочно-гидролизуемого и нитратного азота

Оптимизация азотного питания растений и баланса азота в земледелии является одним из главных условий повышения урожайности сельскохозяйственных культур, улучшения качества урожая, плодородия почв и охраны окружающей среды [128].

Для черноземных почв характерны высокие потенциальные возможности обеспечивать растения азотом за счет мобилизации почвенных ресурсов [25]. Однако для этого необходимы определенные условия. К тому

же следует учитывать тот факт, что процесс минерализации сопровождается снижением содержания гумуса и общих запасов азота [207].

Значительное влияние на содержание азота и его формы оказывают сельскохозяйственные культуры. Установлено, что выращивание пропашных культур по сравнению с зерновыми культурами сплошного посева обуславливает более заметное снижение содержания азота в почвах, ослабление процессов образования органических соединений азота, повышение стабильности азотного фонда и снижения нитрификационной способности почв [217].

Также общеизвестно, что длительное применение удобрений существенно влияет как на запасы общего азота почвы, так и на отдельные его формы. Характер и степень данного влияния определяется видом, нормой, продолжительностью и частотой применения удобрений [171].

Наибольшее количество почвенного азота наблюдается в органическом веществе почвы, но такой азот практически недоступен для растений, поэтому показателем обеспеченности возделываемых культур почвенным азотом принято считать содержание в почве минерального азота. В свою очередь, щелочногидролизуемый азот представляет собой совокупность легкодоступных минерального азота и азота органических веществ. На его содержание в почве в большей степени влияет содержания гумуса и количество органики, поступающей в почву с удобрениями и побочной растительной продукцией.

В сельскохозяйственной практике доступными приемами регулирования азотного режима почв является внесение удобрений, подбор предшествующих культур и приемов основной обработки [200]. В результате проведенных нами исследований было установлено существенное влияние данных агроприемов на содержание щелочногидролизуемого азота в пахотных слоях почвы (таблица 25).

Таблица 25 - Содержание щелочно-гидролизуемого азота в слое почвы 0-40 см после уборки пшеницы озимой в агротехнологиях различного уровня интенсивности

Вариант	Слой почвы, см	Содержание N щ.г., мг на кг почвы			
		2008	2012	2016	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	0-20	163,8	160,2	158,9	161,0
	20-40	159,4	158,3	157,4	158,4
	0-40	161,6	159,3	158,2	159,7
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	0-20	165,1	163,4	162,5	163,7
	20-40	161,7	160,2	159,3	160,4
	0-40	163,4	161,8	160,9	162,0
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	170,9	170,5	169,4	170,3
	20-40	162,1	161,2	160,0	161,1
	0-40	166,5	165,9	164,7	165,7
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	173,3	172,7	171,1	172,4
	20-40	167,0	166,5	166,1	166,5
	0-40	170,2	169,6	168,6	169,5
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений - $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} - подкормка посевов при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	173,9	173,5	172,1	173,2
	20-40	166,0	165,9	164,6	165,5
	0-40	170,0	169,7	168,4	169,4
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	0-20	174,9	174,0	172,5	173,8
	20-40	170,3	168,4	166,6	168,4
	0-40	172,6	171,2	169,6	171,1
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	175,4	175,2	172,8	174,5
	20-40	170,4	169,7	167,3	168,8
	0-40	172,9	172,5	170,1	171,8
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	175,9	174,1	173,2	174,4
	20-40	172,4	171,3	169,5	171,1
	0-40	174,2	172,7	171,4	172,8
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	167,8	167,1	165,4	166,8
	20-40	165,9	164,8	163,1	164,6
	0-40	166,9	166,0	164,3	165,7
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная ресурсосберегающая система обработки почвы	0-20	168,4	167,2	166,9	167,5
	20-40	164,1	163,4	162,4	163,3
	0-40	166,3	165,3	164,7	165,4

Продолжение Таблицы 25

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ при возделывании ячменя ярового, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без орган. удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	168,0	166,4	165,3	166,6
	20-40	164,2	163,1	161,9	163,1
	0-40	166,1	164,8	163,6	164,8
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	168,4	167,3	165,7	167,1
	20-40	164,5	163,4	162,2	163,4
	0-40	166,5	165,4	164,0	165,3
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	170,7	170,2	169,8	170,2
	20-40	164,7	163,8	162,2	163,6
	0-40	167,7	167,0	166,0	166,9
<i>Интенсивная технология с двойной дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ при возделывании ячменя, без мелиорантов и орг. удобрений</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	169,0	168,5	167,8	168,4
	20-40	167,6	165,7	163,1	165,5
	0-40	168,3	167,1	165,5	167,0
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	175,7	174,5	173,8	174,7
	20-40	167,4	165,9	165,1	166,1
	0-40	171,6	170,2	169,5	170,4
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	179,6	178,5	177,7	178,6
	20-40	168,2	167,8	166,3	167,4
	0-40	173,9	173,2	172,0	173,0
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	179,8	178,7	178,1	178,9
	20-40	170,4	169,2	168,5	169,4
	0-40	175,1	174,0	173,3	174,1
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	0-20	167,9	166,7	165,7	166,8
	20-40	163,8	162,5	161,3	162,5
	0-40	165,9	164,6	163,5	164,7
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	0-20	173,0	172,3	171,4	172,2
	20-40	164,0	163,2	161,8	162,6
	0-40	168,5	167,5	166,6	167,5
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ при возделывании ячменя ярового, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	173,1	171,4	170,1	171,5
	20-40	165,4	164,9	163,8	164,7
	0-40	169,3	168,2	167,0	168,2
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	178,3	177,6	176,9	177,6
	20-40	168,9	167,1	166,5	167,5
	0-40	173,6	172,4	171,7	172,6
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	184,2	183,6	183,1	183,6
	20-40	172,1	171,5	170,8	171,5
	0-40	178,2	177,6	177,0	177,6

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 0,08, для фактора «севооборот»: 1,1, для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 1,5, для фактора «внесение мелиорантов»: 0,7, для фактора «внесение органических удобрений»: 0,7, для фактора «слой почвы»: в слое 0-20 см – 0,8, 20-40 см – 0,7, 0-40 см – 0,6.

Так, по результатам проведенных исследований было выявлено, что обеспеченность щелочногидролизуемым азотом в верхнем слое (0–40 см) почвы после уборки исследуемой культуры за весь период ведения опыта по всем изучаемым вариантам была очень высокой (более 140 мг / кг почвы) и варьировала в пределах 159,7-177,6 мг/кг почвы. Однако, в результате исследований было также установлено, что применение всех агроприемов приводило к постепенному снижению запасов щелочногидролизуемого азота в почве на 0,04-0,1 мг/кг почвы в год в зависимости от изучаемого варианта. На содержание данной формы азота влиял вид севооборота, системы основной обработки почвы, удобрений и мелиорации. Причем наибольшие темпы сокращения наблюдались в вариантах с отвальной системой обработки почвы и чистыми парами, тогда как применение безотвальных и комбинированных обработок, а также заменой чистых паров в севообороте травами способствовало меньшему снижению щелочногидролизуемого азота, что объясняется высокой степенью минерализации в первом случае. Закономерным было и повышение содержания щелочногидролизуемого азота в пахотном слое почвы с увеличением доз вносимых удобрений. Таким образом, наименьшее содержание данной формы микроэлемента в слое почвы 0-40 см наблюдалось в варианте экстенсивной агротехнологии блока 1 с зернопаропропашным севооборотом и отвальной системой обработки – 159,7 мг/кг почвы. Использование в течение 32 лет комбинированной системы почвообработки вместо отвальной при прочих равных условиях способствовало уменьшению темпов снижения щелочногидролизуемого азота на 0,08 мг/кг почвы в год, а замена чистого пара в севообороте однолетними травами – на 0,2 мг/кг почвы. Причем в варианте совместного применения и трав и комбинированной системы обработки был наиболее целесообразен и обеспечивал снижение темпов на 0,325 мг / кг почвы. Внесение на изучаемых вариантах одинарной дозы удобрений в течении восьми ротаций опыта приводило к уменьшению потерь щелочногидролизуемого азота на 2,8-10,0 мг/кг почвы, двойной – на 4,7-8,6 мг/кг почвы. Наименьшие потери азота наблюдались в вариантах интенсивной агротехнологии блока 1 с внесением двойной дозы

минеральных и одинарной дозы органических удобрений: на 8,8-12,3 мг/кг почвы ниже, чем на контроле. С увеличением глубины почвенного профиля содержание щелочногидролизуемого азота закономерно уменьшалось. Также в результате проведенных исследований наблюдалось снижение содержания щелочногидролизуемого азота в вариантах с внесением мелиорантов (по сравнению с аналогичными вариантами без их внесения). В среднем по опыту, внесение на протяжении 32 лет раз в ротацию 2 т/га известняковой муки вело к дополнительному снижению запасов щелочногидролизуемого азота в слое почвы 0-40 см на 4,1-5,6 мг/кг почвы. Таким образом, можно предположить, что снижение кислотности на средне- и слабокислых почвах при внесении кальций-содержащих мелиорантов способствует дополнительному снижению запасов щелочногидролизуемого азота, что необходимо учитывать при разработке системы удобрений для современных адаптивных агротехнологий.

В итоге, ни один из исследуемых агроприемов не приводил к сохранению исходного содержания щелочногидролизуемого азота в почве. Наименьшие темпы его снижения отмечались в вариантах интенсивных агротехнологий с внесением двойной дозы минеральных и одинарной дозы органических удобрений, в вариантах с зернотравянопропашными севооборотами и с безотвальной или комбинированной системами основной обработки почвы. Следовательно, для сохранения и повышения содержания щелочногидролизуемого азота в почве необходимо вносить высокие дозы, прежде всего органических, а также минеральных удобрений, не использовать в севооборотах чистые пары, использовать комбинированные системы основной обработки почвы, а известкование почвы способствует снижению содержания щелочногидролизуемого азота в почве.

Как известно, содержание минеральных соединений азота, представленных в основном нитратами и аммонием, в пахотном слое составляет 1-5% от общего содержания азота в почве. Кроме того, аммоний, особенно при повышенной кислотности почвы, менее доступен растениям, чем нитраты, поэтому главной формой азотного минерального питания растений следует считать нитратный азот. Количество нитратов в почвах

определяется, в основном, способностью почвы к нитратонакоплению или нитрификационной способностью почв. Нитрификационные процессы усиливаются в пахотном поле, а также в условиях достаточного увлажнения, что служит дополнительным источником азота для возделываемых культур [199]. В силу того, что изучаемые годы были различны по условиям увлажнения, то при анализе содержания нитратного азота в зависимости от применяемых агротехнологий нами брались в рассмотрения усредненные (за три года проводимых исследований) данные. В результате, анализ полученных данных (рис. 12, рис. 13, Приложение Г) позволил выявить следующие зависимости:

- в среднем, за годы исследований, наибольшее содержание нитратного азота в вариантах зернопаропропашных севооборотов с отвальной системой обработки почвы, где, в зависимости от интенсивности агротехнологий, содержание варьировало в пределах 4,3-5,6 мг/кг почвы;
- при замене отвальной системы основной обработки почвы на комбинированную (в блоке 1) или безотвальную (в блоке 2) наблюдалось снижение содержания данной формы азота на 11-28%, а при замене в севообороте чистого пара травами снижение отмечалось на уровне 12-18%;
- самые низкие показатели содержания нитратного азота среди изучаемых вариантов отмечались при использовании зернотравянопропашного севооборота с комбинированной системой обработки почвы: 2,7-3,7 мг на кг почвы, что на 27-37% меньше вариантов зернопаропропашного севооборота с отвальной системой почвообработки;
- применение мелиорантов (2 т/га известняковой муки, раз в ротацию) повышало содержание нитратных форм азота в среднем на 8-9%, а при внесении органических удобрений их содержание повышалось на 7-13%.

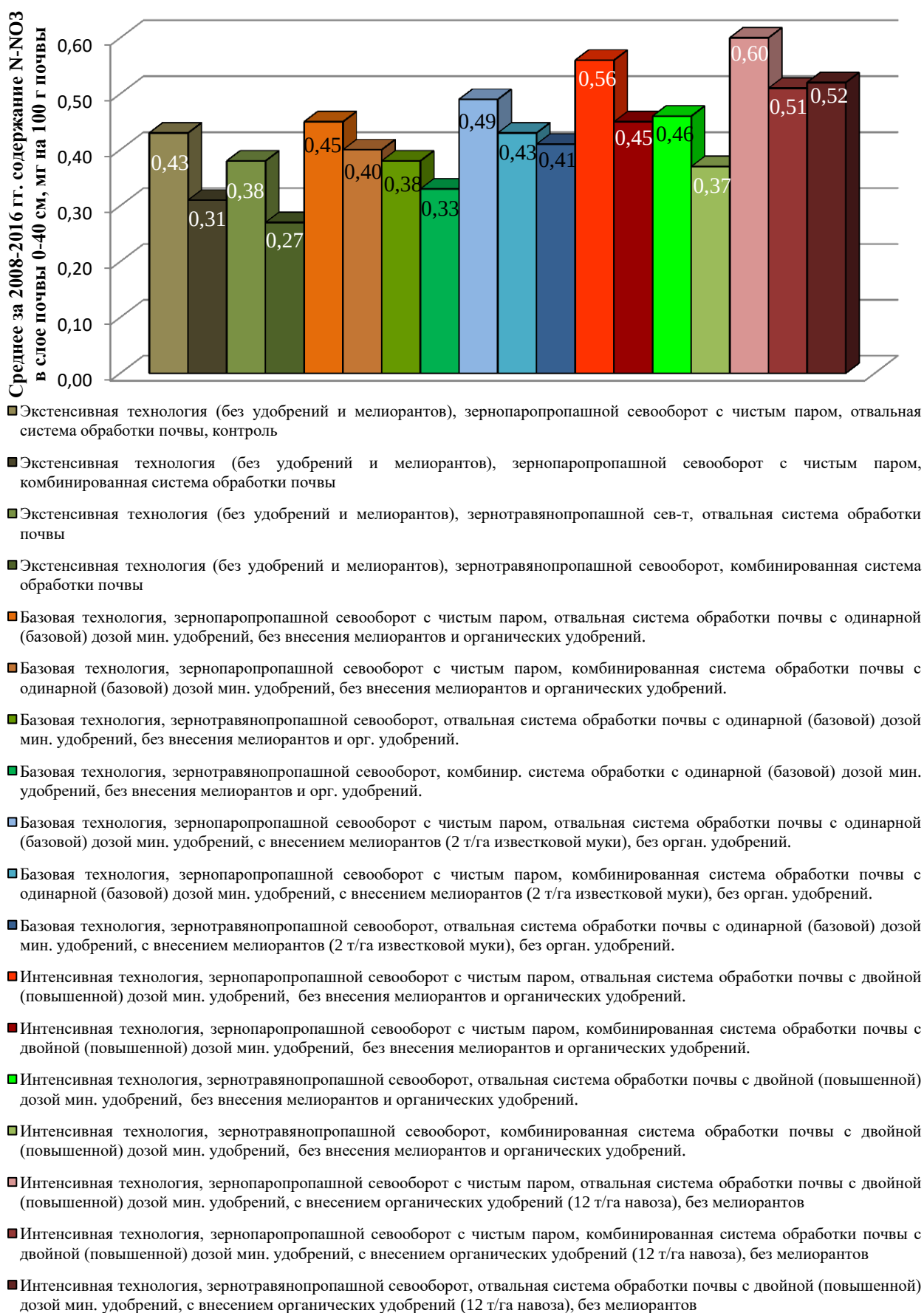


Рисунок 12 - Среднее содержание нитратного азота (за 2008-2016 гг.) в слое почвы 0-40 см после уборки пшеницы озимой в агротехнологиях различного уровня интенсивности блока 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий

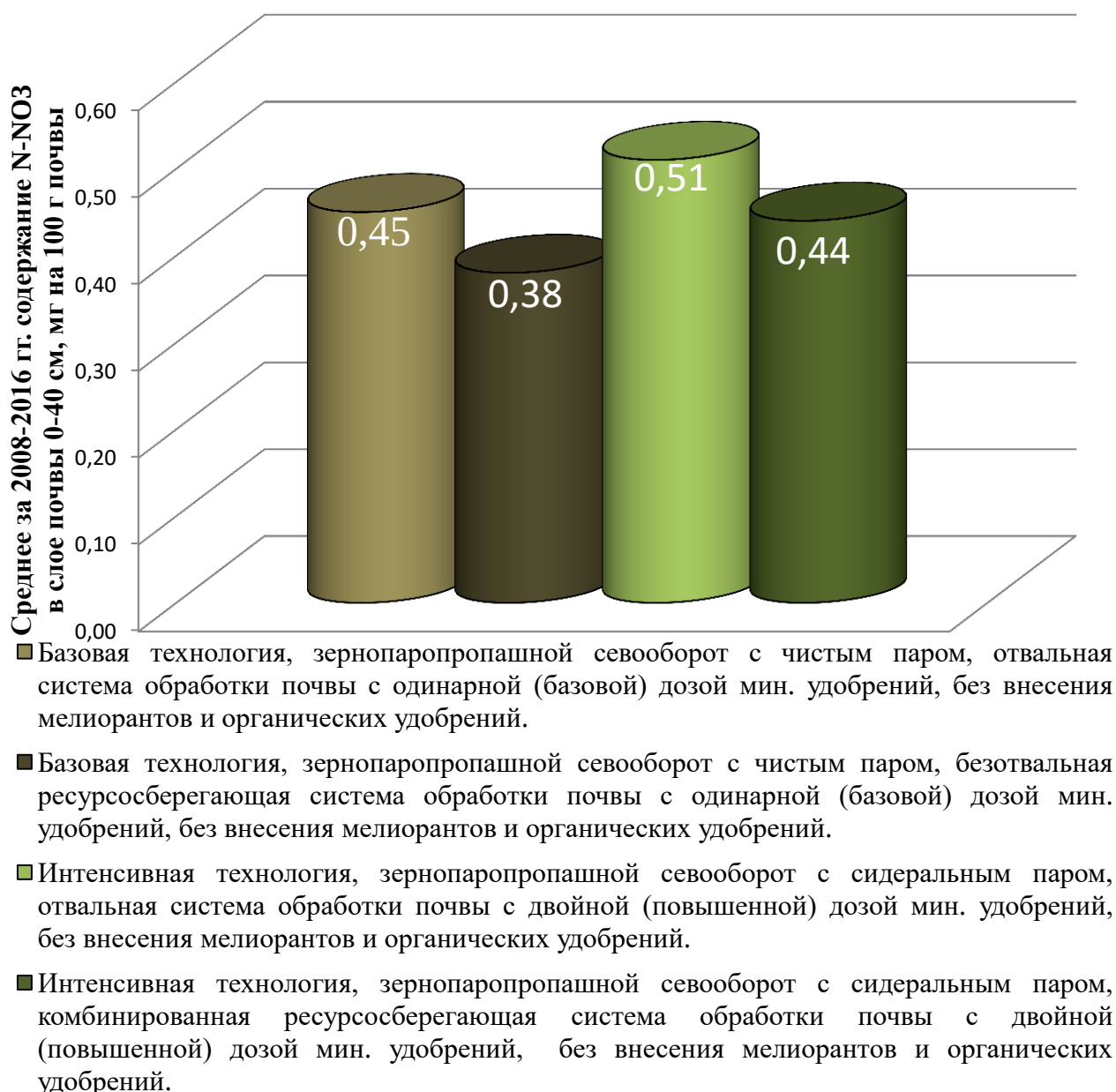


Рисунок 13 - Среднее содержание нитратного азота (за 2008-2016 гг.) в слое почвы 0-40 см после уборки пшеницы озимой в агротехнологиях различного уровня интенсивности блока 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий.

Таким образом, применение различных севооборотов, систем основной обработки почвы, применение различных доз и форм удобрений, а также химическая мелиорация почв оказывает существенное влияние на содержание в верхнем слое почвы щелочногидролизуемых и нитратных форм азота, причем влияние это в большинстве случаев разноплановое. Сравнение данных, полученных в результате изучения динамики содержания щелочногидролизуемой и нитратной форм азота позволяет сделать вывод о

том, что закономерность их накопления в почве находится во взаимной обратной пропорциональной зависимости, то есть, если содержание щелочногидролизуемого азота повышается в ряду отвалная система почвообработки – комбинированная система почвообработки, или зернопаропропашной севооборот – зернотравяной севооборот, то содержание нитратного азота в таком ряду, наоборот, убывает.

4.2.2 Содержание подвижного фосфора и обменного калия

Фосфор является одним из наиболее важных элементов питания растений, а уровень содержания его подвижных форм принято считать одним из основных показателей окультуренности почвы [96].

Влияние фосфора на жизнедеятельность растений весьма многообразно. Хорошее фосфорное питание не только значительно повышает урожай сельскохозяйственных культур, но и заметно улучшает его качество. У хлебов повышается зимостойкость, устойчивость к полеганию, увеличивается доля зерна в общей массе, зерно становится более богатым крахмалом, а иногда и белками [105].

Валовое содержание фосфора в пахотном слое черноземов составляет 0,1-0,25%, при этом лишь 10-20% его количества представлено относительно доступными растениям соединениями [98].

На сегодняшний день в целом по Российской Федерации отмечается снижение уровня плодородия почв, 60% пахотных почв страны остро нуждаются в улучшении фосфатного состояния, а на четверти пашни содержание подвижного фосфора в почве низкое и очень низкое. По величине этого показателя Россия значительно уступает развитым странам мира [187].

Однако в наших исследованиях в большинстве изучаемых вариантов опыта наблюдалась высокая и даже очень высокая степень обеспеченности почв подвижным фосфором, о чем свидетельствуют данные таблицы 26.

Таблица 26 - Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см после уборки пшеницы озимой в агротехнологиях различного уровня интенсивности

Вариант	Слой почвы, см	Содержание P_2O_5 , мг на кг почвы			
		2008	2012	2016	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	0-20	143	131	124	133
	20-40	124	116	109	114
	0-40	134	124	117	125
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	0-20	149	128	128	135
	20-40	122	115	108	115
	0-40	136	122	118	125
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	139	124	121	128
	20-40	120	110	104	111
	0-40	130	117	113	120
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	145	122	117	128
	20-40	114	105	97	105
	0-40	130	114	107	117
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений - $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} - подкормка посевов при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	194	202	217	204
	20-40	159	180	203	181
	0-40	177	191	210	193
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	189	193	205	196
	20-40	149	168	179	165
	0-40	169	181	192	181
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	190	198	216	201
	20-40	152	167	186	168
	0-40	171	183	201	185
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	185	188	198	190
	20-40	147	161	173	160
	0-40	166	175	186	176
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	151	174	191	172
	20-40	127	154	163	148
	0-40	139	164	177	160
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная ресурсосберегающая система обработки почвы	0-20	143	164	180	162
	20-40	116	127	135	126
	0-40	130	146	158	145

Продолжение Таблицы 26

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ при возделывании ячменя ярового, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без орган. удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	234	249	266	250
	20-40	202	214	230	215
	0-40	218	232	248	233
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	200	229	234	221
	20-40	157	172	194	174
	0-40	179	201	214	198
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	223	241	257	240
	20-40	196	213	234	214
	0-40	210	227	246	228
<i>Интенсивная технология с двойной дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ – ячменя, без внесения мелиорантов и орг. удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	262	270	279	270
	20-40	235	244	251	243
	0-40	249	257	265	257
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	233	247	252	244
	20-40	195	211	226	211
	0-40	214	229	239	227
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	228	231	247	235
	20-40	219	223	227	223
	0-40	224	227	237	229
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	217	229	236	227
	20-40	189	205	209	201
	0-40	203	217	223	214
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	0-20	186	201	216	201
	20-40	149	164	189	167
	0-40	168	183	203	185
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	0-20	174	193	210	192
	20-40	126	143	166	145
	0-40	150	168	188	169
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ при возделывании ячменя ярового, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	323	339	348	337
	20-40	297	304	309	303
	0-40	310	322	329	320
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	295	316	323	311
	20-40	239	247	252	246
	0-40	267	282	288	279
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	305	318	327	317
	20-40	292	303	305	300
	0-40	299	311	316	309

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 9,0; для фактора «севооборот»: 9,0; для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 12,0; для фактора «внесение мелиорантов»: 6,0; для фактора «внесение органических удобрений»: 6,0; для фактора «слой почвы»: в слое 0-20 см – 9,0; 20-40 см – 8,0; 0-40 см – 9,0

Следует также отметить, что в вариантах без применения удобрений наблюдалось естественное снижение запасов подвижного фосфора и спустя 32 года степень обеспеченности почвы данным макроэлементом все равно оставалась повышенной (121-128 мг на кг почвы в слое 0-20 см). Исключение составил только вариант зернотравянопропашного севооборота с комбинированной системой обработки почвы, где степень обеспеченности пахотного слоя почвы (0-20 см) подвижным фосфором по прошествии восьми ротаций характеризовалась как средняя (117 мг на кг почвы).

В вариантах базовых и интенсивных агротехнологий наблюдалось накопление подвижного фосфора. За весь период ведения опыта использование традиционных (одинарных) доз минеральных удобрений как в блоке 1, так и в блоке 2 позволило сохранить высокий уровень обеспеченности почв изучаемым макроэлементом и его содержание варьировало в пределах 180-234 мг/ кг почвы в слое 0-20 см). Исключение составили варианты с известкованием в блоке 1, в которых внесение раз в ротацию 2 т/га известняковой муки в сочетании с отвальной системой основной обработки почвы позволило существенно увеличить запасы подвижного фосфора до очень высоких значений (в пахотном слое его содержание варьировало к 2016 году в пределах 257-266 мг/кг почвы).

В вариантах интенсивных агротехнологий только использование зернопаропропашных севооборотов в блоке 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий позволило значительно повысить содержание подвижного фосфора до очень высоких значений (до 252-279 мг / кг почвы в слое почвы 0-20 см), тогда как в остальных вариантах его содержание можно было охарактеризовать как высокое (210-247 мг на кг почвы в слое почвы 0-20 см). Однако, внесение органических удобрений даже в таких случаях значимо повышало содержание подвижного фосфора (в среднем по опыту, на 25-35%) до наиболее высокого уровня обеспеченности.

Таким образом, в результате анализа полученных данных было установлено, что наиболее существенное влияние на улучшение фосфатного

режима черноземных почв оказывали применяемые удобрения (органические – на 25-35% и минеральные в 1,7-2,2 раза), влияние способа основной обработки почвы на этот показатель зависело от используемой агротехнологии: в экстенсивных оно было несущественным на 95%-ном уровне вероятности, а применение базовых и интенсивных агротехнологий приводило к значительному повышению содержания данного микроэлемента по отвальной системе почвообработки, тогда как по безотвальной и комбинированной системам повышение было не столь значительным.

При изучении влияния севооборотов на накопление подвижного фосфора было выявлено, что в вариантах опыта зернопаропропашной севооборот, особенно при использовании агротехнологий экстенсивного типа, имел преимущество над зернотравянопропашным, предположительно в следствие повышенной мобилизации почвенных запасов фосфора в чистых парах, а также меньшего выноса фосфора урожаями культур за ротацию.

Наряду с фосфором, калий также является одним из наиболее важных элементов питания растений. Известно, что большое количество калия в почве находится в труднодоступной форме, при этом его переход из труднодоступных форм в обменные происходит под влиянием биологических и химических процессов, в определенной мере регулируемых агроприемами [195]. В свою очередь, содержание обменного калия считается основным показателем обеспеченности почв калием, а также характеризует степень окультуренности и удобренности почв.

Так как обменный калий характеризуется довольно высокой подвижностью в почвенном профиле, то целесообразнее интерпретировать полученные данные в целом для верхнего слоя почвы (0-40 см), а не послойно через каждые 20 см. С учетом данного факта и на основании графической интерпретации полученных результатов (рис. 14, рис. 15), нами были выявлены следующие зависимости:

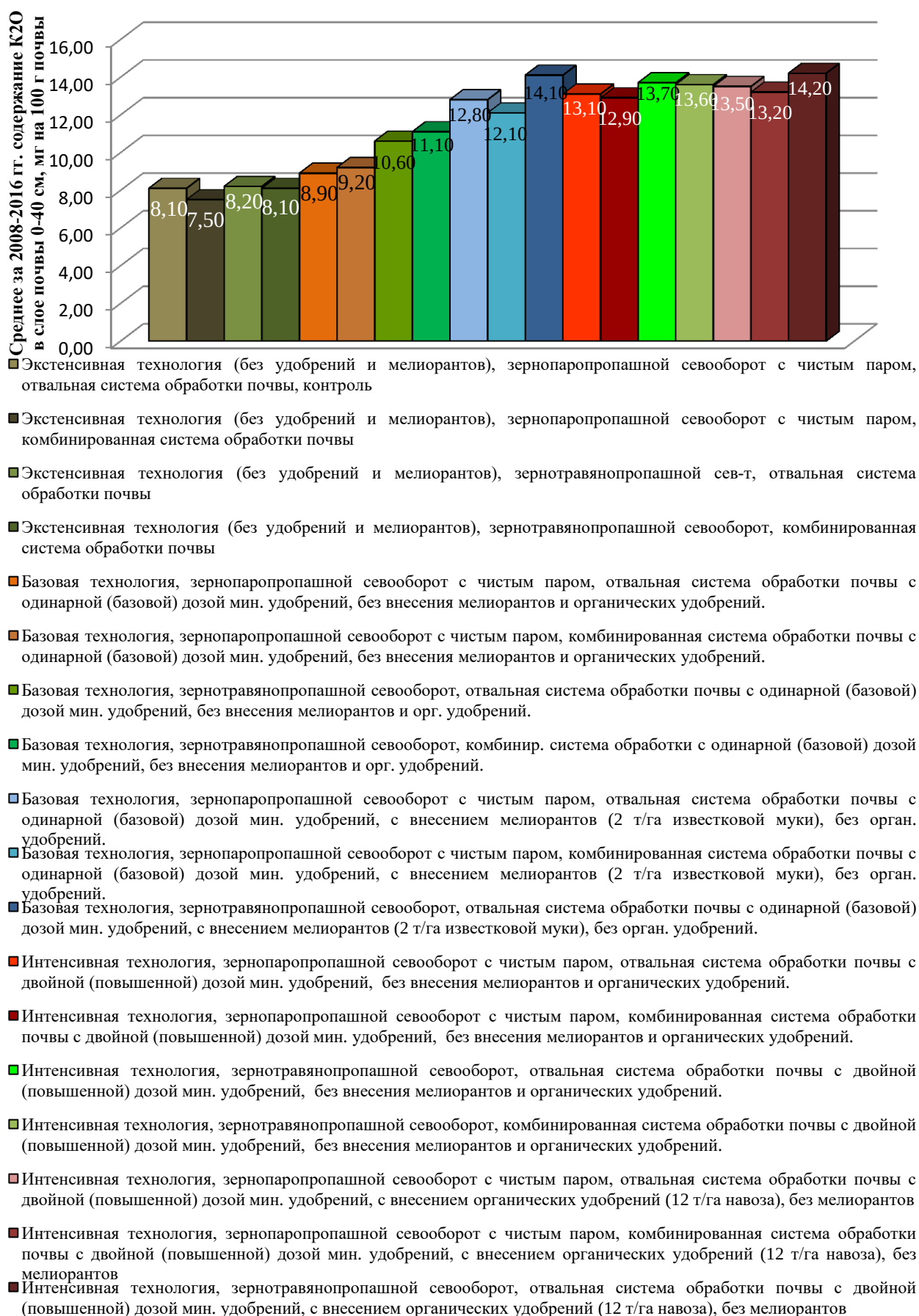
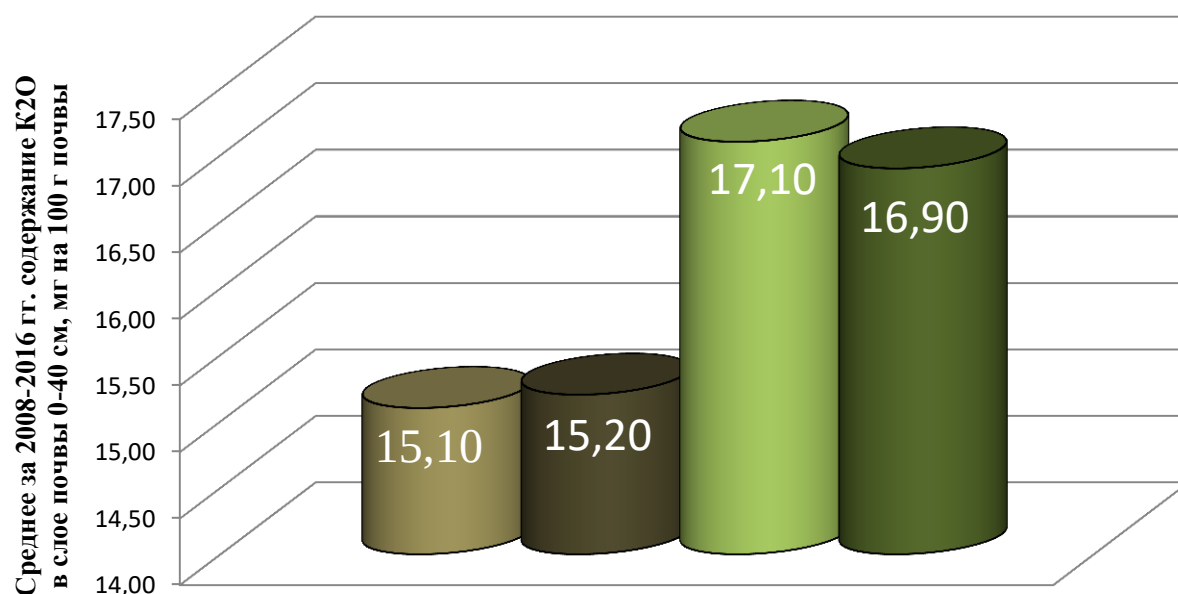


Рисунок 14 - Содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см после уборки пшеницы озимой в агротехнологиях различного уровня интенсивности блока 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий (8-ая ротация севооборота)



- Базовая технология, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений, без внесения мелиорантов и органических удобрений.
- Базовая технология, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная ресурсосберегающая система обработки почвы с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений, без внесения мелиорантов и органических удобрений.
- Интенсивная технология, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений, без внесения мелиорантов и органических удобрений.
- Интенсивная технология, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинированная ресурсосберегающая система обработки почвы с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений, без внесения мелиорантов и органических удобрений.

Рисунок 15 - Содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см после уборки пшеницы озимой в агротехнологиях различного уровня интенсивности блока 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий (3-ья ротация севооборота)

- применение экстенсивных и большинства базовых агротехнологий в блоке 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий вело к сокращению запасов обменного калия в почве. Так, после 32 лет ведения опыта, его содержание во всех вариантах экстенсивных и большинстве вариантов базовых агротехнологий без применения мелиорантов (за исключением варианта зернотравянопропашного севооборота с комбинированной обработкой почвы) сократилось в слое 0-20 см на 9-33 мг на кг почвы (Приложение Г), или на 8-28% от исходного содержания, причем в большей части представленных вариантов обеспеченность данной формой элемента

находилась на среднем уровне за исключением варианта экстенсивной агротехнологии с зернопаропропашным севооборотом и комбинированной системой основной обработки почвы, где уровень обеспеченности характеризовался как низкий;

- применение базовых агротехнологий в блоке 2, базовых агротехнологий с использованием мелиорантов в блоке 1, а также интенсивных агротехнологий вело к существенному повышению содержания обменного калия в верхних слоях почвы и к 2016 году достигло значений в диапазоне 124-182 мг на кг почвы в слое 0-20 см, превышая исходные значения на 6-52% в зависимости от используемых агроприемов, причем уровень обеспеченности обменным калием в таких вариантах характеризовался в большинстве случаев как средний. Исключение составили все варианты блока 2 опыта, а также варианты блока 1 с базовой и интенсивной агротехнологии с зернотравянопропашным севооборотом, отвальной системой почвообработки и применением одинарной (базовой) дозы минеральных и внесением мелиорантов, либо двойной (повышенной) дозы минеральных и одинарной дозы органических удобрений, в которых наблюдалось повышенное содержание обменного калия (148-182 мг на кг почвы в слое 0-20 см);
- влияние способа основной обработки почвы на содержание обменного калия зависело, прежде всего, от изучаемого слоя. Если брать в рассмотрение слой 0-20 см, то в большинстве изучаемых вариантов наблюдалось повышение (иногда незначительное) содержания изучаемого элемента при использовании комбинированных и безотвальных систем основной обработки почвы на 2-15% по отношению к отвальным системам, тогда как для слоя 20-40 см и в целом для верхнего слоя почвы (0-40 см), преимущество было за отвальной

системой (на 1-19%) в силу ежегодного оборота пласта и ускоренной анаэробной минерализации растительных остатков при ее использовании;

- во всех случаях замена в севооборотах блока 1 опыта чистого пара на травы способствовала более эффективному (на 1-24%) накоплению обменного калия, что, в свою очередь, может быть связано с процессами интенсивного накопления калия в своих клетках возделываемыми травами с последующим возвратом в почву с растительными остатками.

Таким образом, в результате проведения исследований, нами было установлено, что наиболее существенное влияние на улучшение калийного режима черноземных почв в слое 0-40 см оказывали применяемые минеральные удобрения (в 1,1-1,7 раза в зависимости от дозы внесения), а также мелиоранты (на 32-44%). Влияние остальных агроприемов в большинстве случаев также прослеживалось, но было не столь значительным. Например, в блоке 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий при использовании зернотравянопропашного севооборота спустя 8 ротаций наблюдалось повышение содержания обменного калия отмечалось на уровне 1-21% от аналогичных вариантов зернопаропропашного севооборота, отвальной системы обработки - на 1-7-% по сравнению с вариантами безотвальной и комбинированной, а применение органических удобрений повышало его содержание на 2-4%.

Последующее обобщение представленных материалов позволило в целом за годы исследований проанализировать эффективность влияния изучаемых агротехнологий на изменение уровня плодородия почв (таблица 27). Нормативные значения и методика оценки плодородия почв изучаемых вариантов в опыте были взяты из «Система оценки ресурсного потенциала агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов» [177], разработанной сотрудниками Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии в 2012 году.

Таблица 27 - Эффективность влияния агротехнологий на изменение уровня плодородия в слое почвы 0-40 см после уборки пшеницы озимой (в среднем, 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-
Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)					
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, зерноотравлянопропашной 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, зерноотравлянопропашной 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		
Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – N ₃₂ P ₃₉ K ₃₉ и N ₂₆ P ₃₈ K ₃₈ при возделывании ячменя, без внесения мелиорантов и органических удобрений.					
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, зерноотравлянопропашной 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, зерноотравлянопропашной 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 1

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
Продолжение таблицы					
Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – N ₃₂ P ₃₉ K ₃₉ (пшеница озимая) и N ₂₆ P ₃₈ K ₃₈ (ячмень яровой), с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без орг. удобрений.					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	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		
Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – N ₆₄ P ₇₈ K ₇₈ (пшеница озимая) и N ₅₂ P ₇₆ K ₇₆ (ячмень яровой), без внесения мелиорантов и органических удобрений.					
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		
Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – N ₆₄ P ₇₈ K ₇₈ (пшеница озимая) и N ₅₂ P ₇₆ K ₇₆ (ячмень яровой), с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов					
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%)

На основании проведенного анализа нами были сформулированы следующие предварительные выводы:

- ежегодное применение агротехнологий экстенсивного типа ведет к снижению уровня плодородия почвы, особенно в отношении подвижных форм фосфора и калия;
- 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 из исследуемых оказался вариант, предусматривающий наличие сидерального пара. Также прослеживалась следующая закономерность: с увеличением дозы вносимых удобрений повышалась и степень эффективности влияния изучаемых агротехнологий на уровень плодородия почв изучаемых вариантов;
- 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 применение мелиорантов. Внесение 2 т/га известняковой муки в вариантах базовой агротехнологии способствовало существенному повышению уровня плодородия почвы до высоких значений, тогда как отсутствие таких приемов в интенсивных агротехнологиях негативным образом влияло при проведении оценки уровня плодородия почвы;
- 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, для вариантов с зернопаропропашным севооборотом в большинстве случаев содержание подвижных форм калия являлось лимитирующим фактором, а для зернотравянопропашных севооборотов – подвижных

форм фосфора. Поэтому, при использовании агротехнологий базового и интенсивного типов необходимо корректировать дозы применяемых удобрений в зависимости от используемого севооборота.

4.3 Влияние ресурсосберегающих агроприемов на структуру урожая озимой пшеницы и ячменя

Повышение урожайности зерновых культур во всех случаях обусловлено повышением ее отдельных структурных элементов через создание наиболее благоприятных антропогенных и природных условий [12].

Структура урожая – это количественное и качественное выражение жизнедеятельности элементов и органов растения, отражающее взаимодействие организма и среды на определенных этапах роста и развития растений и определяющее величину урожая. Структура урожая показывает, из чего складывается его величина, а при синтезе – за счет каких элементов и при какой доле их участия формируется урожай [118]. Известно, что уровень урожайности зерновых на 50% зависит от густоты стояния продуктивных стеблей, на 25% от числа зерен в колосе и на 25% от массы 1000 зерен [69]. Таким образом, густота стояния продуктивных стеблей является наиболее важным индикатором эффективности используемой агротехнологии. В свою очередь, величина данного показателя зависит от возделываемой культуры, сорта, нормы высева семян, кустистости или ветвистости растений, а также агроэкологических условий произрастания (плодородие почвы, свет и тепло, влагообеспеченность и т.д.), протекающих на протяжении всего вегетационного периода. Как показал анализ проведенных нами исследований, рассматриваемые в данной работе факторы, прежде всего, способствовали формированию благоприятных агроэкологических условий в рамках изучаемых агротехнологий. В частности, повышение уровня интенсификации агротехнологий (через интенсификацию применяемой системы удобрений) в полевых опытах способствовало повышению густоты стояния продуктивных стеблей пшеницы озимой и ячменя ярового (табл. 28).

Таблица 28 - Густота стояния и степень образования продуктивных стеблей пшеницы озимой и ячменя в зависимости от используемых севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений (в среднем, за 2008-2018 гг)

Вариант	Фаза развития	Пшеница озимая		Ячмень яровой	
		Средняя густота стояния, шт/м ²	Степень сохранности продуктивных стеблей к уборке, %	Средняя густота стояния, шт/м ²	Степень сохранности продуктивных стеблей к уборке, %
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система почвообработки, контроль	Кущение	533	73,55	380	73,16
	Восковая спелость	392		278	
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	Кущение	483	75,16	370	72,24
	Восковая спелость	363		271	
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Кущение	477	74,63	366	74,86
	Восковая спелость	356		274	
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	Кущение	430	77,67	358	75,14
	Восковая спелость	334		269	
Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – N ₃₂ P ₃₉ K ₃₉ при возделывании пшеницы озимой и N ₂₆ P ₃₈ K ₃₈ - ячменя, без внесения мелиорантов и органических удобрений.					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	575	80,52	397	75,57
	Восковая спелость	463		300	
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	Кущение	567	82,19	385	76,10
	Восковая спелость	466		293	
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Кущение	534	81,46	392	76,27
	Восковая спелость	435		299	
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	Кущение	531	81,92	378	77,51
	Восковая спелость	435		293	
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	544	80,70	399	75,94
	Восковая спелость	439		303	
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. система обработки почвы	Кущение	546	84,62	384	76,04
	Восковая спелость	462		292	

Продолжение Таблицы 28

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – N ₃₂ P ₃₉ K ₃₉ при возделывании пшеницы озимой и N ₂₆ P ₃₈ K ₃₈ - ячменя, с внесением 2 т/га известняковой муки, без орг. удобрений.					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	584	82,53	403	76,18
	Восковая спелость	482		307	
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	Кущение	569	84,36	394	76,40
	Восковая спелость	480		301	
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Кущение	565	83,89	400	75,75
	Восковая спелость	474		303	
Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – N ₆₄ P ₇₈ K ₇₈ при возделывании пшеницы озимой и N ₅₂ P ₇₆ K ₇₆ – ячменя ярового, без внесения мелиорантов и орг.удобрений.					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	582	85,91	412	77,67
	Восковая спелость	500		320	
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	Кущение	563	86,15	403	78,16
	Восковая спелость	485		315	
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Кущение	556	85,61	404	77,72
	Восковая спелость	476		314	
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	Кущение	550	84,91	396	77,78
	Восковая спелость	467		308	
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	646	93,81	419	76,85
	Восковая спелость	606		322	
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	Кущение	635	94,65	408	78,19
	Восковая спелость	601		319	
Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – N ₆₄ P ₇₈ K ₇₈ при возделывании пшеницы озимой и N ₅₂ P ₇₆ K ₇₆ – ячменя ярового, с внесением 12 т/га навоза, без мелиорантов					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	608	85,03	418	77,99
	Восковая спелость	517		326	
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	Кущение	592	84,12	412	77,18
	Восковая спелость	498		318	
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Кущение	589	84,89	414	77,29
	Восковая спелость	500		320	

Основным фактором, влияющим на повышение густоты стояния исследуемых растений и степень сохранности продуктивных стеблей к уборке являлась система применяемых удобрений. Тем самым, результаты проведенных исследований в очередной раз подтвердили мнение Зенона Иосифовича Журбицкого о том, что: «удобрения, внесенные в соотношении, рассчитанном на получение наилучшей структуры урожая, будут направлять соответствующим образом развитие растений и содействовать получению соответствующей структуры урожая даже при неблагоприятных внешних условиях» [64]. Так, внесение одинарной (базовой) дозы минеральных удобрений способствовало повышению густоты стояния возделываемых растений в среднем по опыту на 8-30% применительно к посевам пшеницы озимой и на 4-11% применительно к посевам ячменя ярового, то есть наиболее эффективное применение удобрений отмечалось при возделывании озимой пшеницы. В свою очередь, 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 пшеницы озимой отмечалось в вариантах интенсивной агротехнологии блока 2 опыта, что, скорее всего, могло быть связано с положительной ролью предшественника возделываемой культуры – сидерального пара.

Следует отметить, что в вариантах блока 1 опыта с зернопаропропашным севооборотом наблюдалась большая густота стояния растений по отношению к вариантам с зернотравянопропашным севооборотом, где отмечалось снижение данного показателя в среднем до 4% в посевах ячменя и на 2-11% в посевах пшеницы озимой, что объясняется положительным влиянием чистых паров в зернопаропропашном севообороте.

Также в результате проведенных исследований было установлено, что на степень сохранности продуктивных стеблей к уборке в наибольшей

степени оказывает влияние применяемая система основной обработки почвы: использование безотвальной и комбинированной систем в изучаемых вариантах способствовало повышению степени сохранности продуктивных стеблей до 3,92% в посевах пшеницы озимой и до 1,34% в посевах ячменя ярового, что еще раз подтверждает распространенное мнение о том, что ячмень, по отношению к другим колосовым культурам, менее отзывчив к используемой системе основной почвообработки.

Помимо густоты продуктивного стеблестоя, на структуру урожая зерновых культур оказывает влияние и озерненность колоса, характеризующаяся количеством и массой зерен в нем [196].

Анализ полученных данных (Приложение Е, Ж) позволил установить, что озерненность колоса и масса 1000 зерен в изучаемых вариантах определялась в основном фоном минерального питания (табл. 29), а колебания по годам были, скорее всего, связаны с различными погодными условиями в период наблюдений. Так, например, внесение одинарных (базовых) доз удобрения при возделывании пшеницы озимой способствовало существенному повышению озерненности колоса в среднем на 3-6%, а внесение двойной (повышенной) дозы удваивало такой эффект.

Соответственно, наименьшие значения количества зерен в колосе изучаемых культур наблюдались в технологиях экстенсивного типа, однако в случае озимой пшеницы замена чистого пара на травы приводила к повышению среднего количества зерен к колосе, а в случае ярового ячменя - к незначительному снижению. Также в результате проведенных исследований было установлено, что применение комбинированных систем обработки почвы и замена чистого пара на травы во всех случаях приводила к снижению массы 1000 зерен изучаемых культур по отношению к вариантам зернопаропропашного севооборота с отвальной системой обработки почвы.

Таблица 29 – Показатели структуры урожая пшеницы озимой и ячменя ярового в зависимости от используемых севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений (в среднем, за 2008-2018 гг)

Вариант	Пшеница озимая		Ячмень яровой	
	среднее количество зерен в колосе, шт.	масса 1000 зёрен, г	среднее количество зерен в колосе, шт.	масса 1000 зёрен, г
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система почвообработки, контроль	35	37,92	22	44,50
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	35	37,44	20	43,82
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	36	37,66	20	44,09
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	37	36,44	19	43,13
<i>Базовая технология с одинарной дозой мин. удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ - ячменя, без внесения мелиорантов и органических удобрений</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	37	38,18	23	45,45
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	37	37,54	22	45,04
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	38	37,90	23	45,00
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	38	37,21	21	44,67
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	38	40,79	25	44,75
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвал. система обработки	37	39,86	23	44,31

Продолжение Таблицы 29

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ – ячменя ярового, с внесением 2 т/га известняковой муки, без органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	38	38,64	24	45,67
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	38	37,87	22	45,27
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	38	38,20	23	45,50
<i>Интенсивная технология с двойной дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ – ячменя ярового, без внесения мелиорантов и орг.удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	38	39,41	26	45,98
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	39	38,46	24	45,39
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	41	38,69	25	45,65
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	41	38,16	24	45,00
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки	39	43,17	25	46,18
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	38	41,96	23	45,45
<i>Интенсивная технология с двойной дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ – ячменя, с внесением 12 т/га навоза, без мелиорантов</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	42	40,04	27	46,71
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	41	39,39	26	45,87
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	42	39,69	25	46,44

Наибольшие же значения озерненности колоса и массы 1000 зерен, как и следовало ожидать, наблюдались в вариантах с применением агротехнологий интенсивного типа. Причем, в результате проведенных исследований было выявлено, что внесение органических удобрений в зернопаропропашных и зернотравянопропашных севооборотах способствует повышению озерненности и массы 1000 зерен пшеницы озимой и ячменя ярового до 11%.

Таким образом, по результатам проведенных исследований, было установлено, что основным фактором, влияющим на повышение всех структурных элементов урожайности, является система применяемых удобрений (как минеральных, так и органических), которая способствует увеличению густоты стояния растений возделываемых культур, их степени сохранности к уборке, озерненности их колосьев, а также массе 1000 зерен. Другие изучаемые факторы оказывали неоднозначное влияние на показатели структуры урожая: зернопаропропашные севообороты способствовали повышению густоты стояния растений и массе 1000 зерен, а при использовании зернотравянопропашных севооборотов наблюдалось повышение среднего количества зерен в колосе; использование безотвальной и комбинированной систем в изучаемых вариантах способствовало повышению степени сохранности продуктивных стеблей, а постоянное проведение отвальных обработок вело к повышению густоты стояния растений, массе 1000 зерен. Применение мелиорантов также положительно сказывалось на показателях структуры урожая: в проведенных исследованиях наблюдалось повышение густоты стояния растений, их сохранности к уборке, а также массы 1000 зерен.

4.4 Влияние применения ресурсосберегающих приемов на урожайность и показатели качества зерна

Урожайность и качество возделываемых культур являются результирующими показателями эффективности применяемой агротехнологии. Если же вести речь о ресурсосбережении в агротехнологиях, то наиболее эффективной и ресурсосберегающей будет являться технология, позволяющая получить высокий уровень урожайности и качественного зерна

при минимально используемых затратах. Наряду с биологической особенностью используемых сортов, урожайность сельскохозяйственных культур зависит и изменяется от ряда других факторов (почвенно-климатических условий, светового режима, питательного и водного режима, применяемой агротехники) [202], чем и обусловлено варьирование урожайности по годам в период проведения исследований.

В результате анализа полученных данных было установлено, что наиболее значительные прибавки урожайности были получены от внесения одинарных (базовых) и двойных (повышенных) доз минеральных удобрений (рис. 16): на пшенице озимой они повышали урожайность до 21% при одинарных (базовых) дозах и до 45% при двойных (по сравнению с вариантами без удобрений), на ячмене яровом прибавки были существеннее: до 36% и 58% соответственно, что, в свою очередь, приводило к хорошим значениям окупаемости вносимых удобрений (Приложение И): для пшеницы озимой на 1 кг д.в. внесенных удобрений в агротехнологиях базового типа прибавка урожая составляла 1,2...5,0 кг, интенсивного – 1,7...5,7 кг, при возделывании ячменя величины этих показателей находились на уровне – 1,4...6,9 кг и 2,6...10,4 кг соответственно (малые величины окупаемости связаны с низкой урожайностью ячменя ярового в 2010 г. из-за засушливых погодных условий). В среднем, по итогам проведенных исследований, лучшая окупаемость 1 кг д. в. удобрения прибавкой урожая отмечена в вариантах возделывания ячменя ярового с мелкими безотвальными (4,5-10,4 кг), либо поверхностными (3,8-9,7 кг), а пшеницы озимой – в вариантах с отвальными (2,9-5,7) способами основной обработки почвы на фоне повышенных доз внесения минеральных удобрений.

Для ячменя ярового при анализе влияния факторов «севооборот» и «система обработки почвы» установлено, что полученные различия в урожайности были незначимыми и, соответственно:

- 1) так как изучаемые севообороты различались лишь предшественниками первой культуры – озимой пшеницы, то в звене блока 1 опыта «пшеница озимая – кукуруза на силос – ячмень яровой» эффекта от применения чистого пара или трав не прослеживалось;

Рисунок 16 - Урожайность пшеницы озимой (слева) и ячменя ярового (справа) при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений (по данным за 2008-2016 гг.)

2) несмотря на разнонаправленное влияние используемых обработок почвы на показатели структуры урожая ячменя ярового, урожайность при проведении отвальной, мелкой безотвальной и даже нулевой обработок в целом была практически равнозначна, однако в числовом выражении данный показатель по отвальным системам обработки превышал остальные системы до 11%.

Между тем, существенные различия по урожайности пшеницы озимой в зависимости от применяемой системы основной обработки почвы были выявлены в 13 случаях из 21 (в 62% случаев) при использовании зернопаропропашных севооборотов и в 4 из 9 (в 44% случаев) при использовании зернотравянопропашных (Приложение И), что свидетельствует о том, что, урожайность пшеницы озимой больше зависит от применяемых почвообработок в зернопаропропашных севооборотах, чем в зернотравянопропашных. В свою очередь, существенные различия по урожайности пшеницы озимой в зависимости от используемого севооборота были выявлены в 5 случаях из 15 (в 33% случаев) при использовании отвальной системы почвообработки и в 4 случаях из 9 (в 44% случаев) при использовании комбинированной системы (Приложение И).

Поэтому, с учетом того, что абсолютные значения урожайности были выше в среднем на 4-9% по вариантам с зернопаропропашным севооборотом, то целесообразнее в таких севооборотах использовать систему комбинированной почвообработки при планируемом внесении минеральных удобрений и отвальную систему при ведении экстенсивного землепользования, тогда как в зернотравянопропашных севооборотах использование систем комбинированной почвообработки предпочтительно в любых из перечисленных случаев и не ведет к существенному снижению урожайности.

В результате проведенных исследований также было установлено, что внесение органических удобрений (навоза) в дозе 12 т/га раз в ротацию способствует существенному повышению урожайности пшеницы озимой и

ячменя ярового 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 было неоднозначным и 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 эффект от их внесения наблюдался в вариантах с отвальной системой почвообработки. Небольшое количество существенных различий при применении мелиорантов скорее всего связано со снижением влияния известняковой муки спустя 3 года после ее внесения в рамках используемых севооборотов.

Проведенный нами корреляционный анализ полученных экспериментальных данных свидетельствует о связи урожайности пшеницы озимой с показателями плодородия почвы, изменяющимися при использовании различных агротехнологий (табл. 30).

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 (А.Г. Кремлев, 2001), заметная зависимость), в третью – содержания подвижных форм фосфора и гумуса (умеренная зависимость). Изменения в содержании нитратного азота не являлось значительным фактором, ограничивающим урожайность в агротехнологиях различного уровня интенсивности (единственная среди всех признаков слабая корреляционная зависимость: коэффициент корреляции: 0,02).

Таблица 30 – Зависимость между урожайностью пшеницы озимой и показателями плодородия чернозема типичного.

Признаки	Пределы варьирования признаков	Коэффициент регрессии, b_y	Коэффициент корреляции, r	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
Кислотность почвы	4,6-5,8	$b_{yx2} = 0,606$	0,52	0,26
Содержание N-NO ₃ , мг/кг почвы	2,7-6,0	$b_{yx3} = 0,038$	0,20	0,00
Содержание N щ.г., 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

Наряду с мероприятиями по валовому увеличению производства зерна, в ресурсосберегающих агротехнологиях следует особое место уделять и улучшению его качественных показателей, которые представляют собой совокупность биологических, физико-химических, технологических и потребительских свойств и признаков, определяющих пригодность зерна к использованию по конкретному назначению [61].

В понятие «качество зерна» может входить более 20 показателей в зависимости от назначения зерна и, собственно, самой зерновой культуры. Применительно к озимой пшенице, основными качественными

хлебопекарными показателями, согласно ГОСТ 9353-2016 являются: содержание клейковины и ее качество, а также натура зерна, тогда как для зерна ячменя, согласно ГОСТ 28672-90, являются только содержание белка и натура зерна.

Как известно, на качество зерна оказывают влияние различные факторы: климатические, почвенные, биологические и агротехнические. Изучение их влияния применительно к основным вышеперечисленным показателям качества зерна озимой пшеницы и ячменя позволило получить данные (табл.31, табл. 32), на основании анализа которых нами были сделаны следующие выводы:

- в общем плане применение изучаемых агроприемов не приводило к повышению класса качества зерна. Исключением следует считать только варианты интенсивных агротехнологий возделывания ячменя ярового с зернопаропропашным севооборотом в блоке 1, в которых применение двойных (повышенных) доз удобрений, предусматривающих азотные подкормки, в среднем по годам проводимых исследований (2010-2018) способствовало повышению натуры (до 630 г/л и выше) и, следовательно, класса качества зерна. При анализе зерна пшеницы озимой было установлено, что в среднем по годам проводимых исследований (2008-2016), из-за довольно высоких значений ИДК (80-85), в большинстве случаев являющихся лимитирующими, согласно ГОСТ 9353-2016, возделываемое зерно относилось к 3 классу качества. Исключения составил варианты экстенсивной агротехнологии с зернотравянопропашным севооборотом, в которых отмечались невысокие показатели натуры (в среднем, менее 720 г/л) и содержания клейковины (менее 24%) в зерне.

Таблица 31 – Значения основных качественных показателей зерна пшеницы озимой при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений (в среднем, за 2008-2016 гг).

Вариант	Показатели качества зерна пшеницы озимой			
	Содержание клейковины, %	Качество клейковины (по ИДК)	Натура, г/л	Ориентировочный класс качества зерна, согласно <i>ГОСТ 9353-2016</i>
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система почвообработки, контроль	26,3	81	734	3-ий
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	25,3	81	729	3-ый
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	23,8	82	716	4-ый
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	22,9	81	711	4-ый
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$ при возделывании пшеницы озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	26,8	84	751	3-ий
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	26,3	83	746	3-ий
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	24,6	82	729	3-ий
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	23,4	82	725	3-ий
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	29,4	85	765	3-ий
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. система обработки	28,9	84	760	3-ий

Продолжение Таблицы 31

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$ при возделывании пшеницы озимой, с внесением 2 т/га известняковой муки, без орг. удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	27,4	84	751	3-ий
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	25,5	83	748	3-ий
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	24,6	83	737	3-ий
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой, без внесения мелиорантов и орг. удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	28,0	84	761	3-ий
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	27,8	84	754	3-ий
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	27,3	84	750	3-ий
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	26,5	83	745	3-ий
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки	31,6	84	777	3-ий
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	30,9	84	770	3-ий
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой, с внесением 12 т/га навоза, без мелиорантов</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	28,5	85	775	3-ий
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	27,8	85	770	3-ий
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	27,5	83	764	3-ий

Таблица 32 – Значения основных качественных показателей зерна ячменя ярового при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений (в среднем, за 2010-2018 гг).

Вариант	Показатели качества зерна ячменя ярового		
	Содержание белка, %	Натура, г/л	Ориентировочный класс качества зерна, согласно ГОСТ 28672-90
-1-	-2-	-3-	-4-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>			
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система почвообработки, контроль	13,5	609	Второй (на кормовые цели)
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	13,4	603	Второй (на кормовые цели)
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	13,6	602	Второй (на кормовые цели)
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	13,4	601	Второй (на кормовые цели)
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и орг. удобрений.</i>			
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	13,8	624	Второй (на кормовые цели)
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	13,7	621	Второй (на кормовые цели)
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	14,0	611	Второй (на кормовые цели)
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	14,0	610	Второй (на кормовые цели)
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	13,4	648	Первый (на продовольственные цели)
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. система обработки	13,2	653	Первый (на продовольственные цели)

Продолжение Таблицы 32

-1-	-2-	-3-	-4-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ при возделывании ячменя ярового, с учетом внесения 2 т/га известняковой муки под чистый пар, без внесения орг. удобрений.</i>			
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	14,0	630	Первый (на продовольственные цели)
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	14,0	627	Второй (на кормовые цели)
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	14,0	620	Второй (на кормовые цели)
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и орг. удобрений.</i>			
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	14,3	634	Первый (на продовольственные цели)
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	14,2	639	Первый (на продовольственные цели)
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	14,6	630	Первый (на продовольственные цели)
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	14,6	627	Второй (на кормовые цели)
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки	14,8	654	Первый (на продовольственные цели)
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	14,8	663	Первый (на продовольственные цели)
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ при возделывании ячменя ярового, с учетом внесения 12 т/га навоза под чистый пар, без внесения мелиорантов</i>			
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	15,4	645	Первый (на продовольственные цели)
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	15,2	647	Первый (на продовольственные цели)
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	15,6	633	Первый (на продовольственные цели)

- севообороты, системы основной обработки почвы и удобрений существенно влияли на рассматриваемые показатели качества зерна возделываемых культур, а характер их влияния был разноплановым, т.е. одни факторы оказывали положительное воздействие, другие – отрицательное. Так, например, внесение одинарных (базовых) доз удобрения при возделывании пшеницы озимой способствовало существенному повышению содержания клейковины в зерне только в варианте применения зернопаропропашного севооборота и комбинированной системы основной обработки почвы, качества клейковины (по ИДК) – только в варианте зернопаропропашного севооборота и отвальной системы почвообработки, тогда как внесение двойной (повышенной) дозы минеральных удобрений, предусматривающее азотные подкормки, существенно повышало содержание клейковины и ее качество в большинстве изучаемых вариантов (приложение К). Также в ходе проведенных исследований было установлено, что при внесении одинарной (базовой) и двойной (повышенной) доз минеральных удобрений существенно повышается натура зерна пшеницы озимой в среднем на 2-5%. В свою очередь, наименьшие значения белка и его качества, а также натуры зерна изучаемых культур наблюдались в вариантах экстенсивных агротехнологий, особенно при использовании комбинированных систем основной обработки почвы. Наибольшие же значения исследуемых параметров наблюдались в вариантах с применением агротехнологий интенсивного типа преимущественно в вариантах с использованием отвальной системы почвообработки, особенно если вариант предусматривал внесение органических удобрений.
- применение мелиорантов (2 т/га известняковой муки раз в севооборот) и органических удобрений (12 т/га навоза) в большинстве случаев не способствует существенному повышению качественных показателей зерна пшеницы озимой, но способствует повышению качественных показателей ячменя ярового (содержанию белка и натуры зерна). Так,

применительно к содержанию клейковины и ее качества в зерне пшеницы озимой всего в 3-4 случаях из 9 при использовании мелиорантов и в 2 случаях из 9 при внесении органических удобрений было выявлено существенное повышение исходных значений. Что же касается натуры выращенного зерна, то в вариантах с использованием мелиорантов наблюдалось повышение значений по данному показателю во все годы исследований, а при внесении органических удобрений - в 10 из 18 случаев (в 6 из 9 для пшеницы озимой и в 4 из 9 для ячменя ярового), что свидетельствует о положительном влиянии таких мероприятий на данный показатель качества зерна (прежде всего, для пшеницы озимой).

Как известно, ИДК в большей степени зависит от сорта возделываемой культуры и от погодных условий ее выращивания, чем от используемой агротехники (М.А. Розова, В.Н. Мухин, 2015), поэтому в нашем случае указанные в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации [41] хлебопекарные качества сорта «Синтетик» на уровне филлера подтвердились. Поэтому при ресурсосбережении необходимо более тщательно подбирать сорт возделываемой культуры, анализировать заявленные характеристики и выбирать из всего перечня допущенных к использованию именно высокоурожайные сорта, обладающие высокой устойчивостью к природным и антропогенным факторам и позволяющим получать продукцию высокого качества независимо от кратности применения ресурсосберегающих агроприемов.

В свою очередь, проведение регрессионного анализа 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 качественных показателей зерна

пшеницы озимой ($Y_{\text{по}}$) и ячменя ярового ($Y_{\text{яя}}$) от изучаемых факторов (X) и показать величину достоверной аппроксимации (R^2):

Таблица 33 – Уравнения множественной регрессии зависимости урожайности и показателей качества зерна озимой пшеницы от типа севооборота, обработок почвы и доз минеральных удобрений

Показатели	Уравнения регрессии	R	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 34 – Уравнения множественной регрессии зависимости урожайности и показателей качества зерна ярового ячменя от типа севооборота, обработок почвы и доз минеральных удобрений

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

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 – 102, 2 – 204).

Таким образом, по результатам проведенных исследований было установлено, что применение изучаемых агроприемов в большинстве случаев не приводило к повышению класса качества зерна, но повышало отдельные показатели качества, как и значения урожайности возделываемых культур. Так, нами было установлено, что главным фактором, влияющим на повышение урожайности и всех основных качественных показателей зерна является применяемая система удобрений (доля вклада по результатам регрессионного анализа составляла до 70%), интенсификация которой способствовала существенному повышению не только урожайности на 8-12%, но и содержания белка на 3-11%, клейковины на 4-10%, а также натуры зерна на 1-3%. В свою очередь, вклад систем основной обработки почвы (в особенности применительно к яровому ячменю) составлял не более 29%.

Колебания показателей урожайности пшеницы озимой были обусловлены в первую очередь изменениями содержания подвижных форм калия, щелочногидролизуемого азота, а также кислотностью почвы. В отличие от системы удобрений, остальные изучаемые факторы оказывали неоднозначное влияние на показатели урожайности и качества зерна: на фоне применения зернопаропропашных севооборотов, как и на фоне использования отвальной, либо комбинированной систем основной обработки почвы, внесения мелиорантов наблюдалось существенное повышение основных качественных показателей выращенного зерна. Кроме того, в результате проведенных исследований было установлено, что применение органических удобрений в большинстве случаев не способствует повышению показателей качества зерна пшеницы озимой, но способствует повышению показателей качества зерна ячменя ярового, тогда как применение мелиорантов, наоборот: в большинстве изучаемых вариантов существенно повышает урожайность пшеницы озимой, но не способствует существенному повышению урожайности ячменя ярового.

ГЛАВА 5 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В АГРОТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КОЛОСОВЫХ КУЛЬТУР

Проблему ресурсосбережения следует рассматривать с позиций агроэкологических проблем земледелия, систем производства растениеводческой продукции, машинных технологий и машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства, учитывая, что они являются ключевыми ресурсами при производстве сельскохозяйственной продукции [110].

Ресурсосберегающим и эффективным может быть лишь такое агропроизводство, в котором обеспечивается сокращение удельных затрат материальных, трудовых и финансовых ресурсов, экономное и рациональное их использование. Оценка эффективности осуществляется с целью организации контроля над рациональным расходом материальных, трудовых и финансовых ресурсов [83].

Одним из условий эффективной стратегии ведения земледелия является применение экономического, либо энергетического подходов по всем звеньям технологий возделывания сельскохозяйственных культур [36]. Именно поэтому в настоящее время наиболее распространенными оценками эффективности агротехнологии являются экономическая и энергетическая оценки.

5.1 Экономическая и энергетическая оценка ресурсосбережения

Как известно, более достоверными и общепринятыми методами оценки степени ресурсосбережения в используемых агротехнологиях являются оценка экономической и энергетической их эффективности. Однако к единому мнению по вопросам оценки экономической эффективности ученые пока не пришли, указывая на то, что стоимостная оценка не учитывает всех

затрат, а энергетический анализ достаточно трудоемок и вносит дополнительные погрешности в расчеты наличием переводных коэффициентов (энергетические эквиваленты) [143]. Поэтому, для наиболее объективной оценки ресурсосбережения в изучаемых вариантах агротехнологий, мы производили расчет и экономической и энергетической эффективности каждого варианта.

5.1.1 Экономическая эффективность технологий возделывания озимой пшеницы и ярового ячменя

Экономическая эффективность производства растениеводческой продукции в первую очередь связана с внедрением энергосберегающих технологий, так как в условиях рыночной экономики сельхозтоваропроизводители должны стремиться к производству конкурентноспособной продукции т.е. качественной продукции с минимальными издержками на единицу товара [28].

По существующей методике экономической оценки технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур определяют общую (абсолютную) и сравнительную эффективность технологий и техники. Общая (абсолютная) эффективность показывает целесообразность применения новых технологий и используется при отсутствии технологий, принимаемых за базу сравнения. Сравнительная эффективность показывает величину прибыли (убытка) по отношению к сравниваемому варианту [139].

Основным показателем общей (абсолютной) экономической эффективности технологии является прибыль:

- абсолютная величина балансовой или чистой прибыли;
- относительная величина — рентабельность, т.е. отношение полученной абсолютной величины прибыли к произведенным затратам (себестоимости) [143].

Для оценки экономической эффективности производства продукции растениеводства используют систему натуральных и стоимостных показателей, отражающих соотношение между достигнутым результатом и затратами производственных, материальных и трудовых ресурсов [131].

Натуральные показатели являются базой для расчета стоимостных показателей. Например, одним из основных натуральных показателей экономической эффективности агротехнологий является урожайность сельскохозяйственной культуры (в перерасчете на 1 га посевной площади), которая используется при расчете основных стоимостных показателей: себестоимости производства растениеводческой продукции (в перерасчете на 1 т полученной продукции), условного чистого дохода (в перерасчете на 1 га посевной площади) и, конечно же, уровня рентабельности производства, являющегося обобщающим показателем экономической эффективности сельскохозяйственного производства.

Таким образом, исходя из значений урожайности и качества зерна, полученных в результате проведенных исследований и описанных в разделе 4 данной диссертационной работы, а также на основе расчета технологических схем и потребности в ресурсах для обеспечения технологий каждого изучаемого варианта (Приложение Л) была рассчитана их экономическая эффективность с помощью специального приложения в разработанной нами ранее программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья [160] (Приложение Н).

Как показали проведенные расчеты, различные варианты технологий оказались неоднородными по экономическим показателям. Анализ полученных данных (таблицы 35,36) показывает, что с увеличением степени интенсификации технологии происходит увеличение затрат, в большинстве случаев влекущее к увеличению себестоимости продукции.

Таблица 35 – Оценка экономической эффективности изучаемых агротехнологий возделывания пшеницы озимой с учетом средней урожайности за 2008-2016 гг.*

Вариант	Средняя урожайность т/га*	Основные расходные статьи (согласно Приложению Л), руб / га	Средняя себестоимость продукции (согласно Приложению Л), руб / т	Чистый доход, руб / га	Средняя рентабельность производства, %
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система почвообработки, контроль	3,18	23991,05	7544,4	14169	59,1
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	2,93	21042,65	7181,8	14117	67,1
Блок 1, зерноотравапропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	2,90	23407,79	8420,1	5782	24,7
Блок 1, зерноотравапропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	2,78	20459,39	7359,5	8731	42,7
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – N₃₂P₃₉K₃₉ при возделывании пшеницы озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	3,40	30914,64	9092,5	9885	32,0
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	3,30	27966,23	8474,6	11634	41,6
Блок 1, зерноотравапропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	3,17	29496,59	9304,9	8543	29,0
Блок 1, зерноотравапропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	3,06	26548,19	8428,0	11252	42,4
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	4,47	30914,64	6916,0	22725	73,5
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. система обработки почвы	4,32	27966,23	6473,7	23874	85,4

Продолжение Таблицы 35

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Базовая технология одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – N₃₂P₃₉K₃₉ при возделывании пшеницы озимой, с внесением 2 т/га известняковой муки, без орг. удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	3,62	35853,74	9904,3	7586	21,2
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	3,47	32905,33	9482,8	8735	26,5
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	3,49	34435,69	9867,0	7444	21,6
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – N₆₄P₇₈K₇₈ при возделывании пшеницы озимой, без внесения мелиорантов и орг. удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	3,85	35933,19	9333,3	10267	28,6
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	3,60	32984,78	9162,4	10215	31,0
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	3,61	34516,94	3561,5	8803	25,5
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	3,53	31568,54	3176,9	9711	30,8
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	5,23	40423,85	7729,2	22336	55,3
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	5,00	37407,80	7481,6	22592	60,4
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – N₆₄P₇₈K₇₈ при возделывании пшеницы озимой, с внесением 12 т/га навоза, без мелиорантов</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	4,40	47567,00	10810,7	5233	11,0
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	3,99	44618,59	11182,6	3261	7,3
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	4,16	46150,75	11093,9	3769	8,2

При расчете бралась средние значения (по годам) урожайности и класса качества зерна исследуемых вариантов за весь период исследований (2008-20016 гг), а расходы считались исходя из уровня цен, сложившихся применительно к условиям ЦЧР на конец 2018 года (Приложение М).

Таблица 36 – Оценка экономической эффективности изучаемых агротехнологий возделывания ячменя ярового с учетом средней урожайности за 2010-2018 гг *

Вариант	Средняя урожайность т/га *	Основные расходные статьи (согласно Приложению Л), руб / га	Средняя себестоимость продукции (согласно Приложению Л), руб / т	Чистый доход, руб / т	Средняя рентабельность производства, %
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система почвообработки, контроль	2,24	21230,84	9478,1	1169	5,5
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	2,12	18282,43	8623,8	2918	16,0
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	2,14	21230,84	9921,0	169	0,8
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	2,05	18282,43	8918,3	2218	12,1
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	2,91	27092,17	9310,0	2008	7,4
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	2,82	24143,77	8561,6	4056	16,8
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	2,83	27092,17	9573,2	1208	4,5
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	2,74	24143,77	8811,6	3256	13,5
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	3,16	27092,17	8573,5	4508	16,6
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. система обработки почвы	3,03	24143,77	7968,2	6156	25,5

Продолжение Таблицы 36

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ при возделывании ячменя, с учетом внесения мелиорантов под чистый пар, без внесения органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	3,04	27092,17	8911,9	3308	12,2
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	2,91	24143,77	8296,8	4956	20,5
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	2,97	27092,17	9121,9	2608	9,6
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	3,32	32103,44	9669,7	1097	3,4
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	3,22	29155,03	9054,4	3045	10,4
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	3,22	32103,44	9970,0	97	0,3
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	3,11	29155,03	9374,6	1945	6,7
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	3,56	25889,39	7272,3	9711	37,5
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	3,40	23226,58	6831,3	10773	46,4
<i>Интенсивная технология с двойной дозой мин. удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ при возделывании ячменя, с учетом внесения органических удобрений под чистый пар (12 т/га навоза), без внесения мелиорантов</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	3,54	32103,44	9068,8	3297	10,3
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	3,40	29155,03	8575,0	4845	16,6
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	3,46	32103,44	9278,5	2497	7,8

** При расчете бралась средние значения (по годам) урожайности и класса качества зерна исследуемых вариантов за весь период исследований (2010-20018 гг), а расходы считались исходя из уровня цен, сложившихся применительно к условиям ЦЧР на конец 2018 года (Приложение М).*

Однако, при оптимизации агроприемов в ресурсосберегающем направлении, способствующих снижению затрат без снижения урожайности, себестоимость продукции может и уменьшаться, поэтому основной целью проводимого сравнительного анализа был поиск ресурсосберегающих и наиболее эффективных вариантов использования агроприемов среди изучаемых агротехнологий. Так, согласно рассчитанным технологическим картам, общие затраты в опыте в основном зависели от применяемой обработки почвы и от вносимых доз удобрений и мелиорантов. 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.

В итоге, наиболее экономически выгодным вариантом в большинстве случаев оказалось применение комбинированной системы основной обработки почвы, особенно в сочетании с чистыми парами (зернопаропропашным севооборотом), позволяющее в 1,1-1,3 раза более

эффективно использовать имеющиеся ресурсы, чем при использовании отвальной системы аналогичного севооборота. Однако в севооборотах, предусматривающих пары, расчет экономической эффективности следует вести за 2 года, тогда как, например в зернотравянопропашных севооборотах он рассчитывается за один год и, в таком случае, последние с экономической точки зрения в большинстве случаев были более выгодны, а с точки зрения ресурсосбережения наиболее целесообразны. По результатам проведенных расчетов, в зависимости от интенсивности используемых агротехнологий, применение комбинированных систем основной обработки почвы способствовало повышению прибыли в 1,1-1,9 раза в сравнении с отвальными системами почвообработки, в которых наблюдались наихудшие показатели экономической эффективности среди всех рассматриваемых вариантов.

В свою очередь, наиболее прибыльными агротехнологиями были базовые, особенно в блоке 2 опыта, применение которых позволяло получать рентабельность при возделывании пшеницы мягкой озимой на уровне 73-85% против 59-67% по экстенсивным и 55-60% по интенсивным агротехнологиям, а ячменя 4,5-25,5% против 0,8-16,0% и 0,3-10,4% в блоке 1 соответственно. Исключение составили варианты агротехнологий возделывания ячменя ярового в блоке 2, где в качестве основных способов основной обработки почвы под данную культуру изучались поверхностная и нулевая, в конечном итоге и показавшие наибольшую экономическую эффективность среди всех рассматриваемых агротехнологий ячменя (рентабельность составила 37,5 и 46,4% соответственно).

Среди всех исследуемых технологий возделывания 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 ярового в

зернотравянопропашном севообороте с отвальной системой почвообработки (97 руб/га).

Таким образом, проведенная экономическая оценка исследуемых агротехнологий (табл. 33, 34) показала:

- 1) с экономической точки зрения, наиболее эффективными и целесообразными являются технологии возделывания пшеницы озимой и ячменя ярового, основанные на комбинированных системах основной обработки почвы, причем под озимую пшеницу рекомендуется использовать мелкие безотвальные обработки, а под ячмень – мелкие безотвальные, поверхностные или нулевые (без основной обработки);
- 2) по соотношению полученной прибыли и затрат, наиболее рентабельными являются базовые технология возделывания как пшеницы мягкой озимой, так и ячменя ярового за исключением тех случаев, когда ячмень в интенсивных агротехнологиях возделывается по рекомендуемым выше обработкам;
- 3) мероприятия по внесению органических удобрений и мелиорантов, как и следовало ожидать, повышают расходы в применяемых агротехнологиях возделывания пшеницы мягкой озимой на 14-16%, однако их применение имеет пролонгированный эффект, в том числе выражающийся в повышении урожайности последующих культур (в нашем случае ячменя ярового, спустя 3 года после внесения мелиорантов, урожайность была выше на 3-5%, а органических удобрений – на 5-7%), что позволяет рекомендовать использование подобных агроприемов даже в ресурсосберегающих агротехнологиях не только как элемент повышения экономической эффективности технологий возделывания последующих культур, но и как элемент стабилизации почвенного плодородия.

5.1.2 Энергоемкость технологий, коэффициент энергетической эффективности

Расчет экономической эффективности позволяет в денежном выражении показать выгоду от применения того или другого сочетания минеральных удобрений. Однако в этом случае возникает определенная условность полученных результатов в связи с тем, что цены на минеральные удобрения и их внесение в почву, а также на сельскохозяйственную продукцию по годам, в значительной степени изменяются. В этом отношении более надежные и стабильные результаты дает расчет энергетической эффективности агротехнологий [50]. Поэтому важнейшим показателем определения эффективности производства продукции растениеводства является энергетическая эффективность, определяемый соотношением энергии, содержащейся в урожае, и технической энергии, затраченной на его получение [5]:

$$K = \frac{E_y}{E_c}, \text{ где:}$$

E_y - энергетическая ценность урожая, МДж/га;

E_c - суммарные энергетические затраты, МДж/га.

В свою очередь, энергетическая ценность урожая (E_y) рассчитывается следующим образом [57]:

$$E_y = Y * K_y, \text{ где:}$$

Y – урожайность сельскохозяйственной культуры, ц/га;

K_y – энергетический эквивалент основной продукции, МДж/ц.

Степень ресурсосбережения в таком случае будет определяться в зависимости от значения коэффициента энергетической эффективности:

- менее 1 – ресурсосбережение отсутствует;
- 1-3 – низкая степень ресурсосбережения;
- 3-5 – средняя степень ресурсосбережения;
- более 5 – высокая степень ресурсосбережения.

Следовательно, применение ресурсосберегающих агроприемов должно способствовать не только сокращению экономических, но и энергетических затрат при возделывании сельскохозяйственных культур, что выявляется при анализе изучаемых вариантов с точки зрения их энергетической эффективности, более объективного показателя в силу отсутствия в расчетах негативного влияния механизма ценообразования, связанного с постоянно меняющимися курсами валют, стоимостью сельскохозяйственной техники, пестицидов, удобрений, зерна и т.д.

Сам расчет энергетической эффективности агротехнологий проводится в соответствии с данными технологических карт и нормативными энергетическими эквивалентами, которые по всем категориям берутся из справочников [143]. Для расчета энергетической эффективности агротехнологий мы пользовались: «Типовые нормы выработки и расход топлива на сельскохозяйственные механизированные работы» [192] и «Типовые нормы выработки на стационарные работы в растениеводстве» [191], а также разработанным нами ранее «Регистром технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья» [161].

Результаты проведенных расчетов показали (Приложение Р), что в изучаемых нами вариантах, как и в случае экономической оценки, суммарные энергетические затраты возрастали с повышением уровня интенсивности используемых агротехнологий. Так, если в агротехнологиях экстенсивного типа он составлял 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), что, безусловно, не могло не сказаться на их эффективности. Анализ полученных расчетов показал (рис. 17), что энергетический коэффициент производства зерна принимал максимальные значения в технологиях возделывания зерновых культур экстенсивного типа: 6,1-8,1, что соответствовало высоким уровням ресурсосбережения.

Рисунок 17 – Коэффициент энергетической эффективности технологий возделывания пшеницы мягкой озимой (слева) и ячменя ярового (справа) при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений.

Между тем, при выращивании пшеницы мягкой озимой по технологиям базового типа в блоке 2 опыта, 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). Наименьшие значения энергетического эквивалента были получены при расчете эффективности технологий интенсивного типа, в особенности в вариантах с внесением органических удобрений под пшеницу озимую (2,5-2,7 единиц), что, как и следовало ожидать, характеризовало данные варианты, как низкоэффективные в плане ресурсосбережения (Приложение М). Внесение мелиорантов под озимую пшеницу также снижало энергетическую эффективность таких агротехнологий на 1,7-2,0 единицы, доводя значения коэффициента энергетической эффективности до 3,1-3,2 единиц. Однако, как уже отмечалось ранее, проведение подобных мероприятий имело пролонгированный эффект, прослеживающийся в том числе и на 3 год с момента их внесения в агротехнологиях возделывания ячменя ярового, где в вариантах с внесением мелиорантов, а также органических удобрений значения коэффициента энергетической эффективности на 0,1-0,3 единицы были выше аналогичных, не предусматривающих их внесения.

Таким образом, суммарные энергетические затраты на производство зерна в расчете на 1 га посева зависели от типа технологии с явным увеличением от экстенсивной к базовой и далее интенсивной, тогда как значение энергетической эффективности уменьшалось от экстенсивной технологии к интенсивной. В целом в вариантах с экстенсивной технологией коэффициент энергетической эффективности был в 1,4-2,1 раза выше, чем в вариантах с применением интенсивных технологий; при использовании комбинированных, в сравнении с отвальными системами почвообработки коэффициент энергетической эффективности был больше в 7 из 16 случаев; зернопаропропашные севообороты были более эффективны с энергетической

точки зрения, чем зернотравянопропашные при использовании отвальной системы почвообработки, тогда как зернотравянопропашные превосходили их по данному показателю при использовании комбинированных почвообработок.

Проведенная энергетическая и экономическая оценка рассматриваемых технологий позволяет сделать следующие выводы:

1. Для условий Центрального Черноземья наиболее ресурсосберегающими в экономическом и энергетическом плане являются агротехнологии экстенсивного и базового типа, основанные на комбинированных системах основной обработки черноземной почвы.
2. Наиболее целесообразным способом основной обработки почвы под пшеницу мягкую озимую является мелкая безотвальная обработка, а под ячмень яровой – мелкая безотвальная в агротехнологиях экстенсивного и базового типа, а также поверхностная или нулевая (без основной обработки) в агротехнологиях интенсивного типа.
3. Высокие затраты при применении технологий интенсивного типа не гарантируют получения высокого уровня экономической и энергетической эффективности агротехнологий и, тем самым, в большинстве случаев не обеспечивают должного уровня ресурсосбережения.
4. Применение научно обоснованных подходов в агротехнологиях возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового во всех случаях способствует получению прибыли, в том числе и при внесении мелиорантов, а также органических удобрений.
5. Внесение органических удобрений и мелиорантов приводит к снижению значений экономических и энергетических показателей агротехнологий, в которых они применяются, однако в последующие годы наблюдается положительный эффект от их внесения,

закрывающийся в повышении урожайности без дополнительных затрачиваемых средств.

6. С учетом того, что технологии возделывания пшеницы мягкой озимой по парам реализуются в течение двух лет (в первый год земля парует, на второй год засеивается), то в большинстве случаев экономически и энергетически оправдана замена паров травами.

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

Внедрение ресурсосберегающих агротехнологий в сельском хозяйстве должно вестись через обоснование целесообразности применения ресурсосберегающих подходов наиболее затратных агроприемов. Так как современные агротехнологии реализуются через последовательное выполнение 16 и более агроприемов, то существует множество вариантов для успешного снижения количества используемых ресурсов при возделывании сельскохозяйственных культур и чем выше уровень интенсивности таких технологий, тем больше вариантов ресурсосбережения может быть. Однако из-за разной ресурсной потребности, эффект от внедрения ресурсосбережения для каждого агроприема может достигать различных значений, либо конечный результат может быть достигнут различным набором ресурсосберегающих приемов. Поэтому ресурсосберегающие агротехнологии должны собой представлять интегрированный набор научно обоснованных звеньев, позволяющих, в конечном итоге, оптимально снизить их ресурсную потребность без существенного качественного и количественного снижения возделываемой продукции. Следовательно, для наиболее обоснованного применения ресурсосберегающих подходов необходимо четко представлять структуру экономических и энергетических затрат для каждого уровня интенсивности агротехнологий.

Согласно предыдущему подразделу, существуют два основных подхода к определению эффективности используемой технологии и оценки степени её ресурсосбережения: экономический и энергетический. В свою очередь, недостатками экономической оценки является высокая зависимость от механизма ценообразования, связанного с постоянно меняющимися курсами валют, стоимостью сельскохозяйственной техники, пестицидов, удобрений и зерна, тогда как расчет энергетической оценки более сложен и требует множества справочных данных, делая его более эмпирическим. Следовательно, при определении эффективности используемой технологии необходимо рассматривать ресурсосбережение как комплексный процесс, применение которого обеспечивает снижение не только экономических, но и энергетических затрат.

В виду того, что технологии экстенсивного типа базируются на использовании естественного плодородия почв без применения удобрений и других химических средств или с очень ограниченным их использованием [213], основные расходные статьи при прочих равных условиях, приходятся на основную обработку почвы, посев и уборку (Приложение Р):

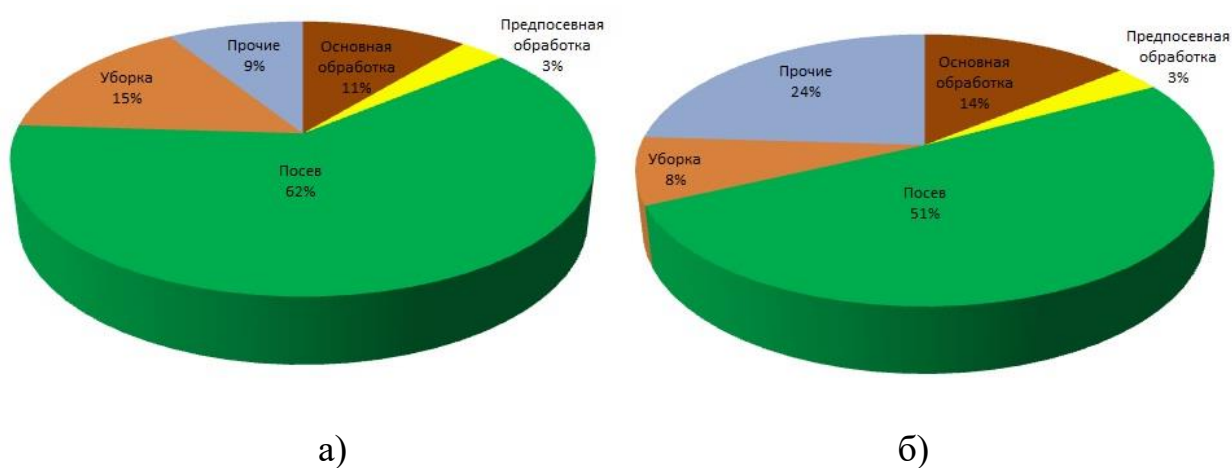


Рисунок 18 - Структура основных затрат в технологиях экстенсивного типа возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового: энергетических (а), денежных (б)

Поэтому, исходя из представленной информации, для технологий возделывания озимой пшеницы и ячменя экстенсивного типа наиболее затратным мероприятием с экономической и энергетической точки зрения является проведение посевных работ, что связано с высокими нормами высева изучаемых культур, дороговизной высококачественного семенного материала и большими значениями энергии их прорастания. С другой стороны, снижение затрат при ведении агротехнологий такого типа интенсивности возможно и через применение минимальных способов основной обработки почвы, так как даже замена отвальных обработок мелкими безотвальными сокращает количество потребляемых ресурсов практически в два раза (987 МДж против 441 МДж). Следовательно, наиболее целесообразными направлениями дальнейшего совершенствования ресурсосберегающих подходов в агротехнологиях экстенсивного типа будут оптимизация нормы высева семян, а также научно обоснованный поиск сочетаний ресурсосберегающих способов в пределах комбинированных систем основной обработки почвы.

В свою очередь, технологии базового типа подразумевают создание более комфортных абиотических условий для произрастания возделываемых культур, включая использование оптимальных доз удобрений, применение химических средств защиты растений, тесно увязанных с экономическими порогами вредоносности сорняков, болезней и вредителей [77]. Так как внесение удобрений и применение пестицидов являются довольно затратными мероприятиями, как с экономической, так и с энергетической точки зрения (Приложение Р). Поэтому соотношение долей основных агроприемов в общие затраты базовых агротехнологий существенно отличается от технологий экстенсивного типа:

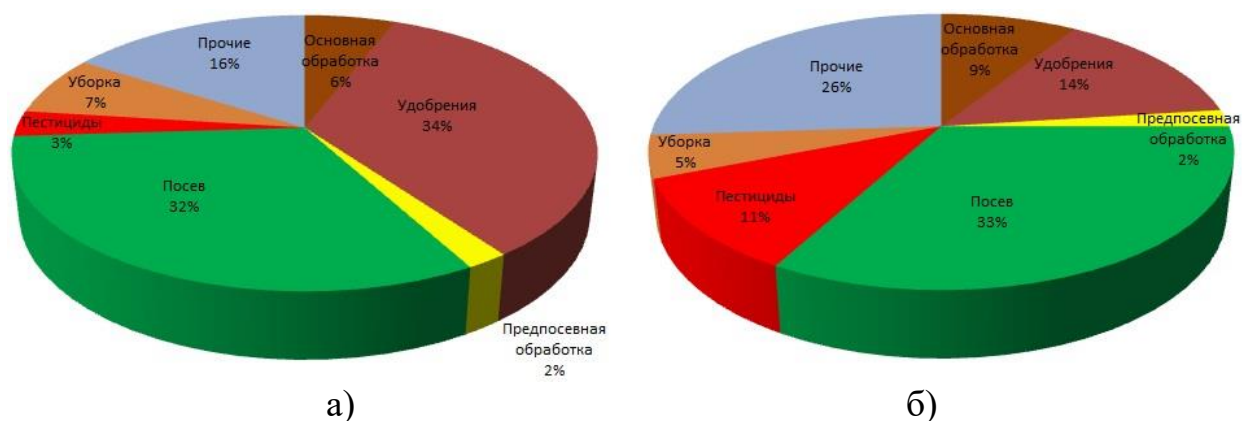


Рисунок 19 - Структура основных затрат в технологиях базового типа возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового: энергетических (а), денежных (б)

Как видно из рисунка 19, в таких агротехнологиях существенно сокращается доля вклада посева (на 18-30%) в общие затраты, а одним из основных затратных мероприятий становится внесение удобрений (14-34%). Следовательно, направлениями дальнейшего совершенствования ресурсосберегающих подходов в технологиях базового типа возделывания озимой пшеницы и ячменя может стать научно-обоснованное применение систем удобрений, а также оптимизация нормы высева семян.

Анализ распределения затрат в изучаемых агротехнологиях интенсивного типа, характеризующихся внесением более высоких (двойных) доз удобрений подтвердил возрастающую удельную долю влияния данного мероприятия на суммарные затраты агротехнологии, а также сокращающуюся долю вклада посева:

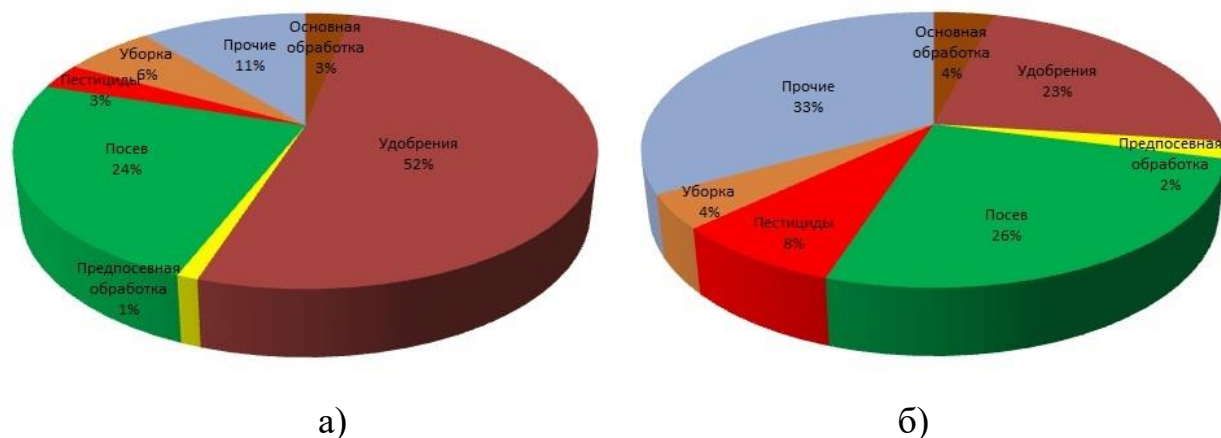


Рисунок 20 - Структура основных затрат в технологиях интенсивного типа возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового: энергетических (а), денежных (б)

Однако их удельная доля вклада оставалась преобладающей, что говорит о тождественности ресурсосберегающих подходов между агротехнологиями базового и интенсивного типа.

Таким образом, целесообразность применения ресурсосберегающих подходов в современных агротехнологиях должна вестись с учетом их интенсивности: по мере увеличения уровня интенсификации изучаемых агротехнологий отмечается снижение доли вклада затрат, используемых на обработку почвы, посев и уборку урожая, а также увеличение доли вклада затрат на применение системы удобрений, как основного инструмента качественного и количественного повышения продуктивности озимой пшеницы и ячменя. Поэтому для технологий возделывания озимой пшеницы и ярового ячменя экстенсивного типа наиболее целесообразными направлениями дальнейшего совершенствования ресурсосберегающих подходов будут оптимизация нормы высева семян, а также научно обоснованный поиск сочетаний ресурсосберегающих способов в пределах комбинированных систем основной обработки почвы, для базовых и интенсивных - научно-обоснованное применение систем удобрения, а также оптимизация нормы высева семян.

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

Так как эффективность ресурсосбережения в современных агротехнологиях должна оцениваться с точки зрения снижения совокупных затрат при производстве качественной сельскохозяйственной продукции с учетом сохранения почвенного плодородия, то можно выделить ряд условий, которым должна соответствовать ресурсосберегающая агротехнология:

1. снижение негативного воздействия на окружающую среду, сохранение почвенного плодородия;
2. научно-обоснованное ведение севооборотов, посев по лучшим предшественникам;

3. использование ресурсосберегающих обработок почвы;
4. рациональное применение удобрений и мелиорантов, а также средств защиты растений.

Для успешного внедрения подобных условий необходимо использовать комплексный подход, нацеленный на эффективную работу каждого агротехнологического приема. В таком случае ресурсосберегающую агротехнологию необходимо рассматривать как комплекс экономически и энергетически эффективных агроприемов, направленных на поддержание исходного уровня плодородия почвы и получение устойчивых урожаев с высокими качественными характеристиками. Если снижение расходования ресурса для реализации одного технологического приема способно значительно повысить расходование ресурсов в последующих технологических операциях, о ресурсосбережении говорить уже невозможно. Например, использование технологии прямого посева предполагает отказ от основной обработки почвы, но подразумевает увеличение затрат на удобрения и пестициды, а также может привести к снижению урожайности, и, тем самым, эффект от экономии ресурсов за счет отказа от использования основной обработки почвы может нивелироваться последующими приемами. Поэтому главным результатом внедрения ресурсосберегающих технологий должны быть не высокие уровни урожайности сельскохозяйственных культур на фоне уменьшения затрат по одному технологическому приёму, а устойчивые и более рентабельные уровни урожайности при использовании агротехнологии в целом.

В свою очередь, одним из важных условий эффективного использования имеющихся ресурсов является варьирование ресурсосберегающими и традиционными агроприемами в применяемых технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.

Таким образом, сбережение ресурсов должно быть экономически обоснованным, и не противоречить текущим задачам обеспечения

устойчивости агропромышленного производства и его экономического роста. Из выше изложенного следует, что совершенствование методов оценки эффективности ресурсосбережения является актуальной научно-практической задачей. В то же время, для решения этой задачи перед исследователем стоит теоретико-методологическая проблема выбора эффективного метода оценки, который в наибольшей степени будет адаптирован к текущей экономической ситуации в аспекте динамики институциональной среды и изменения экономических отношений. [14].

В настоящее время при оценке эффективности производственных процессов принято использовать следующие подходы: индикативный, критериальный и комплексный, наиболее прогрессивным среди которых является комплексный подход, заключающийся в сопоставлении реальных показателей с целевыми эталонными индикаторами (интегральными показателями, количественно определяющими качественные характеристики того или иного события, явления, процесса), задаваемыми на основе экспертных оценок на момент планирования [179].

Поэтому, комплексную оценку эффективности ресурсосбережения в технологиях возделывания культур необходимо вести с учетом следующих подходов:

- 1) следует учитывать параметры затрат материальных ресурсов: на обработку почвы и уход за посевами, удобрения, семена и т.п. Ресурсы эти весьма переменчивы в пределах вегетации и, как показывают результаты проведенных исследований, в большинстве случаев оказывают существенное влияние на выход конечной продукции.
- 2) целесообразно учитывать параметры изменения природных ресурсов, в первую очередь, плодородия почвы. Однако плодородие почвы - мало изменяющийся показатель в течение года, а иногда и севооборота в целом; его изменение в лучшую сторону возможно в течение многих лет и поэтому в качестве критерия оценки ресурсосбережения он может использоваться только отдельно, как фон.

Использование предложенных подходов позволяет объективно рассматривать агротехнологии с позиции ресурсосбережения, так как снижение расходования ресурса для реализации одного технологического приема способно повысить расходование ресурсов в последующих технологических операциях, что уже не позволит говорить о полноценной ресурсосберегающей технологии. В свою очередь, решение вопросов ресурсосбережения следует осуществлять через обоснование применений агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур, как комплекса ресурсосберегающих агроприемов, адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям. С учетом того, что в состав технологии входит множество составляющих звеньев – размещение культур, обработка почвы, применение удобрений и пестицидов и прочие, может существовать множество ресурсосберегающих технологий, которые в конечном итоге могут обеспечить даже один и тот же конечный результат, но разными путями.

В итоге, на основании вышесказанного, а также с учетом результатов проведенных исследований, нами была разработана и предложена к внедрению система предварительной оценки эффективности ресурсосбережения в агротехнологиях (таблица 37), представляющая собой оценку агротехнологии по пяти основным параметрам ресурсосбережения: применение научно-обоснованного чередования сельскохозяйственных культур, использование ресурсосберегающего способа основной обработки почвы под возделываемую культуру, внесение рекомендуемых доз удобрений, степень интенсивности использования средств защиты растений, ожидаемая тенденция изменения уровня потенциального плодородия почвы. Для каждого параметра была составлена индивидуальная шкала в трех градациях. 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 37 - Система предварительной оценки эффективности ресурсосбережения в агротехнологиях

Параметр оценки	Градация параметра	Код
Применение научно-обоснованных подходов к чередованию возделываемых культур	Нерациональное чередование	-1
	Допустимое чередование	0
	Наиболее целесообразное чередование	1
Используемый способ основной 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 значений	-1
	Вносимые дозы соответствуют научным рекомендациям	0
	Вносимые дозы ниже рекомендуемых значений	1
Степень интенсивности использования средств защиты растений	Многократное использование пестицидов	-1
	Однократное использование гербицидов и инсектицидов	0
	Только протравливание семян	1
Тенденция 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

В свою очередь, для оценки применения научно-обоснованных подходов к чередованию возделываемых культур определения принадлежности предшественников по представленным градациям целесообразно использовать таблицу 38.

Таблица 38 - Предшественники сельскохозяйственных культур [80]

Культура	Предшественник																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Д	Д	Нд	Нд	Нд	Ц	Д	Нд	Д	Нд	Нд	Д	Ц	Д	Нд	Ц	Ц	Д	Нд	Ц
2	Д	Д	Нд	Нд	Нд	Ц	Д	Нд	Д	Нд	Нд	Д	Ц	Д	Нд	Ц	Ц	Д	Нд	Ц
3	Ц	Ц	Нд	Нд	Нд	Ц	Ц	Д	Д	Д	Ц	Ц	Нр	Ц	Д	Ц	Ц	Ц	Ц	Нр
4	Ц	Ц	Нд	Нд	Д	Нр	Ц	Ц	Ц	Д	Ц	Ц	Нр	Ц	Д	Нр	Нр	Ц	Ц	Нр
5	Ц	Ц	Нд	Нд	Нд	Нр	Ц	Ц	Ц	Д	Ц	Ц	Нр	Ц	Д	Нр	Нр	Ц	Ц	Нр
6	Ц	Ц	Ц	Ц	Ц	Нд	Нд	Ц	Ц	Д	Д	Д	Нр	Ц	Д	Нр	Нр	Ц	Д	Нр
7	Ц	Ц	Ц	Ц	Ц	Нд	Нд	Ц	Ц	Нд	Д	Д	Нр	Ц	Д	Нр	Нр	Ц	Д	Нр
8	Ц	Ц	Ц	Ц	Ц	Ц	Ц	Нд	Ц	Д	Ц	Ц	Нр	Нд	Д	Ц	Ц	Ц	Ц	Нр
9	Ц	Ц	Ц	Ц	Ц	Нр	Ц	Д	Д	Нд	Ц	Ц	Нр	Ц	Д	Нр	Нр	Ц	Д	Нр
10	Ц	Ц	Д	Ц	Д	Нр	Нр	Д	Д	Нд	Нд	Ц	Нр	Д	Нд	Нр	Нр	Нр	Нд	Нр
13, 14, 15	Ц	Ц	Д	Ц	Ц	Нр	Нр	Д	Нр	Д	Нд	Д	Нр	Ц	Д	Д	Нд	Нд	Д	Нр
11	Ц	Ц	Д	Д	Нд	Нр	Нр	Д	Д	Нд	Нд	Д	Нр	Нд	Нд	Нр	Нд	Нд	Нд	Нр
12	Ц	Ц	Д	Д	Д	Нр	Нр	Д	Д	Нд	Д	Д	Нр	Д	Нд	Нд	Нд	Нд	Нд	Нр
16	Нр	Нр	Ц	Ц	Ц	Нр	Нр	Ц	Ц	Д	Нр	Нр	Нр	Нр	Ц	Нр	Нд	Д	Нр	Нр
17	Нр	Нр	Ц	Ц	Ц	Нр	Нр	Ц	Ц	Нд	Нр	Нр	Нр	Нр	Ц	Нр	Нр	Д	Д	Нр
18	Нр	Нр	Ц	Ц	Ц	Нр	Нр	Ц	Ц	Нд	Д	Д	Нр	Нр	Нд	Нр	Нр	Нд	Д	Нр
19	Ц	Ц	Д	Д	Д	Нр	Нр	Д	Д	Нд	Нд	Нр	Нр	Д	Д	Нр	Нр	Д	Нд	Нр
20	Нр	Нр	Ц	Ц	Ц	Нр	Нр	Ц	Нр	Д	Нр	Нр	Нр	Нр	Нр	Нр	Нр	Нр	Нр	Нд

Примечание.

1 – Озимая пшеница, 2 – Озимая рожь, 3 – Яровая пшеница, 4 – Ячмень, 5 – Овес, 6 – Горох, 7 – Вика, чина, 8 - Просо, 9 – Гречиха, 10 – Подсолнечник, 11 – Сахарная свекла, 12 – Картофель, 13 – Кукуруза на зеленый корм, 14 – Кукуруза на силос, 15 – Кукуруза на зерно, 16 – Бобово-злаковые смеси, 17 – Клевер, люцерна, эспарцет, 18 – Костер, 19 – Кормовые корнеплоды, 20 – Черный пар

Ц – наиболее целесообразное чередование культур, Д – допустимое чередование культур, Нр – нерациональное чередование культур, Нд – недопустимое чередование культур.

Включение первых трех групп предшественников и стало основой оценки данного параметра, так как использование недопустимых предшественников необоснованно и экономически нецелесообразно в отличие от использования наиболее целесообразного чередования культур, способствующего в большинстве случаев ресурсосбережению, повышению стабильных урожаев и, как следствие, высокой экономической эффективности.

Оценка используемого (или планируемого к использованию) способа основной обработки почвы под возделываемую культуру ведется исходя из его энергонасыщенности. Так, применение глубокой / средней отвальной или безотвальной обработки является наиболее энергозатратным мероприятием (в среднем, необходимо затратить 680-970 МДж/га) в сравнении с мелкими безотвальными (в среднем, 240-360 МДж/га) или поверхностными (230-330 МДж/га), и тем более нулевыми обработками [39]. Поэтому для данного параметра наиболее ресурсосберегающим будет применение нулевых обработок, предусматривающих отсутствие затрат на предварительную обработку почвы, а наименее ресурсосберегающим – глубокие / средние отвальные и безотвальные обработки.

При оценке внесения рекомендуемых доз удобрений под возделываемую культуру следует использовать зональные рекомендации региональных научно-исследовательских организаций, учитывающие в том числе и эффект последствия удобрений, вносимых под предшествующую культуру. Соответственно, наиболее ресурсосберегающим и целесообразным будет вариант внесения удобрений с учетом данных рекомендаций, а превышение таких доз – наименее целесообразным.

Степень интенсивности использования средств защиты растений оценивается по количеству применяемых (или планируемых к применению) агроприемов: наиболее ресурсосберегающим – только протравливание семян (либо вариант, когда используются уже приобретенные протравленные

семена), наименее ресурсосберегающим – многократное использование пестицидов.

Тенденция (ожидаемая) изменения уровня потенциального плодородия почвы является наиболее сложным и дискуссионным показателем в представленной системе, так как корректного выбора одной из представленных трех градаций требуется наличие элементарных знаний о формировании почвенного плодородия, балансе питательных веществ и формировании прочих условий для создания благоприятных условий, необходимых для произрастания возделываемых культур. Естественно, весь комплекс агротехнологических приемов будет наиболее эффективен с ресурсосберегающих позиций только в случае сохранения исходного уровня потенциального плодородия почвы (достигающегося, в основном, использованием биологизированных севооборотов, применением рациональных доз органических, макро- и микроудобрений, раскислением почв и прочими) и крайне неэффективен при его снижении.

Как следует из таблицы 37, 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. В случаях, когда при использовании Системы оценки большинство значений оцениваемых параметров имеет код «-1», то уровень ресурсосбережения таких агротехнологий следует оценивать как низкий.

Применительно к изучаемым в 4 главе диссертационной работы вариантам агротехнологий, мы провели оценку их эффективности ресурсосбережения согласно предложенной Системе и получили следующие результаты:

Таблица 39 – Оценка эффективности ресурсосбережения в изучаемых технологиях возделывания озимой пшеницы и ярового ячменя (на примере блока 1 и блока 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий)

Вариант	Оцениваемые параметры и результаты их оценки для пшеницы мягкой озимой / ячменя ярового				
	Применение научно-обоснованных подходов к чередованию возделываемых культур	Используемый способ основной обработки почвы под возделываемую культуру	Внесение рекомендуемых доз удобрений при возделывании культуры	Тенденция (ожидаемая) изменения исходного уровня потенциального плодородия почвы	Уровень эффективности (согласно предлагаемой Системы оценки) *
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>					
Блок 1, зернопаропропашной или зернотравянопропашной севооборот, отвальная система почвообработки	1 / 1	-1 / -1	0 / 0	-1 / -1	Средний
Блок 1, зернопаропропашной или зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	1 / 1	0 / 0	0 / 0	-1 / -1	Средний
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений - $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17}- подкормка посевов при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной или зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки	1 / 1	-1 / -1	1 / 1	0 / 0	Средний
Блок 1, зернопаропропашной или зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки	1 / 1	0 / 0	1 / 1	0 / 0	Средний
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	1 / 1	-1 / -1	1 / 1	0 / 0	Средний
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная система обработки	1 / 1	0 / 0	1 / 1	0 / 0	Средний

Продолжение Таблица 39

<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ при возделывании ячменя, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без орган. удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	1 / 1	-1 / -1	1 / 1	1 / 1	Средний
Блок 1, зернопаропропашной или зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки	1 / 1	0 / 0	1 / 1	1 / 1	Высокий
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ при возделывании ячменя, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной или зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки	1 / 1	-1 / -1	-1 / -1	1 / 1	Средний
Блок 1, зернопаропропашной или зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки	1 / 1	0 / 0	-1 / -1	1 / 1	Средний
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки	1 / 1	-1 / 0	-1 / -1	1 / 1	Средний
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	1 / 1	0 / 1	-1 / -1	1 / 1	Средний
<i>Интенсивная технология с двойной дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ при возделывании ячменя, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов</i>					
Блок 1, зернопаропропашной или зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки	1 / 1	- 1 / -1	-1 / -1	1 / 1	Средний
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	1 / 1	0 / 0	-1 / -1	1 / 1	Средний

* - с учетом того, что все варианты изучаемых агротехнологий обслуживались одинаковыми, в большинстве случаев энергонасыщенными техническими средствами, то значения показателя «Уровень технического обеспечения применяемых агротехнологий» для всех вариантов был един и ему присваивался код «0» соответственно.

Проведенная оценка позволила предварительно установить, 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.

Таким образом, оценку эффективности ресурсосбережения в используемых или планируемых к использованию технологиях возделывания озимой 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:

- 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.

На основе данных критериев и с учетом полученных данных, нами была произведена комплексная оценка изучаемых в главе 4 агротехнологий ярового различного уровня интенсивности возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя (табл. 40, табл. 41).

Таблица 40 – Комплексная оценка эффективности изучаемых агротехнологий возделывания пшеницы мягкой озимой по результатам проведенных опытов

Вариант	Уровень плодородия почвы (раздел 4.1 и 4.2)*	Урожайность возделываемой культуры (раздел 4.4, приложение И)	Ориентировочный класс качества зерна (раздел 4.4)	Средняя рентабельность производства, % (раздел 5.2)	Коэффициент энергетической эффективности агротехнологии (К), эн. экв. (раздел 5.2, Приложение Р)
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки, контроль	Повышенный	3,18	3-ий	59,1	8,3
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки	Средний	2,93	3-ый	67,1	8,3
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Средний	2,90	4-ый	24,7	8,1
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	Средний	2,78	4-ый	42,7	8,5
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Повышенный	3,40	3-ий	32,0	5,2
Блок1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	Повышенный	3,30	3-ий	41,6	5,0
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Повышенный	3,17	3-ий	29,0	4,9
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	Повышенный	3,15	3-ий	42,4	5,1
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Высокий	4,47	3-ий	73,5	6,9
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная ресурсосбер. система	Высокий	4,32	3-ий	85,4	6,5

Продолжение Таблицы 40

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Базовая технология с одинарной дозой мин. удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без орг. удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	Высокий	3,62	3-ий	21,2	3,2
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	Высокий	3,47	3-ий	26,5	3,1
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Высокий	3,49	3-ий	21,6	3,2
<i>Интенсивная технология с двойной дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	Повышенный	3,85	3-ий	28,6	4,2
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	Повышенный	3,60	3-ий	31,0	4,0
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Повышенный	3,61	3-ий	25,5	4,1
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	Повышенный	3,44	3-ий	30,8	4,1
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	Очень высокий	5,23	3-ий	55,3	4,6
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосб. почвообработка	Высокий	5,00	3-ий	60,4	4,5
<i>Интенсивная технология с двойной дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	Повышенный	4,40	3-ий	11,0	2,7
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	Повышенный	3,99	3-ий	7,3	2,5
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Повышенный	4,16	3-ий	8,2	2,7

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

Таблица 41 – Комплексная оценка эффективности изучаемых агротехнологий возделывания ячменя ярового по результатам проведенных опытов

Вариант	Уровень плодородия почвы (раздел 4.1 и 4.2)*	Урожайность возделываемой культуры (раздел 4.4, приложение II)	Ориентировочный класс качества зерна (раздел 4.4)	Средняя рентабельность производства, % (раздел 5.2)	Коэффициент энергетической эффективности агротехнологии эн. экв. (раздел 5.2, Приложение Р)
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки, контроль	Повышенный	2,24	Второй (на кормовые цели)	5,5	6,4
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система	Средний	2,12	Второй (на кормовые цели)	16,0	6,6
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Средний	2,14	Второй (на кормовые цели)	0,8	6,1
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	Средний	2,05	Второй (на кормовые цели)	12,1	6,4
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	Повышенный	2,91	Второй (на кормовые цели)	7,4	5,2
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	Повышенный	2,82	Второй (на кормовые цели)	16,8	5,4
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Повышенный	2,83	Второй (на кормовые цели)	4,5	5,1
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	Повышенный	2,74	Второй (на кормовые цели)	13,5	5,2
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Высокий	3,16	Первый	16,6	5,7
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная ресурсосбер. система	Высокий	3,03	Первый	25,5	5,8

Продолжение Таблицы 41

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Базовая технология с одинарной дозой мин. удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без орг. удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	Высокий	3,04	Первый (на продовольственные цели)	12,2	5,5
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	Высокий	2,91	Второй (на кормовые цели)	20,5	5,5
Блок 1, зерноотравапропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Высокий	2,97	Второй (на кормовые цели)	9,6	5,4
<i>Интенсивная технология с двойной дозой мин. удобрений – $N_{32}P_{76}K_{76}$, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	Повышенный	3,32	Первый (на продовольственные цели)	3,4	4,5
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	Повышенный	3,22	Первый (на продовольственные цели)	10,4	4,6
Блок 1, зерноотравапропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Повышенный	3,22	Первый (на продовольственные цели)	0,3	4,4
Блок 1, зерноотравапропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	Повышенный	3,11	Второй (на кормовые цели)	6,7	4,4
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	Очень высокий	3,56	Первый (на продовольственные цели)	37,5	5,1
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосб. почвообработка	Высокий	3,40	Первый (на продовольственные цели)	46,4	5,5
<i>Интенсивная технология с двойной дозой мин. удобрений – $N_{32}P_{76}K_{76}$, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	Повышенный	3,54	Первый (на продовольственные цели)	10,3	4,8
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	Повышенный	3,40	Первый (на продовольственные цели)	16,6	4,8
Блок 1, зерноотравапропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Повышенный	3,46	Первый (на продовольственные цели)	7,8	4,7

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

В результате проведенной оценки получены ключевые положения рекомендаций по наиболее эффективному применению ресурсосберегающих агроприемов в технологиях различного уровня интенсивности возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового применительно к условиям Центрально-Черноземного региона:

- при возделывании пшеницы мягкой озимой наиболее эффективны с точки зрения ресурсосбережения агротехнологии базового типа, предусматривающие внесение невысоких (базовых) доз минеральных удобрений (включая азотные подкормки), а также использование гербицидов, причем в вариантах с мелкими безотвальными обработками под пар и травы (зернопаропропашной и зернотравянопропашной севообороты) отмечалась наибольшая эффективность. Таким образом, применение подобных агротехнологий способствует сохранению почвенного плодородия, получению качественного продовольственного зерна, а также высоким экономическим (рентабельность производства 42-85%) и энергетическим (коэффициент энергетической эффективности 5,1-6,9) показателей.
- при возделывании ячменя ярового наибольшая эффективность наблюдалась в агротехнологиях интенсивного типа, предусматривающих, в первую очередь, внесение высоких доз минеральных удобрений, на фоне которых наблюдалось повышение уровня плодородия почвы, а также натуры зерна, и, как следствие, класса его качества. Среди девяти изучаемых агротехнологий интенсивного типа самой эффективной была с использованием зернопаропропашного севооборота с сидеральным паром и комбинированной системой основной обработки почвы, предусматривающая нулевую обработку под ячмень, внедрение которой обеспечило получение зерна первого класса с уровнем рентабельности технологии в 46,4% и коэффициентом энергетической эффективности 5,5 эн.экв.

- применение мелиорантов в базовых технологиях и органических удобрений в интенсивных технологиях возделывания пшеницы мягкой озимой 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.) агротехнологии, что свидетельствует о необходимости применения мелиорантов и органических удобрений с учетом многолетнего эффекта последствия от их внесения.
- в следствие 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 ячменя ярового. С целью повышения эффективности ресурсосберегающих агроприемов при возделывании пшеницы мягкой 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 озимую пшеницу, а также комбинированную систему основной обработки почвы (мелкую безотвальную обработку под ячмень и чистый пар, среднюю отвальную – под пропашную культуру севооборота).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом исследований, проведенных в период с 2008 по 2019 года на черноземах типичных тяжелосуглинистых среднесиловых 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 среднесиловых 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 (26,4-29,4 кг/см² перед посевом и от 34,7 до 89,6 кг/см² 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 наибольшее лимитирующее значение приобретает кислотность 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: 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агробιοлогические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства: Учебное пособие [Текст] / Под ред. Г.И.Баздырева - М.: НИЦ ИНФРА, 2014. - 725 с.
2. Ален, Х. П. Прямой посев и минимальная обработка почвы [Текст] / Х.П. Ален // Пер. с англ. М. Ф. Пушкарева. - М: Агропромиздат, 1985. - 208с.
3. Апарин, Д.О. Необходимость государственной поддержки сельскохозяйственного производства [Текст] / Д.О. Апарин // Вестник РГАЗУ. – М., 2012. - №12. – С.21-24.
4. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв [Текст]. – М.: Московский государственный университет, 1970. – 488 с.
5. Артемьев, А.А. Энергетическая и экономическая эффективность дифференцированного применения средств химизации в посевах озимой пшеницы сорт Московская 39 [Текст] / А.А. Артемьев // Научное обеспечение АПК Евро-Северо-Востока России (Материалы Всерос. науч.- пр. конференции). – Саранск, 2010. – С. 558-559.
6. Аюпов, З.З. Продуктивность полевых севооборотов в зависимости от системы основной обработки почвы и удобрений [Текст] / З.З. Аюпов, Н.Г. Рыцева // Достижения науки и техники АПК. – М., 2010. - № 2. – С. 10-12.
7. Баздырев, Г.И. Земледелие: уч. пособие [Текст] / Г.И. Баздырев, В.Г. Лошаков. — М.: Колос, 2000. — 55 с.
8. Бакина, Л.Г. Изменение содержания и состава гумуса дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в длительном полевом опыте по известкованию [Текст] / Л.Г. Бакина, А.Н. Небольсин, З.П. Небольсина // Почвоведение. – М., 2011. – С.572-581.

9. Бахтин, П.У. Исследования физико-механических и технологических свойств основных типов почв СССР [Текст] П.У. Бахтин. – М.: Колос, 1969. – 272 с.
10. Безуглов, В.Г. Минимальная обработка почвы [Текст] / В.Г. Безуглов, Р.М. Гафуров // Земледелие. – М., 2002. - № 4. – С. 21-22.
11. Беленков, А.И. Агрохимическая и биологическая характеристика плодородия почвы опытного участка Центра точного земледелия [Текст] / А.И. Беленков, А.Ю. Тюмаков, Сабо Умар, Д.С. Мокичева // Известия ТСХА. – М., 2013. - № 3. – С. 53-62.
12. Бороевич, С. Принципы и методы селекции растений [Текст] / С. Бороевич. – М.: Колос, 1984. – 344 с.
13. Бугаевский, В.К. Условия эффективности нулевой обработки почвы на Кубани [Текст] / В.К. Бугаевский, В.М. Кильдюшкин, А.А. Романенко // Земледелие. – М., 2005. - № 2. - С.21.
14. Буць, В. Индикативный метод оценки эффективности ресурсосбережения в аграрном производстве [Текст] / В. Буць // Организационно-правовые аспекты инновационного развития АПК. – Беларусь, Горки: Белорусская ГСХА. - №1 (14). – С.245-249.
15. Буянкин, Н.И. Ключевые показатели минимизации обработки [Текст] / Н.И.Буянкин, В.Н. Слесарев, А.Г. Краснопёров // Земледелие. – М., 2004. – №4. – С.14–15.
16. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв [Текст] / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
17. Васильченко, А.П. Ресурсосберегающие приемы при возделывании озимой пшеницы на орошаемых землях [Текст] / А.П. Васильченко // Известия Оренбургского ГАУ. – Оренбург, 2015. - №3 (53). – С.29-32.

18. Васюков, П.П. Система минимальной мульчирующей обработки почвы – реальный путь сохранения плодородия кубанского чернозёма [Текст] / П.П. Васюков, В.И. Цыганков, Г.В. Чуварлеева // Земледелие. – М., 2014. - № 3.- С. 23-24.
19. Вильямс, В.Р. Почвоведение. Общее земледелие с основами почвоведения [Текст] / В.Р. Вильямс. – М.: Сельхозгиз, 1938. – 447 с.
20. Вильямс, В.Р. Собрание сочинений. Т.3. Земледелие (1892-1919) [Текст] / В.Р. Вильямс. - М.: Гос.изд-во с.-х. лит., 1949. – 568 с.
21. Власенко, А.Н. Влияние технологии No-till на содержание питательных элементов в черноземе выщелоченном лесостепи Западной Сибири [Текст] / А.Н. Власенко, Н.Г. Власенко// Земледелие.- М.,2017.- №3.- С.17-19.
22. Воронин, В.И. Анализ урожайности озимой пшеницы и ее влияние на химический состав черноземных почв [Текст] / В.И. Воронин, Д.Н. Блеканов. – Воронеж, 2002. – 152 с.
23. Воронин, А.Н. Влияние элементов систем земледелия на продуктивность чернозёма [Текст] / А.Н. Воронин, В.И. Мельников // Земледелие. – М., 2014. - № 5. – С. 9-12.
24. Воронцов, В.А. Системы основной обработки чернозёма в Тамбовской области [Текст] / В.А. Воронцов, Л.Н. Вислобокова, Ю.П. Скорочкин // Земледелие. – М., 2012. - № 7. – С. 19-21.
25. Гамзиков, Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири [Текст] / Г.П. Гамзиков. - М.: Наука, 1981. - 263 с.
26. Глазова, З.И. Оценка некоторых элементов агротехники гречихи [Текст] / З.И. Глазова, В.М. Новиков // Земледелие. – М., 2012. - № 5. – С. 17-20.
27. Глазунова, Н.Н. Способы обработки почвы и комплекс патогенных микромицетов в агроценозе озимой пшеницы [Текст] / Н.Н.Глазунова, Е.С. Романенко, А.Н. Шипуля, Е.В. Дергунова // Земледелия. – М., 2012. - № 4. – С. 31-33.

28. Глызина, Л.А. Повышение эффективности сельскохозяйственного производства Иркутской области [Текст] / Д.А. Глызина, А.В. Щербаков. – Иркутск: ИрГСХА, 2006. — 90 с.
29. Гогмачадзе, Г.Д. Деградация почв. Причины, следствия, пути снижения и ликвидации [Текст] / Г.Д. Гогмачадзе. – М.: МГУ, 2011 г. - 272 с.
30. Горчаков, Я.В. Мировое органическое земледелие XXI века [Текст] / Я.В. Горчаков, Д.Н. Дурманов. – М.: РУДН, 2002. – 402 с.
31. ГОСТ 16265-89. Земледелие. Термины и определения. Обработка почвы [Текст] – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 21с.
32. Гостев, А.В. База данных ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур различной интенсивности для устойчивого производства растениеводческой продукции [Текст] / Гостев А.В., Пыхтин И.Г., Нитченко Л.Б., Плотников В.А., Гапонова Н.П. – Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2019. – 173с.
33. Гостев, А.В. К вопросу о правильном понимании ресурсосбережения в агротехнологиях [Текст] / А.В. Гостев, И.Г. Пыхтин // Вестник Курской ГСХА. – 2018. - №4. – С. 6-7. DOI: 10.18411/issn1997-0749.2018-04-01.
34. Гостев, А.В. Наука сбережения [Текст] / А.В. Гостев // Журнал агробизнес. – Краснодар, 2016. - №5. – С.86-90.
35. Гостев, А.В. Современный отечественный опыт защиты почв от эрозии [Текст] / А.В. Гостев // материалы Всероссийской научно-практической конференции «Эрозия почв: проблемы и пути повышения эффективности растениеводства в адаптивно-ландшафтной системе земледелия», посвящённой 50-летию противоэрозионного комплекса ФГУП «Новоникулинское» (п. Тимирязевский, 13-14 июля 2018 года). – Ульяновск: УлГТУ, 2018. – С. 49-54.

36. Гостев, А.В. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур [Текст] / А.В. Гостев, И.Г. Пыхтин, Н.Б. Нитченко, В.А. Плотников. – Курск, 2016. – 87 с.
37. Гостев, А.В. Эффективность технологий различного уровня интенсивности при возделывании зерновых культур на черноземных почвах Центрального Черноземья [Текст] / А.В. Гостев. – Курск, 2017. – 160 с.
38. Государственные стандарты союза ССР «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. ГОСТ 26204-91» [Текст] – М., 1991. – с.5.
39. Государственные стандарты союза ССР «Почвы. Определение рН солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония и подвижной серы методами ЦИНАО. ГОСТ 26483–85 – ГОСТ 26490–85» [Текст] – М., 1987. – С.1–31.
40. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». – М.: Минприроды России; НИА-Природа. – 2017. – 760 с.
41. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 504 с.
42. Государственный стандарт союза ССР «Почвы. Методы определения органического вещества. ГОСТ 26213–91» [Текст] – М., 1991. – 8 с.
43. Государственный стандарт союза ССР «Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. ГОСТ 26212–91» [Текст] – М., 1992. – с.5.
44. Гудзь, В.П. Обработка почвы и предшественники озимой пшеницы [Текст] / В.П. Гудзь, А.А. Цюк, В.Н. Дудченко // Земледелие. – М., 1998. - № 2. – С. 22-24.

45. Гуреев, И.И. Минимизация уплотняющего воздействия на почву движителей сельскохозяйственной техники [Текст] / И.И. Гуреев // Сахарная свёкла. - 2018. - № 1. - С.9-12.
46. Гуреев, И.И. Региональный регистр комплексов машин для механизации перспективных агротехнологий [Текст] / И.И. Гуреев, В.П. Дьяков, Г.К. Гребенщиков, С. Дурдыев. - Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ ФАНО России, 2015. - 61 с.
47. Дедов, А.В. Земледелие Центрально-Черноземной зоны с основами почвоведения и агрохимии [Текст] / А.В. Дедов. – Воронеж: ВГАУ, 2008. – 358 с.
48. Дедов, А.В. Совершенствование основной обработки почвы в ЦЧР [Текст] / А.В. Дедов, Т.А. Трофимова, Д.А. Болучевский // Земледелие. – М., 2013. - № 6. – С. 5-7.
49. Дементьева, Ю. Развитие адаптивной интенсификации зернового хозяйства [Текст] / Ю. Дементьева // Международный сельскохозяйственный журнал. – М., 2010. - №5 - С.63-64.
50. Дзанагов, С.Х. Экономическая и энергетическая эффективность применения удобрений под озимую пшеницу на черноземе выщелоченном РСО-Алания [Текст] / С.Х. Дзанагов, Т.К. Лазаров, Б.В. Гагиев и др. // Известия Горского ГАУ. – Владикавказ, 2015. – Т.52. - №1. - С.10-14.
51. Дифференцированная система основной обработки почвы в районах водной и совместного действия водной и ветровой эрозии (Рекомендации) [Текст] / Е.П. Волковский, В.Г. Сорокин, Г.Г. Зеленин, И.П. Макаров и др. – Курск, 1988. – 86 с.
52. Дмитриев, Е.А. Математическая статистика в почвоведении [Текст] Е.А. Дмитриев. – М.: МГУ, 1972. – 292 с.

53. Дозоров, А. В. Сравнительная эффективность систем обработки почвы в регулировании засорённости посевов сельскохозяйственных культур [Текст] / А.В. Дозоров, А.В. Карпов, Н.Г. Захаров // Нива Поволжья, 2009. - № 4 (13). - С. 22–24.
54. Долгодворова, Л. И. Селекция полевых культур на качество [Текст] / Л. И. Долгодворова. – М.: МСХА, 1995. – С. 25–67.
55. Доманов, Н.М. Эффективность различных технологий возделывания ячменя на кормовые и пивоваренные цели [Текст] / Н.М. Доманов, П.И. Солнцев, С.А. Прокопенко // Интенсификация и оптимизация производственного процесса сельскохозяйственных растений: Материалы Международной научно-практической конференции. – Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2009. - С.240-243.
56. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст] / Б.А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 240 с.
57. Драгайцев, В.И. Методика экономической оценки технологий и машин в сельском хозяйстве [Текст] / В.И. Драгайцев, Н.М. Морозов, К.И. Алексеев и др. - М.: Типография Россельхозакадемии, 2010. - 146 с.
58. Дридигер, В.К. Методические подходы к изучению систем земледелия без обработки почвы [Текст] / В.К. Дридигер // Земледелие. – М., 2014. - № 7. – С. 24-26.
59. Дридигер, В.К. Технология прямого посева в Аргентине [Текст] / В.К. Дридигер // Земледелие. – М., 2013. - № 1. – С. 21-24.
60. Дубовик, Д.В. Агроэкологическое обоснование приемов повышения урожая и качества зерна озимой пшеницы на склоновых землях Центрального Черноземья [Текст] / Д.В. Дубовик // автореферат диссертационной работы на соискание ученой степени доктора с.-х. наук. – Курск, 2007. – 29 с.
61. Дубовик, Д.В. Формирование качества зерна озимой пшеницы на склоновых землях Центрального Черноземья [Текст] / Д.В. Дубовик. – Курск: изд-во КГУ, 2011. – 137 с.

62. Дудкин, И.В. Научное обоснование приемов и систем регулирования засоренности посевов сельскохозяйственных культур в ландшафтном земледелии лесостепи Центрального Черноземья [Текст] / И.В. Дудкин // автореферат диссертационной работы на соискание ученой степени доктора с.-х. наук. – Курск, 2009. - 38 с.
63. Еремин, Д.И. Изменение качественного состава гумуса чернозема выщелоченного под действием возрастающих доз минеральных удобрений [Текст] / Д.И. Еремин // Достижения науки и техники АПК. – М., 2012. - №10. – С. 20-23.
64. Журбицкий, З.И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений [Текст]. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 294 с.
65. Захаренко, В.А. Борьба с сорняками [Текст] / В.А. Захаренко, А.В. Захаренко // Защита и карантин растений. – М., 2004. – №4. – С.62–63.
66. Земледелие в Сибири: учебное пособие [Текст] / под ред. Н.В. Яшутина. — Барнаул: Изд-во АГАУ, 2004. — 414 с.
67. Зерно. Методы анализа [Текст]. – Москва: Стандартинформ, 2009. – 147с.
68. Зональные системы земледелия (на ландшафтной основе) [Текст] / А.И. Пупонин, Г. И. Баздырев, А. М. Лыков и др. - Москва: Колос, 1995. – 286с.
69. Кадыров, С.В. Технологии программированных урожаев в ЦЧР [Текст] / С.В.Кадыров, В.А. Федотов. – Воронеж, 2005. – 525 с.
70. Казаков, Г.И. Обработка почвы в Лесостепи Заволжья [Текст] / Г.И. Казаков, А.А. Марковский // Земледелие.- М.,2011. - №8. - С.28-29.
71. Каипов, Я.З. Водный режим чернозёма обыкновенного при минимизации вспашки [Текст] / Я.З. Каипов, Г.К. Зарипова // Земледелие. – М., 2013. - № 2. – С. 17-20.
72. Картамышев, Н.И. Стратегия и тактика земледелия в условиях рыночных отношений [Текст] / Н.И. Картамышев // Земледелие. – М., 1999. - №1. – С. 10-12.

73. Келлер, К. Успешное земледелие без плуга [Текст] / К. Келлер, К. Линке. – Франкфурт-на-Майне: изд. DLG, 2001. – 118 с.
74. Кираев, Р.С. Итоги совершенствования систем обработки почвы в Башкортостане [Текст] / Р.С. Кираев, М.Г. Сираев // Достижения науки и техники АПК. - М., 2009. - № 11. – С. 39-42.
75. Кириллов, Н.А. Минимальная обработка почвы при возделывании зерновых культур в Чувашской Республике [Ткст] / Н.А. Кириллов, А.И. Волков // Земледелие. – М., 2008. - № 4. - С.30-31.
76. Кирюшин, В.И. Агрономическое почвоведение [Текст] / В.И. Кирюшин.– М.: Колос, 2010. – 688 с.
77. Кирюшин, В.И. Методология формирования технологий возделывания сельскохозяйственных культур [Текст] / В.И. Кирюшин // Известия ТСХА – М., 1996. – №2. – С.32–42.
78. Кирюшин, В.И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия [Текст] / В.И. Кирюшин // Земледелие. - М., 2006.- №5.- С.12-14.
79. Кирюшин, В.И. Проблемы минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований [Текст] / В.И. Кирюшин // Земледелие. – М., 2013. – № 7. - С. 3-6.
80. Кирюшин, В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия [Текст] / В.И. Кирюшин. – М.: КолосС, 2011. – 443 с.
81. Кислов, А.В. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы [Текст] / А.В. Кислов, Ф.Г. Бакиров, С.А. Федюкин // Земледелие. – М., 2004. - № 4. – С. 24-25.
82. Королев, В.А. Изменение основных показателей чернозема выщелоченного при разных способах основной обработки [Текст] / В.А. Королев, А.И. Громовик, О.К. Боронтов // Почвоведение.- 2016.- №1.- С.107.

83. Косенко, Т.Г. Оценка ресурсосбережения агропроизводства [Текст] / Т.Г. Косенко, Е.А. Бессага, Е.Е. Задорожная, О. Сорочан // Вестник научных конференций. – Тамбов: ООО Консалтинговая компания ЮКОМ, 2015. - №2-5 (2). – С. 76-78.
84. Котлярова, О.Г. Плодородие агроландшафтов Центрально-Черноземной зоны: монография [Текст] / О. Г. Котлярова, Г. И. Уваров, Е. Г. Котлярова. – Белгород: Изд-во БелГСХА, 2004. – 277 с.
85. Котлярова, О.Г. Влияние основной обработки на агрофизические свойства чернозёма типичного в посевах гороха [Текст] / О.Г. Котлярова, Е.Г. Котлярова, С. М. Лубенцов // Земледелие. – М., 2012. - № 4. – С. 27-28.
86. Кремлев, А.Г. Математика. Раздел «Статистика» [Текст] / А.Г. Кремлев. - Екатеринбург: Издательство УрГЮА, 2001. – 140с.
87. Кудеяров, В.Н. Иммобилизационно-минерализационные процессы превращения азотных удобрений в почвах [Текст] / В.Н. Кудеяров // Вест. с.-х. науки. – М.,1987. - № 6. - С. 31-38.
88. Кузина, Е.В. Совершенствование обработки почвы в Среднем Поволжье [Текст] / Е.В. Кузина // Современные проблемы земледелия Зауралья и пути их научно обоснованного решения: материалы междунар. науч.-практ. конф.: ФГБНУ «Курганский НИИСХ», 2014. - С. 42–47.
89. Кузыченко, Ю.А. Ресурсосберегающие приемы основной обработки почвы на темно-каштановых почвах Центрального предкавказья [Текст] / Ю.А. Кузыченко // Достижения науки и техники АПК. – М., 2014. - №6. – С.48-50.
90. Кутилкина, В.В. Влияние обработки почвы на засоренность посевов в севообороте [Текст] / В.В. Кутилкина // Материалы VIII международной научно-практической конференции «Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов» (Краснодар, 19-23

- июня 2017 года). – Краснодар: Кубанский ГАУ имени И.Т. Трубилина, 2017. – С.253-256.
91. Ладонин, В.Ф. Комплексное применение гербицидов и удобрений в интенсивном земледелии [Текст] / В.Ф. Ладонин, А.М. Алиев. - М.: Агропромиздат, 1991. – 271 с.
 92. Лазарев, В.И. Разложение пшеничной соломы под влиянием микробиологических препаратов Гуапсин и Трифопит [Текст] / В.И. Лазарев, А.Я. Айдиев, С.А. Тарасов // Земледелие. – М., 2014. - № 8. – С. 20-22.
 93. Лебедев, В.Б. Основные направления борьбы с пыреем ползучим [Текст] / В.Б. Лебедев, Н.И. Стрижков // Достижения науки и техники АПК. – М., 2007. - №8. – С.30-31.
 94. Либман, М. Реакция сорняков на присутствие и деятельность человека [Текст] / М. Либман, Ч. Молер, Ч. Стейвер // Зерно. – Киев, 2013. - №9. – С. 112–120.
 95. Листопадов, И.Н. Наращивание производства продовольственной пшеницы на Дону [Текст] / И. Н. Листопадов // Земледелие. – М., 2002. – № 5. – С. 16–17.
 96. Лукин, С.В. Агроэкологическое состояние и продуктивность почв Белгородской области [Текст] / С.В. Лукин. - Белгород, 2011. - 301 с.
 97. Лукин, С.В. Динамика основных агрохимических показателей плодородия почв Центрально-Черноземных областей России / С.В. Лукин // Агрохимия. – М., 2011. - №6. - С.11-18.
 98. Лукин, С.В. Закономерности изменения содержания подвижного фосфора и обменного калия в почвах Белгородской области [Текст] / С.В. Лукин, П.М. Авраменко // Агрохимия. – М., 2007. - №6. – С.22-36.
 99. Лыков, А.М. Воспроизводство органического вещества почвы в современных системах земледелия [Текст] / А.М. Лыков // Земледелие. – М., 1988. - №9. - С. 20-22.

100. Лысенко, А.К. Основная обработка почвы и засорённость посевов [Текст] / А.К. Лысенко // Земледелие. – М., 1988.- № 9. – С. 37-39.
101. Магомедов, Н.Р. Ресурсосберегающие приемы обработки почвы под озимую пшеницу в равнинной зоне Дагестана [Текст] / Н.Р. Магомедов, М. Б. Халилов, С.В. Бедоева // Российская сельскохозяйственная наука. – М., 2017. - №1. - С.33-35.
102. Макеева, Т.Ф. Мониторинг уровня кислотности в пахотных почвах Орловской области [Текст] / Т.Ф. Макеева, А.Г. Наконечный, В.М. Казьмин // Russian agricultural science review. – Орел, 2015. – Т.6., №6-1. – С. 166-172.
103. Максютлов, Н.А. Ресурсосберегающие приёмы в земледелии [Текст] / Н.А. Максютлов, В.М.Жданов, В.П. Захаров и др. // Земледелие. – М., 2006. - № 6. – С.33-34.
104. Мальцев, Н.Н. Влияние различных систем обработки чистого пара на плодородие и продуктивность черноземной почвы Западного Забайкалья : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 [Текст] / Мальцев Николай Николаевич. – Улан-Удэ, 2009. – 146 с.
105. Малюга, Н.Г. Агротехнология, урожай и качество зерна озимой пшеницы на Кубани [Текст] / Н. Г. Малюга, А. И. Радионов, А. В. Загорулько. – Краснодар: КубГАУ – 2004 –250 с.
106. Малюга, Н.Г. Ресурсосберегающая технология возделывания озимой пшеницы – плюсы и минусы [Текст] / Н.Г. Малюга, Э.А. Пикушова, А.М. Кравцов, П.Т. Букреев, В.С. Горьковенко, Л.А. Шадрин, И.В. Бедловская // Защита и карантин растений. – М., 2006. - № 8. – С. 22-25.
107. Мамиев, Д.М. Оптимизированная структура посевных площадей и севооборотов для предгорной зоны РСО-Алания [Текст] / Д.М. Мамиев, А.А. Абаев, А.А. Тедеева // Новые технологии. – Майкоп: Майкопский ГТУ, 2017. - №3. – С.103-109

108. Марков, В.И. Способы борьбы с сорной растительностью в посевах яровой пшеницы [Текст] / Марков В. И., Грязина Ф. И., Кирилов В.Г. // Земледелие. – М., 2007. - №6. - С. 36–37.
109. Марьина-Чермных, О.Г. Влияние агротехнологий при возделывании сельскохозяйственных культур на окружающую среду [Текст] / О.Г. Марьина-Чермных // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». - 2017. - № 1(9). - С. 56–60.
110. Махотлова, М.Ш. Ресурсосбережение и агроэкология в земледелии [Текст] / М.Ш. Махотлова // Символ науки. – Уфа: ООО Омега Сайнс, 2016. - №1-3 (13). – С. 49-51.
111. Медведев, В.В. Твердость и твердограммы в исследованиях по обработке почв [Текст] / В.В. Медведев // Почвоведение. – М., 2009. - №3. – С.325-336.
112. Межгосударственный стандарт ГОСТ 10840-64 «Зерно. Методы определения натуры» [Текст]. – Москва, 2009 - 3с.
113. Межгосударственный стандарт ГОСТ 10842-89 «Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян» [Текст]. – Москва, 2009 - 4с.
114. Межгосударственный стандарт ГОСТ 28268-89 «Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений» [Текст]. – Москва, 2004. - 8с.
115. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30483-97 «Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой; содержания металломагнитной примеси» [Текст]. – Москва, 2009 - 19с.

116. Межгосударственный стандарт ГОСТ 9353-2016 «Пшеница. Технические условия» [Текст]. – Москва: Стандартинформ, 2016 – 12с.
117. Межгосударственный стандарт ГОСТ Р 54478-2011 «Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице» [Текст]. – Москва, 2012 - 19с.
118. Меньшова, Е.А., Влияние предпосевной обработки семян ячменя на его устойчивость к болезням и урожайность [Текст] / Е.А. Меньшова, Т.С. Нижарадзе // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Самара, 2012. - Т. 14. - № 5. – С. 241-244.
119. Мерзлая, Г.Е. Длительное применение органических и минеральных удобрений при оптимизации их доз и сочетаний на легкосуглинистой почве [Текст] / Г.Е. Мерзлая, Г.А. Зябкина, Т.П. Фомкина // Агрохимия. – М., 2006. – №10. – С. 33–40.
120. Мерзлая, Г.Е. Значение органического вещества удобрений в воспроизводстве плодородия почв [Текст] / Г.Е. Мерзлая, В.Ф. Ефремов // Актуальные проблемы агрохимической науки. – М., 2007. С. 92–100.
121. Методика экономической оценки технологии и машин в сельском хозяйстве [Текст] – М., ВНИИЭСХ.-2010. - 146 с.
122. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельском хозяйстве [Текст] – М, ВИМ.-1995.- 95 с.
123. Методические указания по ведению исследований в длительных опытах с удобрениями (анализ почв). – М.: ВИУА. – 1983. – Ч.2. – 170 с.
124. Методические рекомендации по разработке организационно-технологических карт в растениеводстве: методические рекомендации / Марченко А.В., Меньщикова А.Ф., Светлакова Т.В., Юшкова М.К. - Пермь: Изд-во ФГБОУ ВО Пермская ГСХА, 2016. - 75с.

125. Милащенко, Н.З. Минимализация обработки почв при возделывании зерновых культур в Западной Сибири [Текст] // Проблемы земледелия. – М.: Колос, 1978.
126. Модели управления продуктивностью агроландшафта (Под ред. В.М. Володина, Г.Н. Черкасова) [Текст] – Курск, 1998. – 215 с.
127. Морозов, В.И. Биологизация севооборотов и их синергетическая эффективность в управлении плодородием почвы в лесостепи Поволжья [Текст] / В.И. Морозов // Вестник Ульяновской ГСХА. – Ульяновск: Ульяновский ГСХА им. П.А. Столыпина, 2012. - №1(17). – С.36.
128. Муратов, М.Р. Баланс азота в земледелии Балтасинского муниципального района Республики Татарстан [Текст] / М.Р. Муратов, М.Ю. Гилязов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – Казань, 2013. - № 4 (30). – С.117-123.
129. Мусохранов, В. Е. Охрана почв в агроэкосистемах Алтайского края [Текст] / Е. Г. Мусохранов // Земледелие. – М., 2005. – № 6. – С. 16–17.
130. Муха, В.Д. Почвы Курской области [Текст] / В.Д. Муха, А.Ф. Сулима, В.И. Чаплыгин. – Курск, 2006. – С. 40-51.
131. Настина, Ю.Р. Энергетическая и экономическая эффективность применения микроэлементов в технологии возделывания яровой пшеницы [Текст] / Ю.Р. Настина, В.И. Костин, А.А. Настин // Вестник Ульяновской ГСХА. – Ульяновск: Ульяновский ГАУ им. П.А. Столыпина, 2017. - №4(40). – С.44-48.
132. Наумкина, Л.А. Ресурсосберегающие технологии для ЦЧЗ [Текст] / Л.А.Наумкина, А.М. Хлопяников, Г.В. Хлопяникова // Земледелие. – М., 2004. – №3. – С.28.
133. Новиков, В.М. Формирование продуктивной влаги и водопотребление зернобобовыми и крупяными культурами под действием способов основной обработки почвы и удобрений [Текст]

- / В.М. Новиков // Зерновые и крупяные культуры. – Орел: ГНУ ВНИИЗБК РАСХН, 2014. - №1(9). – С.84-91.
134. Носко, Б.С. Вынос элементов питания озимой пшеницей из чернозема типичного в зависимости от системы удобрения [Текст] / Б.С. Носко, Е.Л. Меркулова и др. // Агрохимия. – М., 2000. – №2. – С. 45-53.
 135. Олешко, В.П. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы в условиях юга Западной Сибири [Текст] / В.П. Олешко, А.А. Гаркуша, Н.И. Лихачёв, С.В. Усенко // Достижения науки и техники АПК. - М., 2011. - № 6. – С. 34-36.
 136. Органические удобрения в интенсивном земледелии [Текст] / Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Колос, 1984. – С. 22-31.
 137. Орлов, А.Н. Ресурсосберегающие приемы возделывания зерновых культур в лесостепи Поволжья [Текст] / А.Н. Орлов, О.А. Ткачук // Известия Оренбургского ГАУ. – Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2011. - №3(31). – С.34-37.
 138. Орлова, Л.В. Сберегающее земледелие – стратегия аграрной технологической политики [Текст] / Л.В. Орлова // День Российского поля (1-4 июля 2007 года, Ростовская область, поселок Рассвет). Материалы научно-практической конференции.- М, 2007. - С.31-33.
 139. Орсик, Л.С. Экономическая эффективность технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур [Текст] / Л.С. Орсик. — М.: Эфес, 2001. — 72 с.
 140. Пестряков, А.М. На принципах разноглубинности и многовариантности [Текст] / А.М. Пестряков // Земледелие. – М., 2007. - № 2. - С.19-21.
 141. Петерсон, Г. Принципы накопления влаги в технологии No-till [Текст] / Г. Петерсон // Матер. 2 междунар. конф. по No-till. - Днепропетровск, 2005. – С. 62-82.

142. Петрова, Л.Н. Ресурсосбережение в земледелии [Текст] / Л.Н. Петрова // Земледелие.- 2008.- №4.- С.7-9.
143. Печенина, Т.С. Методология оценки экономической эффективности применения ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур [Текст] / Т.С. Печенина // Вестник ФГОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. – М.: РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014. - №2 (62). – С. 88-92.
144. Писарев, В.Е. Селекция зерновых культур [Текст] / В. Е. Писарев. – М.: Колос, 1964. – 317 с.
145. План фундаментальных и приоритетных прикладных исследований Россельхозакадемии по научному обеспечению развития АПК Российской Федерации на 2011-2015 годы [Текст] / Рос. акад. с.-х. наук. - Москва: Россельхозакадемия, 2010. - 232с.
146. Показаньев, С.А. Системы обработки почвы и средства химизации при возделывании яровой пшеницы в зернопаровом севообороте [Текст] / С.А. Показаньев // Земледелие. – М., 2007. - № 6. - С. 26-27.
147. Полоус, В.С. Минимизация основной обработки почвы почвы в звене зернопропашного севооборота [Текст] / В.С. Полоус // Достижения науки и техники АПК. - М., 2010. - № 12. – С. 24-27.
148. Потапова, Л.Н. Эффективность применения ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве [Текст] / Л.Н. Потапова, Н.В. Зубкова // Системное управление. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, 2012. - №4(17). – С.30.
149. Придворев, Н.И. Эффективность различных способов основной обработки почвы под подсолнечник [Текст] / Н.И. Придворев, В.В. Верзилин, С.И. Коржов, В.А. Маслов, Е.А. Родионов // Вестник РАСХН. – М., 2011. - № 2. – С. 28-31.

150. Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России [Текст] / Под редакцией академиков Россельхозакадемии А.В. Гордеева, Г.А. Романенко. – М.: Росинформагротех, 2008. – 67 с.
151. Программа фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 гг. [Текст] / Рос. акад. наук. - Москва, 2008. - 371с.
152. Программа фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2008-2012 гг. [Текст] / Рос. акад. наук. - Москва, 2012. - 548с.
153. Проект Федерального закона №99055541-2 «О почвах» [электронный ресурс] <https://www.lawmix.ru/lawprojects/72340>.
154. Пузаченко, Ю.Г. Возможность применения анализа при изучении почвы на примере ее влажности [Текст] / Ю.Г. Пузаченко, Л.О. Карпачевский, Н.А. Взнуздаев // Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. - М.: Наука, 1970. - С.103-121.
155. Пыхтин, И.Г. Агроэкологические аспекты продуктивности севооборотов в лесостепной зоне Европейской части СССР [Текст] / И.Г. Пыхтин – Курск, ВНИИЗ и ЗПЭ, 1989. – 390 с.
156. Пыхтин, И.Г. К обоснованию уровня интенсивности используемых технологий возделывания культур [Текст] / И.Г. Пыхтин // Сб. Модели и технологии оптимизации земледелия. Курск, 2003. – С. 385–390.
157. Пыхтин, И.Г. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур [Ткст] / И.Г. Пыхтин, А.В. Гостев, Н.Б. Нитченко, В.А. Плотников // Земледелие. – 2016. - № 6. - С. 16-19.

158. Радченко, Л.А. Влияние севооборотов на засоренность растений [Текст] / Л.А. Радченко, К.Г. Женченко // Защита и карантин растений. – М.: Редакция журнала «Защита и карантин растений», 2017. - №12. – С.30-32.
159. Ревякин, Е.Л. Ресурсосберегающие технологии: состояние, перспективы, эффективность [Текст] / Е.Л. Ревякин, А.Т. Табашников и др. – М.: Росинформагротех, 2011. – 156 с.
160. Регистр технологий возделывания зерновых культур в Центральном Черноземье (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2013660929 от 01.08.2013) [программа для ЭВМ] / И.Г. Пыхтин, А.В. Гостев, Л.Б. Нитченко, А.И. Пыхтин. - Курск, 2013.
161. 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.
162. Ресурсосберегающие технологии возделывания озимой пшеницы в агроландшафтах Поволжья (Методические рекомендации) [Текст] - Саратов, 2008.- 64 с.
163. Ресурсосберегающие технологии и технические средства в растениеводстве: курс лекций [Текст] / Е.В. Труфляк. – Краснодар: Кубанский ГАУ, 2015. – 69 с.
164. Ресурсосберегающие технологии: состояние, перспективы, эффективность: науч. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 156 с.
165. Розанов, Б.Г. Не растачивать, а наращивать плодородие [Текст] / В.Г. Розанов // Земледелие. – М., 1988. - №11. - С. 31-34.
166. Розова, М.А. Влияние погодных условий на содержание в зерне яровой твердой пшеницы белка, клейковины и ее качество в условиях приобской лесостепи Алтайского края [Текст] / М.А. Розова, В.Н. Мухин // Достижения науки и техники АПК. - М., 2015. - №8. - С.58-61.

167. Романенко, А.А. Эффективность различных систем основной обработки почвы под сельскохозяйственные культуры в зернопропашном севообороте [Текст] / А.А. Романенко, П.П. Васюков, В.М. Кильдюшкин // Достижения науки и техники АПК. - М., 2011. - № 8. - С. 34-36.
168. Румянцев, А.В. Влияние ресурсосберегающих технологий на плодородие почвы [Текст] / А. В. Румянцев, Л.В. Орлова // Земледелие. - М., 2005. - №2. - С.22-23.
169. Рымарь, С.В. Длительное применение различных способов основной обработки и плодородие чернозёма обыкновенного [Текст] / С.В. Рымарь // Земледелие. - М., 2007. - № 3. - С. 22-23.
170. Рязанов, М.В. Повышение эффективности использования жидких органических удобрений путем разработки и обоснования параметров агрегата для подпочвенного внесения [Текст] / М.В. Рязанов // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Белгород, 2009. – 20 с.
171. Сайзону, А.Г. Структура азотного фонда черноземов типичных мощных Лесостепи УССР и желтоземов типичных влажных субтропиков западной Грузии в природных и культурных экосистемах [Текст] / А.Г. Сайзону // автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. – Харьков, 1990. – 23 с.
172. Саленков, С.Н. Современные энергосберегающие технологии [Текст] / С.Н. Саленков // Земледелие. – 2001. – № 5. – С. 8-9.
173. Сарычев, А.Н. Ресурсосбережение и урожай зерновых культур [Текст] / А.Н. Сарычев, В.М. Жидков, К.К. Бралиевю – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2013. – 176с.
174. Сигида, М.С. Урожайность озимой пшеницы в зоне умеренного увлажнения в зависимости от систем удобрений и предшественников [Текст] / М. С. Сигида, Т. С. Айсанов, А. Н. Есаулко, Е. В. Голосной, А. С. Айсанов // Инновационные разработки молодых ученых –

- развитию агропромышленного комплекса: сб. тр. 4-й Международной конференции. Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства, 2015. - С.985-987.
175. Система земледелия в опытно-производственном племенном хозяйстве ВНИИЗ и ЗПЭ: Научно-технический бюллетень ВНИИЗиЗПЭ [Текст]. – Курск, 1982. - Вып. 1-2 (32-33)-82. – 184 с.
 176. Система земледелия Курской области [Текст]. – Курск: Изд-во «Курская правда», 1982. – 204 с.
 177. Система оценки ресурсного потенциала агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов [Текст] / Масютенко Н.П., Чуян О.Г. и др. – Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2012. – 67с.
 178. Система применения удобрений: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальностям «Агрохимия и почвоведение», «Защита растений и карантин» [Текст] / В.В. Лапа и др. // под ред. В.В. Лапы – Гродно: ГГАУ, 2011. – 418 с.
 179. Скопина, И. В. Индикативный, критериальный и комплексный подходы к оценке эффективности системы регионального управления [Текст] / И. В. Скопина, О.В. Скопин // Управление экономическими системами. – Кисловодск: Кисловодский институт экономики и права, 2010. - № 2. – С.155-167.
 180. Смагин, Б.И. Эффективность использования ресурсного потенциала в аграрном производстве [Текст] / Б.И. Смагин, В.В. Акиндинов. - Мичуринск: Издательство Мичуринского государственного аграрного университета, 2007. – 150с.
 181. Смирнов, Б.А. Влияние систем минимальной обработки, удобрений и защиты растений на биологические показатели плодородия дерново-подзолистой глееватой почвы [Текст] / Б.А. Смирнов, П.А. Котьяк, Е.В.

- Чебыкина, А.М. Труфанов // Известия ТСХА. – М., 2013. - № 1. – С. 85-96.
182. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии [Текст] / Под ред. А.И. Завражнова. – Спб.: Издательство «Лань», 2013 – 496 с.
183. Солодун, В.И. Обоснование и классификация механической обработки почвы в системах земледелия Российской Федерации [Текст] / В.И. Солодун // Достижения науки и техники АПК. - М., 2011. - № 12. – С. 6-8.
184. Спиридонов, Ю.Я. Оптимизированная технология производства озимой пшеницы в Центральном Нечерноземье РФ [Текст] / Ю.Я. Спиридонов, М.С. Соколов, Г.С. Босак // Достижения науки и техники АПК. - М., 2017.- №6. - С.27-30.
185. Стюхин, А.Ю. Влияние удобрений и извести на кислотность дерново-подзолистой почвы [Текст] / А.Ю. Стюхин, А.В. Захаренко, Л.М. Поддымкина // Плодородие. – М., 2007. - №6. – С.5-6.
186. Сытник, В.П. Обработка почвы в Украине: вспашка, минимальная, нулевая [Текст] / В.П. Сытник, В.В. Медведев // Вестник аграрной науки, 2007. - №2. – С.3-12.
187. Сычев, В.Г. Состояние и эффективность химической мелиорации почв в земледелии Российской Федерации [Текст] / В.Г. Сычев, И.А. Шильников, Н.И. Аканова // Плодородие, 2013. - № 1. - С.9–13.
188. Тагиров, М.Ш. Ресурсосберегающие технологии возделывания основных сельскохозяйственных культур и плодородие почвы [Текст] М.Ш. Тагиров, Р.С. Шакиров // Нива Татарстана. – Казань, 2014. – С.20-22.
189. 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: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН. 2012. – 81 с.
190. Тимонов, В.Ю. Влияние способов основной обработки почвы и предшественников яровой твердой пшеницы на запасы продуктивной влаги [Текст] / В.Ю. Тимонов, Н.В. Долгополова // Вестник Курской ГСХА. – Курск: Курская ГСХА, 2009. - №6. – С.57-59.
 191. Типовые нормы выработки на стационарные работы в растениеводстве [Текст]. - М.: Росагропромиздат, 1989. - 384 с.
 192. Типовые нормы выработки и расход топлива на сельскохозяйственные механизированные работы. Часть 1 [Текст]. - Москва: РОСНИСАГРОПРОМ, 2000. - 280 с.
 193. Титов, Ю.Н. Формирование качества зерна яровой пшеницы в зависимости от предшественников [Тест] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2007. – №2 (28). – С. 11-15.
 194. Толоконников, В.В. Особенности высокорентабельного возделывания среднеспелых сортов сои в условиях орошения [Тест] / В.В. Толоконников, А.А. Новиков, О.П. Комарова, Т.С. Кошкарлова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – Волгоград, 2018. - № 3 (51). - С. 185-191.
 195. Трофимова, Т.А. Научные основы совершенствования основной обработки и регулирования плодородия почв в ЦЧР [Тест] / Т.А. Трофимова / Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. – Воронеж, 2014. – 399с.
 196. Трофимовская, А.Я. Ячмень эволюция, классификация, селекция) [Текст] / А.Я. Трофимовская. - Л.: Колос, 1972. - 290 с.

197. Трушина, О.А. Ресурсный потенциал земельных угодий в сельском хозяйстве Республики Дагестан: оценка и использование [Текст] / О.А. Трушина, Н.А. Муртилов // Вопросы структуризации экономики, 2000. - №1. – С.41-46.
198. Тугуз, Р.К. Научное обоснование систем и способов обработки слитого чернозёма в различных звеньях севооборотов в Республике Адыгея [Текст] / Р.К. Тугуз. – Майкоп, 2011. – 272 с.
199. Уваров, Г.И. Азотный режим чернозема типичного при возделывании культур в севооборотах [Текст] / Г.И. Уваров, В.Д. Соловиченко // Агрохимия. – М., 2009. - № 4. - С. 5–10.
200. Уваров, Г.И. Влияние удобрения, севооборота и обработки почвы на нитрификационную способность чернозема и содержание гидролизующего азота [Текст] / Г.И. Уваров, Я.Ю. Боровская // Агрохимия. – М., 2014. - №3. – С. 36-42.
201. Уваров, Г.И. Роль сорта и предшественника в повышении урожая и качества зерна озимой пшеницы [Текст] / Г.И. Уваров, В.В. Смирнова, С.И. Смуров // Зерновое хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 15–16.
202. Узаков, Г.О. Зависимости урожайности зерновых культур от нормы, срока и способа посева [Текст] / Г.О. Узаков, Н. Халилов // Вестник Мичуринского ГАУ. – Москва, 2017 - №3 – С. 38-42.
203. Фролова, Л.Д. Биологизация земледелия как фактор повышения плодородия почв и продуктивности кормовых севооборотов [Текст] / Л.Д. Фролова, М.Н. Новиков // Агропромышленные технологии Центральной России. – Елец: Елецкий ГУ им. И.А. Бунина, 2018. - №2 (8). – С.71-77.
204. Хадеев, Т.Г. Научные основы увеличения производства зерна в Республике Татарстан [Текст] / Т.Г. Хадеев // Земледелие. – М., 2006. - №3. – С.3-5.

205. Халиуллин, К.З. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в степных агроландшафтах Республики Башкортостана [Текст] / К.З. Халиуллин, Т.И. Киекбаев, С.А. Лукьянов, И.А. Гайнуллин // Достижения науки и техники АПК. - М., 2010. - № 1. – С. 34-36.
206. Хрипунов, А.И. Эффективность чистых и занятых паров в условиях Ставропольского края [Текст] / А.И. Хрипунов, Л.И. Желнакова, А.А. Федотов // Достижения науки и техники АПК, 2014. - № 9. - С.26–30.
207. Хусаинов, А.Т. Содержание нитратного азота в черноземных почвах Северного Казахстана [Текст] / А.Т. Хусаинов, К.Х. Сейдалина / Вестник Алтайского ГАУ. – Барнаул, 2009. - №3 (53). – С.27-30.
208. Чекмарёв, П.А. Итоги реализации программы биологизации земледелия в Белгородской области [Текст] / П.А. Чекмарёв, С.В. Лукин // Земледелие.- М., 2014.- №8.-С.3-6.
209. Черкасов, Г.Н. Научно-практические основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия Курской области [Текст] / Г.Н. Черкасов, Н.П. Масютенко, И.Г. Пыхтин, А.В. Гостев и др. – Курск, 2017. – 188 с.
210. Черкасов, Г.Н. Длительные полевые опыты на черноземах Курской области России (путеводитель) [Текст] / Г.Н. Черкасов, Н.П. Масютенко, А.В. Гостев, И.Г. Пыхтин и др. – Курск: ГНУ ВНИИ ЗиЗПЭ РАСХН, 2010. – 35 с.
211. Черкасов, Г.Н. Комбинированные системы основной обработки наиболее эффективны и обоснованы [Текст] / Г.Н. Черкасов, И.Г. Пыхтин // Земледелие. – М., 2006. - №6. - С.20-22.
212. Черкасов, Г.Н. Научные основы формирования ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур в ландшафтном земледелии [Текст] / Г.Н. Черкасов, И.Г. Пыхтин, А.Г. Рожков и др.- Курск, 2004.-36 с.

213. Черкасов, Г.Н. Ресурсосберегающие приемы в адаптивно-ландшафтном земледелии [Текст] / Г.Н. Черкасов, С.И. Казанцев // Владимирский земледелец. – Суздаль, 2013. - №3 (65). – С.5-8.
214. Черкасов, Г.Н. Совершенствование технологий возделывания зерновых культур [Текст] / Г.Н. Черкасов, А.В. Гостев // Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Научное обеспечение устойчивого развития АПК в Северо-Кавказском федеральном округе» (Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ГНУ Кабардино-Балкарский НИИСХ Россельхозакадемии, 16-18 июля 2013 года) – Нальчик, 2013. – Том 1. - С. 180-185.
215. Черкасов, Г.Н. Современный подход к систематизации обработок почвы в агротехнологиях нового поколения [Текст] / Г.Н. Черкасов, И.Г. Пыхтин, А.В. Гостев // Достижения науки и техники АПК. – 2016. - Т.30. - №1. С.5-8.
216. Черкасов, Г.Н. Теоретические основы систематизации обработок почвы в агротехнологиях нового поколения [Текст] / Г.Н. Черкасов, И.Г. Пыхтин, А.В. Гостев и др. – Курск, 2015. – 94 с.
217. Чесняк, О. А. Влияние сельскохозяйственных культур на содержание азота и его формы в черноземе моном левобережной Лесостепи УССР [Текст] / О. А. Чесняк, Г. Я. Чесняк // Тр. Харьк. с.-х. ин-та. – Харьков, 1977. – Т. 230. – С. 50–56.
218. Чибис, В.В. Экономическая эффективность полевых севооборотов при оптимизации структуры посевных площадей [Текст] / В.В. Чибис, С.П. Чибис, И.Н. Кутышев, Е.В. Фалалеева // Вестник Казанского ГАУ. – Казань: Казанский ГАУ, 2017. – Т.12. - №4(46). – С.45-49.
219. Шабаев, А.И. Адаптивно-экологические системы земледелия в агроландшафтах Поволжья [Текст] / А.И. Шабаев. - Саратов, 2003. 284 с.

220. Шабает, А.И. Ресурсосберегающие технологии возделывания озимой пшеницы в агроландшафтах Поволжья [Текст] / А.И. Шабает // Земледелие. – М., 2009. – 4. – С.13-15.
221. Шевченко, В.Е. Ресурсосберегающая технология обработки почв в условиях Воронежской области [Текст] / В.Е. Шевченко, В.Д. Иванов // Научные основы и практические рекомендации. - Воронеж, 1997.- 37 с.
222. Шевченко, Н.В. Сравнительная оценка минимальных технологий обработки почвы при выращивании озимой пшеницы в северной степи Украины [Текст] / Н.В. Шевченко, Е.М. Лебедь, Н.И.Пивовар // Земледелие. – М., 2015. - №2. С.20-21.
223. Шейхов, М.А. Пути повышения эффективности использования материальных ресурсов [Текст] / М.А. Шейхов, Р.Ю. Гамидов // Вопросы структуризации экономики, 2001. - №5. – С.73-75.
224. Шикула, Н.К. Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия [Текст] / Н.К. Шикула, Г.В. Назаренко. - М.: Агропромиздат, 1990. - 320 с.
225. Шикула, Н.К. Почвозащитная биологическая система земледелия в Украине [Текст] / Н.К. Шикула. – М.: Агропромиздат, 2000. – 389 с.
226. Шильников, И.А. Вопросы известкования почв в современных условиях [Текст] / И.А. Шильников, Н.И. Аканова // Плодородие. 2011. - №3.- С. 22- 24.
227. Щербаков, А.П. Антропогенная эволюция черноземов [Текст] / А.П. Щербаков, И.И. Васенев. – Воронеж: изд-во Воронеж. Гос. ун-та, 2000. – 412с.
228. Эльдиев, М.Д. Ресурсный потенциал территории как основа эффективного функционирования АПК: теоретический аспект [Текст] / М.Д. Эльдиев, С.В. Соловьев // Сб. статей международной научной конференции «Научные исследования» под ред. М.Д. Эльдиева и др. - Москва, 2016. - С. 104-109.

229. Энергоресурсосбережение в растениеводстве Западной Сибири: учеб. пособие [Текст] / С.Х. Вышегуров, Р.Р. Галеев, М.Е. Черепанов, В.И. Ваганов, А.Ф. Кондратов, А.И. Капинос, В.А. Петрук, Ю.И. Свистунов, Л.В. Овчинникова, И.С. Ломако, А.Д. Гончаров, С.К. Гамаско; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2002. – 202 с.
230. Эседуллаев, С.Т. Биологизация систем земледелия Верхневолжья путем создания в выводных полях севооборотов и внесевооборотных участках высокопродуктивных и долголетних травостоев козлятника восточного [Текст] / С.Т. Эседуллаев // Russian agricultural science review. – Орел: ООО Мегасервис, 2015. – Т.6. - №6-1. – С.83-87.
231. Эседуллаев, С.Т. Ресурсосберегающие приемы повышения производства сельскохозяйственной продукции на дерново подзолистых почвах [Текст] / С.Т. Эседуллаев // Владимирский земледелец. – Суздаль, 2016. - №1 (76). – С. 43-50.
232. Albertssona, J. Effects of competition between short-rotation willow and weeds on performance of different clones and associated weed flora during the first harvest cycle [Text] / J. Albertssona, T. Verwijstb, D. Hanssonc, N. O. Bertholdssona, I. Ahman // Biomass and Bioenergy. – 2014. – Vol. 70. – P. 364-372.
233. Anderson, R.L. Diversity and no-till: keys for pest management in the U.S. Great Plains [Text] / R.L/ Anderson // Weed Science. 2008. V. 56. P. 141-145.
234. Cavazza, Z. Mode of fillage and soil structure stabilify [Text] / Z. Cavazza, A.Patrano // Trans 14 th. Kufofo, And 12-18. – 1990. – P. 243-244.
235. Dzotsi, K.A. Development, uncertainty and sensitivity analysis of the simple SALUS crop model in DSSAT [Text] / K.A. Dzotsi, B. Basso, J.W. Jones // Ecological Modelling, 2013, - №260. – P.62-76.
236. Falisse, A. Cereal Production [Text] / A. Falisse, B. Bodson // Ed. By Gallyher E.J. Butterworth: Royal Dublin Soc. – 1984. – 273 p.

237. Hunt, L.A. Hoogenboom G. Agronomic data: advances in documentation and protocols for exchange and use [Text] / L.A. Hunt, J.W. White, G. Hoogenboom // *Agricultural Systems*, 2001, №70. – P.477-492.
238. Norton, J.B. Loss and Recovery of Soil Organic Carbon and Nitrogen in a Semiarid Agroecosystem [Text] / J.B. Norton, J. Eusebieus, M. Norton, U. Norton // *Soil Organic Society of America Journal*, 2012. -№ 76 (2). - P.505-514.
239. Quincke, J.A. Occasional Tillage of No-Till Systems [Text] / J.A. Quincke, C.S. Wortmann, M. Mano, T. Franti, R.A. Drijber // *Agronomy Journal*. 2007. № 99 (4). P. 1158-1168.
240. Paz, J.O. A modeling approach to quantifying the effects of spatial soybean yield limiting factors [Text] / J.O. Paz, W.D. Batchelor, G.L. Tylka, R.G. Hartzler, J.O. Paz // *Trans. ASAE*, 2001, №44(5). – P.1329-1334.
241. Peltonen, I. The effect of climatic factors on production of spring wheat quantity to quality ratio in southern Finland [Text] / I. Peltonen, T. Karvonen, E. Kivi // *J. Agr. Sci. In Finland*. - 1990. - №3. - P. 227-236.
242. Rainbow, R., *Advances in No-till Farming Technologies and soil Compaction Management in Rainfed Farming Systems* [Text] / R. Rainbow, R. Derpsch // *Rainfed Farming Systems*. London; New York: Springer, 2011. P. 991-1014.
243. Report of the Governing Council / Global Ministerial Environment Forum of the United Nations Environment Programme on its 1st universal session [Text]. - 2014 - E/2013/99 - p. 190.
244. Sharonova, N.L., The tolerance of cultivated and wild plants of different taxonomy to soil contamination by kerosene [Text] / N.L. Sharonova, I.P. Breus // *Science of The Total Environment*. – 2012. –V. 424. – P. 121-129.
245. Singh, R.N. Response of high yielding wheat varieties to rates and methods of potassium application [Text] / R.N. Singh & M. Sing // *Mysore J Agric*. - 1987. - Sci 20. - S. 276-283.

246. Soanea, B.D. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment [Text] / B.D. Soanea // Soil and Tillage Research. – 2012. – V.118. – P. 66-87.
247. Spaar, D. Wirtschaftliche und epidemiologische Bedeutung der Virusresistenz. In Kegler H., Friedt W. (Hrsg.) Resistenz von Kulturpflanzen gegen pflanzenpathogene Viren. Gustav Fischer Verlag Jena-Stuttgart- New York, 1993. P. 21–34.
248. Status of the World's Soil Resources [Text] / Food and agriculture organization of the United Nations. - Rome, 2015. – 608p.
249. Tanas, W. Basic agrotechnic requirements of spraying process [Text] / W.Tanas, T.Kot // Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2006. - Vol. 51(1). – P.53-59
250. Welker, G.K. Weather sensitivity of western Canada wheat yield [Text] / G.K. Welker // Grain crops. – 1991. - №7. – P.4.
251. World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps [Text]. – World Soil Resources Reports № 106. - FAO, Rome, 2015. – 192p.

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Приложение А

Таблица А.1

Содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы в посевах пшеницы мягкой озимой, находящейся в фазе возобновления весенней вегетации
(при использовании различных различных предшествующих культур)

Вариант предшественника	Глубина взятия образца почвы (см)	Содержание продуктивной влаги в почве, мм			
		2008	2012	2016	Среднее
Блок 1					
Чистый пар, зернопаропропашной севооборот, абсолютный контроль	0-20	50,5	54,6	56,6	53,9
	20-40	45,9	58,9	60,6	55,1
	40-60	24,5	37,1	31,2	30,9
	60-80	21,6	33,6	28,7	28,0
	80-100	21,7	30,3	28,1	26,7
	0-100	164,2	214,5	205,3	194,7
Однолетние травы, зернотравянопропашной севооборот	0-20	50,9	23,9	55,3	43,4
	20-40	40,5	40,3	53,2	44,7
	40-60	21,0	38,2	27,5	28,9
	60-80	14,9	40,7	26,6	27,4
	80-100	20,4	36,9	25,3	27,5
	0-100	147,7	180,0	187,9	171,9
Многолетние травы, зернотравяной севооборот	0-20	46,9	73,7	50,5	57,0
	20-40	51,4	62,8	50,9	55,0
	40-60	25,1	36,3	28,3	29,9
	60-80	17,2	37,8	28,0	27,7
	80-100	18,4	31,3	28,5	26,1
	0-100	159,0	241,9	186,2	195,7
Блок 2					
Чистый пар, зернопаропропашной севооборот, контроль	0-20	40,9	65,0	69,6	58,5
	20-40	37,5	63,8	63,9	55,1
	40-60	15,9	41,4	33,8	30,4
	60-80	15,8	41,6	32,8	30,1
	80-100	15,9	38,4	33,3	29,2
	0-100	126,0	250,2	233,3	203,2
Сидеральный пар, зернопаропропашной севооборот	0-20	37,6	63,3	59,7	53,5
	20-40	29,0	57,6	55,9	47,5
	40-60	17,6	39,4	26,6	27,9
	60-80	15,5	40,2	30,4	28,7
	80-100	17,4	38,6	24,8	26,9
	0-100	117,1	239,1	197,4	184,5

НСР_{0,5} для фактора «предшественник»: 13,9;

для фактора «глубина взятия образца»: в слое 0-20 см - 24,8, 20-40 см – 14,2,
40-60 см – 6,6, 60-80 см – 5,9,
80-100 см – 7,1, 0-100 см – 32,6.

Содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы
в посевах пшеницы мягкой озимой, находящейся в фазе возобновления весенней
вегетации (при использовании различных способов основной обработки почвы)

Тип технологии	Используемая обработка почвы	Глубина взятия образца почвы (см)	Содержание продуктивной влаги в почве, мм			
			2008	2012	2016	Среднее
Блок 1						
Базовый	Средняя отвальная обработка под предшественник (чистый пар), абсолютный контроль	0-20	50,5	54,6	56,6	53,9
		20-40	45,9	58,9	60,6	55,1
		40-60	24,5	37,1	31,2	30,9
		60-80	21,6	33,6	28,7	28,0
		80-100	21,7	30,3	28,1	26,7
		0-100	164,2	214,5	205,3	194,7
	Средняя безотвальная обработка под предшественник (чистый пар)	0-20	50,9	71,2	52,3	58,1
		20-40	40,5	59,6	54,2	51,4
		40-60	21,0	35,7	28,7	28,5
		60-80	14,9	34,3	28,9	26,0
		80-100	20,4	32,3	29,3	27,3
		0-100	147,7	233,1	193,4	191,4
	Мелкая безотвальная обработка под предшественник (чистый пар)	0-20	46,9	67,5	56,9	57,1
		20-40	51,4	63,1	60,7	58,4
		40-60	25,1	39,2	32,1	32,1
		60-80	17,2	36,4	31,9	28,5
		80-100	18,4	31,7	31,3	27,1
		0-100	159,0	237,9	212,8	203,2
Интенсивный	Средняя отвальная обработка под предшественник (чистый пар)	0-20	36,7	49,3	53,8	46,6
		20-40	31,2	55,7	57,6	48,2
		40-60	15,4	39,8	31,5	28,9
		60-80	15,2	30,2	29,4	24,9
		80-100	14,8	26,5	27,3	22,9
		0-100	113,2	201,5	199,6	171,4
	Мелкая безотвальная обработка под предшественник (чистый пар)	0-20	39,7	49,4	53,2	47,4
		20-40	39,7	50,8	58,4	49,6
		40-60	20,5	32,6	34,7	29,3
		60-80	20,0	30,7	29,0	26,6
		80-100	17,2	32,2	27,5	25,6
		0-100	137,1	195,7	202,8	178,5
Блок 2						
Базовый	Средняя отвальная обработка под предшественник (чистый пар), контроль	0-20	40,9	65,0	69,6	58,5
		20-40	37,5	63,8	63,9	55,1
		40-60	15,9	41,4	33,8	30,4
		60-80	15,8	41,6	32,8	30,1
		80-100	15,9	38,4	33,3	29,2
		0-100	126,0	250,2	233,3	203,2
Интенсивный	Средняя отвальная обработка под возделываемую культуру	0-20	37,6	63,3	59,7	53,5
		20-40	29,0	57,6	55,9	47,5
		40-60	17,6	39,4	26,6	27,9
		60-80	15,5	40,2	30,4	28,7
		80-100	17,4	38,6	24,8	26,9
		0-100	117,1	239,1	197,4	184,5

НСР_{0,5} для фактора «обработка почвы»: 12,9, для фактора «глубина взятия образца»: в слое
0-20 см – 11,2, 20-40 см – 8,1, 40-60 см – 6,4, 60-80 см – 5,6, 80-100 см – 5,8, 0-100 см – 20,4.

Таблица А.3

Содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы после посева ячменя ярового
(при использовании различных систем основной обработки почвы)

Тип технологии	Используемая обработка почвы	Глубина взятия образца почвы (см)	Содержание продуктивной влаги в почве, мм			
			2010	2014	2018	Среднее
Блок 1						
Базовый	Средняя отвальная обработка под ячмень, абсолютный контроль	0-20	29,9	27,6	26,6	28,0
		20-40	24,7	25,0	20,6	23,4
		40-60	19,7	25,4	25,5	23,5
		60-80	21,3	26,2	25,8	24,4
		80-100	23,8	18,6	27,2	23,2
		0-100	119,4	122,8	125,7	122,6
	Средняя безотвальная обработка под ячмень	0-20	23,0	31,9	19,9	24,9
		20-40	22,7	29,8	18,7	23,7
		40-60	23,4	26,1	21,4	23,6
		60-80	24,7	22,8	27,7	25,1
		80-100	22,1	17,3	24,8	21,4
		0-100	115,9	127,9	112,5	118,8
	Мелкая безотвальная обработка под ячмень	0-20	19,4	27,4	17,5	21,4
		20-40	23,5	28,1	22,6	24,7
		40-60	21,7	23,8	27,2	24,2
		60-80	23,2	25,6	23,4	24,1
		80-100	18,6	17,4	20,7	18,9
		0-100	106,4	122,3	111,4	113,4
Интенсивный	Средняя отвальная обработка под ячмень	0-20	20,3	25,4	24,1	23,3
		20-40	15,6	22,7	18,9	19,1
		40-60	18,4	21,5	22,5	20,8
		60-80	17,3	23,4	21,7	20,8
		80-100	20,8	16,8	24,3	20,6
		0-100	92,4	109,8	111,5	104,6
	Мелкая безотвальная обработка под ячмень	0-20	19,3	26,3	15,6	20,4
		20-40	22,7	25,0	20,3	22,7
		40-60	21,1	22,7	22,4	22,1
		60-80	20,6	21,1	21,7	21,1
		80-100	18,0	17,5	19,5	18,3
		0-100	101,7	112,6	99,5	104,6
Блок 2						
Базовый	Средняя отвальная обработка под ячмень, контроль	0-20	39,0	37,9	31,3	36,1
		20-40	31,0	32,4	24,6	29,3
		40-60	18,5	31,6	27,6	25,9
		60-80	24,0	28,0	28,4	26,8
		80-100	21,5	26,8	28,8	25,7
		0-100	134,0	156,7	140,7	143,8
Интенсивный	Поверхностная обработка под ячмень	0-20	21,2	52,3	27,5	33,7
		20-40	17,5	55,7	21,8	31,7
		40-60	15,8	26,6	23,4	21,9
		60-80	19,1	23,6	21,6	21,4
		80-100	14,0	27,2	20,7	20,6
		0-100	87,6	185,3	115,0	129,3

НСР_{0,5} для фактора «обработка почвы»: 12,7, для фактора «глубина взятия образца»: в слое 0-20 см – 10,6, 20-40 см – 12,8, 40-60 см – 4,9, 60-80 см – 3,0, 80-100 см – 6,4, 0-100 см – 20,8.

Приложение Б

Таблица Б.1

Количество сорных растений в посевах пшеницы мягкой озимой

Вариант	Количество сорных растений в посевах исследуемых вариантов в начале возобновления вегетации пшеницы мягкой озимой, шт./м ² *				Количество сорных растений в посевах исследуемых вариантов перед уборкой пшеницы мягкой озимой, шт./м ² *			
	2008	2012	2016	X _{ср}	2008	2012	2016	X _{ср}
Базовая технология, Блок 1, средняя отвальная обработка под предшественник (чистый пар), контроль	20 / 8	64 / 24	72 / 8	45 / 13	10 / 0	39** / 17**	24 / 4	24 / 7
Интенсивная технология, Блок 1, средняя отвальная обработка под предшественник (чистый пар)	71 / 13	224 / 21	200 / 16	165 / 17	21 / 2	100** / 17**	36 / 12	52 / 10
Базовая технология, Блок 1, средняя безотвальная обработка под предшественник (чистый пар)	78 / 25	124 / 56	176 / 21	126 / 44	17 / 10	41** / 41**	24 / 16	27 / 22
Базовая технология, Блок 1, мелкая безотвальная обработка под предшественник (чистый пар)	75 / 27	172 / 52	188 / 56	145 / 45	19 / 10	69** / 68**	48 / 28	45 / 35
Интенсивная технология, Блок 1, мелкая безотвальная обработка под предшественник (чистый пар)	83 / 50	216 / 80	200 / 68	166 / 66	53 / 19	92** / 16**	40 / 16	62 / 17
Базовая технология, Блок 2, средняя отвальная обработка под предшественник (пар)	22 / 1	13 / 4	12 / 4	16 / 3	4 / 2	8** / 4**	0 / 0	4 / 2
Интенсивная технология, Блок 2, средняя отвальная обработка под озимую пшеницу	35 / 2	17 / 4	18 / 8	23 / 5	12 / 0	15** / 2**	0 / 0	9 / 1

Примечание: * - общее количество сорняков / из них многолетников

** - в 2012 году эффект от применения гербицидов был незначительным, так как они вносились в поздние агросроки из-за проливных дождей

Приложение В

Таблица В.1

Содержание гумуса в пахотном слое почвы после уборки пшеницы озимой при использовании различных севооборотов, основной обработки почвы и удобрений

Вариант	Слой почвы, см	Содержание гумуса, %			
		2008	2012	2016	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	0-20	5,24	5,11	4,97	5,11
	20-40	5,20	5,05	4,88	5,04
	0-40	5,14	5,08	4,93	5,05
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки	0-20	5,27	5,18	5,05	5,17
	20-40	5,11	5,08	4,93	5,04
	0-40	5,19	5,13	4,99	5,10
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	5,26	5,14	5,04	5,15
	20-40	5,21	5,12	5,00	5,11
	0-40	5,24	5,13	5,02	5,13
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	5,29	5,19	5,09	5,19
	20-40	5,17	5,04	4,88	5,03
	0-40	5,23	5,12	4,99	5,11
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений - $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	5,31	5,23	5,17	5,24
	20-40	5,25	5,20	5,15	5,20
	0-40	5,28	5,22	5,16	5,22
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	5,34	5,28	5,20	5,27
	20-40	5,21	5,12	5,09	5,14
	0-40	5,28	5,20	5,15	5,21
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	5,34	5,28	5,20	5,27
	20-40	5,26	5,21	5,16	5,21
	0-40	5,30	5,25	5,18	5,24
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	5,38	5,30	5,22	5,30
	20-40	5,21	5,16	5,09	5,15
	0-40	5,30	5,23	5,16	5,23
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	5,46	5,34	5,20	5,33
	20-40	5,39	5,27	5,13	5,26
	0-40	5,43	5,31	5,17	5,30
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. ресурсосберегающая система обработки почвы	0-20	5,52	5,39	5,27	5,39
	20-40	5,38	5,24	5,11	5,24
	0-40	5,45	5,32	5,19	5,32

Продолжение Таблицы В.1

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$ при возделывании пшеницы мягкой озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ при возделывании ячменя ярового, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без орган. удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	5,37	5,30	5,21	5,29
	20-40	5,31	5,20	5,12	5,21
	0-40	5,34	5,25	5,17	5,25
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	5,39	5,32	5,24	5,32
	20-40	5,28	5,16	5,07	5,17
	0-40	5,34	5,24	5,16	5,25
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	5,42	5,36	5,23	5,34
	20-40	5,33	5,25	5,11	5,23
	0-40	5,38	5,31	5,17	5,29
<i>Интенсивная технология с двойной дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ ячменя, без внесения мелиорантов и органических удобрений</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	5,42	5,36	5,23	5,34
	20-40	5,36	5,29	5,18	5,28
	0-40	5,39	5,33	5,21	5,31
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	5,44	5,37	5,30	5,37
	20-40	5,31	5,22	5,13	5,22
	0-40	5,38	5,30	5,22	5,30
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	5,43	5,39	5,32	5,38
	20-40	5,38	5,34	5,27	5,33
	0-40	5,41	5,37	5,30	5,36
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	5,46	5,42	5,35	5,41
	20-40	5,32	5,27	5,22	5,27
	0-40	5,39	5,35	5,29	5,34
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	0-20	5,59	5,46	5,39	5,48
	20-40	5,51	5,39	5,30	5,40
	0-40	5,55	5,43	5,35	5,44
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система	0-20	5,63	5,54	5,42	5,53
	20-40	5,49	5,37	5,24	5,37
	0-40	5,56	5,46	5,33	5,45
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы мягкой озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ при возделывании ячменя ярового, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	5,52	5,47	5,42	5,47
	20-40	5,43	5,35	5,23	5,34
	0-40	5,48	5,41	5,33	5,41
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки	0-20	5,66	5,60	5,57	5,61
	20-40	5,39	5,37	5,33	5,36
	0-40	5,53	5,49	5,45	5,49
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	5,59	5,56	5,51	5,55
	20-40	5,53	5,45	5,41	5,46
	0-40	5,56	5,51	5,46	5,76

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 0,03, для фактора «севооборот»: 0,02, для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 0,04, для фактора «внесение мелиорантов»: 0,03, для фактора «внесение органических удобрений»: 0,05, для фактора «слой почвы»: в слое 0-20 см – 0,02, 20-40 см – 0,03, 0-40 см – 0,03.

Таблица В.2

Содержание гумуса в слое почвы 0-20 см после уборки пшеницы озимой при использовании различных севооборотов, основной обработки почвы и удобрений в блоке 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий

Вариант	Содержание гумуса, %			
	при закладке опыта (1984)	2008	2012	2016
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов), зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	5,90	5,24	5,11	4,97
Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов), зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	5,90	5,27	5,18	5,05
Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов), зернотравянопропашной сев-т, отвальная система обработки почвы	5,90	5,26	5,14	5,04
Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов), зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	5,90	5,29	5,19	5,09
Базовая технология, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений, без внесения мелиорантов и органических удобрений.	5,90	5,31	5,23	5,17
Базовая технология, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений, без внесения мелиорантов и органических удобрений.	5,90	5,34	5,26	5,18
Базовая технология, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений, без внесения мелиорантов и орг. удобрений.	5,90	5,34	5,28	5,20
Базовая технология, зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений, без внесения мелиорантов и орг. удобрений.	5,90	5,38	5,30	5,22
Базовая технология, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без орган. удобрений.	5,90	5,37	5,30	5,21

Продолжение Таблицы В.2

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Базовая технология, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без орган. удобрений.	5,90	5,39	5,32	5,24
Базовая технология, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без орган. удобрений.	5,90	5,42	5,36	5,23
Интенсивная технология, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений, без внесения мелиорантов и органических удобрений.	5,90	5,42	5,33	5,27
Интенсивная технология, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений, без внесения мелиорантов и орг. удобрений.	5,90	5,44	5,37	5,30
Интенсивная технология, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений, без внесения мелиорантов и орг. удобрений.	5,90	5,43	5,39	5,32
Интенсивная технология, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений, без внесения мелиорантов и орг. удобрений.	5,90	5,46	5,42	5,35
Интенсивная технология, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов	5,90	5,52	5,47	5,42
Интенсивная технология, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов	5,90	5,66	5,60	5,57
Интенсивная технология, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы с двойной дозой мин. удобрений, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов	5,90	5,59	5,56	5,51

Таблица В.3

Содержание гумуса в слое почвы 0-20 см после уборки пшеницы озимой в зависимости от систем основной обработки почвы и удобрений в блоке 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий

Вариант	Содержание гумуса, %			
	при закладке опыта (2002)	2008	2012	2016
Базовая технология, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений, без внесения мелиорантов и органических удобрений.	5,80	5,46	5,34	5,20
Базовая технология, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная ресурсосберегающая система обработки почвы с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений, без внесения мелиорантов и органических удобрений.	5,80	5,52	5,39	5,27
Интенсивная технология, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений, без внесения мелиорантов и органических удобрений.	5,80	5,59	5,46	5,39
Интенсивная технология, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинированная ресурсосберегающая система обработки почвы с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений, без внесения мелиорантов и органических удобрений.	5,80	5,63	5,54	5,42

Приложение Г

Таблица Г.1

Содержание нитратного азота в слое почвы 0-40 см после уборки пшеницы мягкой озимой в агротехнологиях различного уровня интенсивности

Вариант	Слой почвы, см	Содержание N-NO ₃ , мг на кг почвы			
		2008	2012	2016	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	0-20	5,9	2,8	6,4	5,0
	20-40	3,9	1,9	5,0	3,6
	0-40	4,9	2,4	5,7	4,3
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	0-20	4,2	2,4	3,7	3,4
	20-40	3,1	1,9	2,9	2,6
	0-40	3,7	2,2	3,3	3,1
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	5,1	2,7	5,1	4,3
	20-40	3,6	2,0	4,2	3,3
	0-40	4,4	2,4	4,7	3,8
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	4,0	2,5	2,9	3,2
	20-40	2,7	1,8	2,3	2,3
	0-40	3,4	2,2	2,6	2,7
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений - N₁₅P₃₉K₃₉ под основную обработку почвы и N₁₇ - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой и N₂₆P₃₈K₃₈ под основную обработку почвы при возделывании ячменя, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	5,7	3,2	6,3	5,1
	20-40	4,2	2,1	5,0	3,8
	0-40	5,0	2,7	5,7	4,5
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	0-20	4,8	2,9	5,1	4,3
	20-40	4,2	2,0	4,9	3,7
	0-40	4,5	2,5	5,0	4,0
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	5,4	2,6	4,7	4,2
	20-40	3,7	2,0	4,2	3,3
	0-40	4,6	2,3	4,5	3,8
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	4,1	2,3	4,3	3,6
	20-40	3,2	1,9	4,0	3,0
	0-40	3,7	2,1	4,2	3,3
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	5,7	2,6	6,9	5,1
	20-40	4,3	1,7	6,0	4,0
	0-40	4,7	2,2	6,5	4,5
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная ресурсосберегающая	0-20	4,5	2,8	5,7	4,3
	20-40	3,4	1,9	4,2	3,2
	0-40	4,0	2,4	5,0	3,8

Продолжение Таблицы Г.1

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$ при возделывании пшеницы мягкой озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ при возделывании ячменя ярового, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без орган. удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	6,8	3,6	6,5	5,6
	20-40	4,3	2,3	5,7	4,1
	0-40	5,6	3,0	6,1	4,9
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	5,0	3,2	5,4	4,5
	20-40	4,3	2,3	5,1	3,9
	0-40	4,7	2,8	5,3	4,3
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	5,5	2,8	5,9	4,7
	20-40	3,9	2,2	4,5	3,5
	0-40	4,7	2,5	5,2	4,1
<i>Интенсивная технология с двойной дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ - ячменя, без внесения мелиорантов и орг. удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	7,0	3,6	7,5	6,0
	20-40	5,7	2,5	6,8	5,0
	0-40	6,4	3,1	7,2	5,6
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	5,4	3,4	6,1	5,0
	20-40	4,5	2,4	5,3	4,1
	0-40	5,0	2,9	5,7	4,5
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	5,6	3,4	6,5	5,2
	20-40	4,8	2,3	4,6	3,9
	0-40	5,2	2,9	5,6	4,6
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	5,2	2,6	4,4	4,1
	20-40	4,4	1,9	3,7	3,3
	0-40	4,8	2,3	4,1	3,7
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	0-20	6,3	3,6	7,4	5,8
	20-40	4,5	2,7	6,1	4,4
	0-40	5,4	3,2	6,8	5,1
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система	0-20	4,8	3,7	6,2	4,9
	20-40	3,9	2,8	4,5	3,7
	0-40	4,4	3,3	5,4	4,4
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы мягкой озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ при возделывании ячменя ярового, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	7,9	3,9	7,7	6,5
	20-40	5,9	3,5	7,3	5,6
	0-40	6,9	3,7	7,5	6,0
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	6,2	3,8	6,4	5,5
	20-40	4,9	3,3	5,9	4,7
	0-40	5,6	3,6	6,2	5,1
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	5,9	3,5	6,9	5,4
	20-40	5,4	3,2	6,3	5,0
	0-40	5,7	3,4	6,6	5,2

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 0,7, для фактора «севооборот»: 0,9, для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 0,4, для фактора «внесение мелиорантов»: 0,6, для фактора «внесение органических удобрений»: 0,5, для фактора «слой почвы»: в слое 0-20 см – 1,0, 20-40 см – 0,9, 0-40 см – 0,9.

Таблица Г.2

Содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см после уборки пшеницы мягкой озимой в агротехнологиях различного уровня интенсивности

Вариант	Слой почвы, см	Содержание K_2O , мг на кг почвы			
		2008	2012	2016	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	0-20	93	87	84	88
	20-40	79	79	78	79
	0-40	86	83	81	83
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	0-20	98	96	86	93
	20-40	71	67	63	67
	0-40	85	82	75	81
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	97	91	85	91
	20-40	85	82	79	82
	0-40	91	87	82	87
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	101	97	95	98
	20-40	81	74	66	74
	0-40	91	86	81	86
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений - $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} - подкормка посевов при возделывании пшеницы озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	108	105	93	102
	20-40	95	87	84	89
	0-40	102	96	89	96
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	111	104	101	105
	20-40	92	85	82	86
	0-40	102	95	92	96
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	113	110	108	110
	20-40	105	104	104	104
	0-40	109	107	106	107
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	121	123	124	123
	20-40	92	95	97	95
	0-40	107	109	111	109
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	146	152	155	151
	20-40	126	133	147	135
	0-40	136	143	151	143
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная ресурсосберегающая	0-20	156	160	173	163
	20-40	117	129	131	126
	0-40	137	145	152	145

Продолжение Таблицы Г.2

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$ при возделывании пшеницы мягкой озимой и $N_{26}P_{38}K_{38}$ при возделывании ячменя ярового, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	122	133	139	131
	20-40	108	114	117	113
	0-40	115	124	128	122
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	124	133	143	133
	20-40	92	96	98	95
	0-40	108	115	121	115
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	134	141	148	141
	20-40	120	127	133	127
	0-40	127	134	141	134
<i>Интенсивная технология с двойной дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ – ячменя, без внесения мелиорантов и орг удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	122	133	141	132
	20-40	108	115	120	114
	0-40	115	124	131	123
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	123	135	142	133
	20-40	101	107	116	108
	0-40	112	121	129	121
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	129	138	143	137
	20-40	116	125	130	124
	0-40	123	132	137	131
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	0-20	134	150	156	147
	20-40	105	110	115	110
	0-40	120	130	136	129
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	0-20	172	176	181	176
	20-40	157	158	161	159
	0-40	165	167	171	168
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система	0-20	176	178	182	179
	20-40	134	146	155	145
	0-40	155	162	169	162
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой мин. удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы мягкой озимой и $N_{52}P_{76}K_{76}$ при возделывании ячменя ярового, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	0-20	132	142	148	141
	20-40	109	115	122	115
	0-40	121	129	135	128
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	0-20	136	147	153	145
	20-40	97	103	111	104
	0-40	117	125	132	125
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	0-20	142	149	156	149
	20-40	114	120	127	120
	0-40	128	135	142	135

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 6,0, для фактора «севооборот»: 5,0, для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 4,0, для фактора «внесение мелиорантов»: 5,0 для фактора «внесение органических удобрений»: 4,0, для фактора «слой почвы»: в слое 0-20 см – 6,0, 20-40 см – 5,0, 0-40 см – 5,0.

Приложение Д

Таблица Д.1

Густота стояния пшеницы мягкой озимой при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений

Вариант	Густота стояния пшеницы озимой, шт/м ²				
	Фаза развития	2008	2012	2016	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	Кущение	589	567	444	533
	Восковая спелость	476	332	367	392
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	Кущение	521	514	414	483
	Восковая спелость	375	329	384	363
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Кущение	492	493	445	477
	Восковая спелость	373	302	393	356
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	Кущение	453	444	393	430
	Восковая спелость	355	291	355	334
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений - N₁₅P₃₉K₃₉ под основную обработку почвы и N₁₇ - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	655	621	450	575
	Восковая спелость	608	392	390	463
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	Кущение	633	625	443	567
	Восковая спелость	558	460	381	466
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Кущение	612	543	448	534
	Восковая спелость	567	332	407	435
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	Кущение	608	545	439	531
	Восковая спелость	554	356	395	435
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	633	543	457	544
	Восковая спелость	555	378	385	439
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. ресурсосберегающая система обработки почвы	Кущение	621	579	437	546
	Восковая спелость	527	491	369	462

Продолжение Таблицы Д.1

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$ при возделывании пшеницы мягкой озимой, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	672	631	449	584
	Восковая спелость	597	458	392	482
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	Кущение	636	620	450	569
	Восковая спелость	583	452	406	480
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Кущение	644	609	441	565
	Восковая спелость	572	447	403	474
<i>Интенсивная технология с двойной дозой минеральных удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	673	622	452	582
	Восковая спелость	620	460	420	500
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	Кущение	652	588	448	563
	Восковая спелость	599	448	407	485
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Кущение	639	580	450	556
	Восковая спелость	581	434	412	476
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	Кущение	635	567	447	550
	Восковая спелость	584	419	398	467
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	733	732	474	646
	Восковая спелость	705	683	431	606
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система	Кущение	718	728	459	635
	Восковая спелость	683	704	416	601
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы мягкой озимой, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	685	677	463	608
	Восковая спелость	627	496	427	517
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	Кущение	663	654	460	592
	Восковая спелость	610	472	413	498
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Кущение	643	668	456	589
	Восковая спелость	595	483	422	500

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 24, для фактора «севооборот»: 23, для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 22, для фактора «внесение мелиорантов»: 20, для фактора «внесение органических удобрений»: 17, для фактора «фаза развития»: 34.

Таблица Д.2

Густота стояния ячменя ярового при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений

Вариант	Густота стояния ярового ячменя, шт/м ²				
	Фаза развития	2010	2014	2018	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	Кущение	314	415	411	380
	Восковая спелость	142	310	383	278
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	Кущение	305	404	401	370
	Восковая спелость	139	296	378	271
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Кущение	309	385	404	366
	Восковая спелость	135	307	381	274
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	Кущение	301	378	396	358
	Восковая спелость	131	304	373	269
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – N₂₆P₃₈K₃₈ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	342	425	424	397
	Восковая спелость	157	348	395	300
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	Кущение	333	412	411	385
	Восковая спелость	155	341	383	293
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Кущение	336	417	423	392
	Восковая спелость	153	346	397	299
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	Кущение	330	393	411	378
	Восковая спелость	151	351	378	293
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	341	446	409	399
	Восковая спелость	170	362	376	303
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. ресурсосберегающая система обработки почвы	Кущение	327	432	394	384
	Восковая спелость	162	351	364	292

Продолжение Таблицы Д.2

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ при возделывании ячменя ярового, с учетом внесения мелиорантов под чистый пар (2 т/га известняковой муки), без внесения органических удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	351	432	427	403
	Восковая спелость	164	363	395	307
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	Кущение	345	425	413	394
	Восковая спелость	158	356	388	301
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Кущение	349	427	425	400
	Восковая спелость	160	357	391	303
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ при возделывании ячменя, без внесения мелиорантов и орг. удобрений.</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	360	438	430	412
	Восковая спелость	177	379	405	320
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	Кущение	352	433	423	403
	Восковая спелость	163	387	395	315
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Кущение	357	431	425	404
	Восковая спелость	172	374	397	314
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	Кущение	346	425	418	396
	Восковая спелость	160	369	396	308
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	366	470	421	419
	Восковая спелость	187	381	398	322
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система	Кущение	351	463	410	408
	Восковая спелость	176	398	382	319
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ при возделывании ячменя ярового, с учетом внесения органических удобрений под чистый пар (12 т/га навоза), без внесения мелиорантов</i>					
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы	Кущение	373	448	434	418
	Восковая спелость	182	385	411	326
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки почвы	Кущение	367	442	426	412
	Восковая спелость	173	376	404	318
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	Кущение	369	445	427	414
	Восковая спелость	175	379	407	320

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 9, для фактора «севооборот»: 12, для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 9, для фактора «внесение мелиорантов»: 11, для фактора «внесение органических удобрений»: 10, для фактора «фаза развития»: 20.

Приложение Е

Таблица Е.1

Среднее количество зерен в колосе пшеницы мягкой озимой при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений

Вариант	Количество зерен в колосе пшеницы озимой, шт.			
	2008	2012	2016	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	29	38	39	35
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	28	38	39	35
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	29	40	40	36
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	29	40	41	37
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин. удобрений - $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	31	39	40	37
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	32	39	40	37
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	32	40	41	38
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	32	40	42	38
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	32	40	41	38
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. ресурсосберегающая система обработки	31	40	40	37

Продолжение Таблицы Е.1

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений - $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17}- подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	33	40	40	38
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	34	40	41	38
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	33	40	41	38
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{30}P_{78}K_{78}$ под основную обработку почвы и N_{34}- подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	34	40	40	38
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	35	41	41	39
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	37	44	43	41
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	36	44	44	41
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	35	41	42	39
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	34	40	41	38
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы мягкой озимой, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	41	42	43	42
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	38	42	42	41
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	39	43	43	42

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 3, для фактора «севооборот»: 3, для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 2, для фактора «внесение мелиорантов»: 1, для фактора «внесение органических удобрений»: 2.

Среднее количество зерен в колосе ячменя ярового при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений

Вариант	Количество зерен в колосе ячменя ярового, шт.			
	2010	2014	2018	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	16	24	26	22
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	15	20	26	20
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	14	20	26	20
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	14	18	25	19
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	18	25	27	23
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	17	22	26	22
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	19	23	27	23
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	17	20	27	21
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	20	28	27	25
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. ресурсосберегающая система обработки	19	26	24	23

Продолжение Таблицы Е.2

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, с учетом внесения мелиорантов под чистый пар (2 т/га известняковой муки), без внесения органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	19	24	28	24
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	19	20	27	22
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	19	23	28	23
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	23	27	28	26
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	20	26	27	24
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	21	26	27	25
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	20	25	26	24
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	21	29	26	25
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	20	27	22	23
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, с учетом внесения органических удобрений под чистый пар (12 т/га навоза), без внесения мелиорантов</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	25	27	28	27
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	23	26	28	26
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	23	25	26	25

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 3, для фактора «севооборот»: 3, для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 2, для фактора «внесение мелиорантов»: 2, для фактора «внесение органических удобрений»: 3.

Приложение Ж

Таблица Ж.1

Значения средней массы 1000 зерен пшеницы мягкой озимой при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений

Вариант	Значения средней массы 1000 зерен озимой пшеницы, г			
	2008	2012	2016	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	32,54	40,41	40,81	37,92
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	32,17	39,79	40,36	37,44
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	32,44	40,07	40,46	37,66
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	31,85	38,38	39,08	36,44
<i>Базовая технология одинарной (базовой) дозой мин. удобрений - $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	33,09	40,60	40,86	38,18
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	32,76	40,16	39,69	37,54
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	32,90	40,34	40,47	37,90
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	32,53	39,49	39,60	37,21
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	35,90	42,08	44,38	40,79
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. ресурсосберегающая система обработки	34,71	41,15	43,72	39,86

Продолжение Таблицы Ж.1

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без органических удобрений</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	33,48	41,16	41,29	38,64
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	33,11	40,57	39,92	37,87
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	33,25	40,75	40,59	38,20
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{30}P_{78}K_{78}$ под основную обработку почвы и N_{34} - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	34,06	41,29	42,89	39,41
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	33,62	40,60	41,15	38,46
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	33,81	40,93	41,32	38,69
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	33,34	40,33	40,80	38,16
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	38,70	44,71	46,10	43,17
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	37,12	43,20	45,56	41,96
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы мягкой озимой, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	34,73	41,37	44,01	40,04
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	34,26	41,15	42,76	39,39
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	34,58	41,37	43,11	39,69

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 0,41, для фактора «севооборот»: 0,36, для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 0,29, для фактора «внесение мелиорантов»: 0,30, для фактора «внесение органических удобрений»: 0,35.

Значения средней массы 1000 зерен ячменя ярового при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений

Вариант	Значения средней массы 1000 зерен ячменя ярового, г			
	2010	2014	2018	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	37,58	48,99	46,93	44,50
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	37,04	48,38	46,03	43,82
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	37,22	48,59	46,45	44,09
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	36,23	47,31	45,86	43,13
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	38,63	49,48	48,23	45,45
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	38,42	48,49	48,22	45,04
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	38,44	48,74	47,81	45,00
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	38,37	48,19	47,44	44,67
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	38,23	49,73	46,28	44,75
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. ресурсосберегающая система обработки	38,01	48,96	45,96	44,31

Продолжение Таблицы Ж.2

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, с учетом внесения мелиорантов под чистый пар (2 т/га известняковой муки), без внесения органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	38,81	49,98	48,23	45,67
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	38,60	49,59	47,62	45,27
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	38,72	49,75	48,04	45,50
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	39,05	50,27	48,61	45,98
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	38,62	49,73	47,81	45,39
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	38,83	49,96	48,15	45,65
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	38,61	49,26	47,12	45,00
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	38,86	50,74	48,95	46,18
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	38,47	49,39	48,49	45,45
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, с учетом внесения органических удобрений под чистый пар (12 т/га навоза), без внесения мелиорантов</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	39,57	50,53	50,03	46,71
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	38,94	49,82	48,85	45,87
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	39,01	50,40	49,91	46,44

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 0,35, для фактора «севооборот»: 0,36, для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 0,32, для фактора «внесение мелиорантов»: 0,41, для фактора «внесение органических удобрений»: 0,41.

Приложение И

Таблица И.1

Урожайность озимой пшеницы при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений

Вариант	Урожайность пшеницы озимой, т/га			
	2008	2012	2016	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	3,37	2,88	3,29	3,18
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	3,00	2,72	3,07	2,93
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	2,86	2,74	3,10	2,90
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	2,71	2,60	3,03	2,78
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин удобрений - $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	3,50	3,08	3,62	3,40
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	3,40	3,11	3,40	3,30
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	3,07	3,00	3,44	3,17
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	2,84	2,94	3,40	3,06
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	4,80	4,75	3,85	4,47
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. ресурсосберегающая система обработки	4,63	4,60	3,74	4,32

Продолжение Таблицы И.1

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без органических удобрений</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	3,81	3,39	3,66	3,62
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	3,75	3,26	3,41	3,47
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	3,79	3,17	3,52	3,49
<i>Интенсивная технология с двойной(повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{30}P_{78}K_{78}$ под основную обработку почвы и N_{34} - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	4,46	3,39	3,69	3,85
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	4,15	3,19	3,45	3,60
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	4,03	3,22	3,58	3,61
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	3,87	3,06	3,66	3,53
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	5,40	5,78	4,51	5,23
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	5,23	5,43	4,33	5,00
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы мягкой озимой, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	5,09	3,87	4,24	4,40
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	4,35	3,56	4,07	3,99
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	4,65	3,70	4,13	4,16

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 0,17, для фактора «севооборот»: 0,21, для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 0,18, для фактора «внесение мелиорантов»: 0,26, для фактора «внесение органических удобрений»: 0,29.

Таблица И.2

Влияние различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений на урожайность пшеницы мягкой озимой в блоке 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий

Вариант	Средняя урожайность, т/га	Прибавка, +/- т/га		
		Удобрения	Обработка почвы	Севооборот
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>				
Зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	3,18	-	-	-
Зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	2,93	-	-0,25	-
Зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	2,90	-	-	-0,28
Зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	2,78	-	-0,12	-0,15
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$ при возделывании пшеницы озимой, без внесения мелиорантов и орг. удобрений.</i>				
Зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	3,40	+0,22	-	-
Зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	3,30	+0,37	-0,10	-
Зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	3,17	+0,27	-	-0,23
Зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	3,06	+0,28	-0,11	-0,24
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{30}P_{78}K_{78}$ под основную обработку почвы и N_{34} - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	3,85	+0,67	-	-
Зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	3,60	+0,67	-0,25	-
Зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	3,61	+0,71	-	-0,24
Зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	3,53	+0,75	-0,08	-0,07

Таблица И.3

Урожайность ячменя ярового в зависимости от используемых севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений

Вариант	Урожайность ярового ячменя, т/га			
	2010	2014	2018	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	1,21	2,82	2,69	2,24
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	1,15	2,55	2,65	2,12
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	1,18	2,57	2,66	2,14
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	1,09	2,46	2,59	2,05
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	1,36	3,73	3,65	2,91
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	1,32	3,62	3,53	2,82
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	1,33	3,67	3,49	2,83
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	1,29	3,60	3,34	2,74
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	1,80	4,17	3,52	3,16
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. ресурсосберегающая система обработки	1,71	4,00	3,39	3,03

Продолжение Таблицы И.3

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, с учетом внесения мелиорантов под чистый пар (2 т/га известняковой муки), без внесения органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	1,58	3,78	3,76	3,04
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	1,43	3,67	3,62	2,91
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	1,47	3,74	3,69	2,97
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	1,85	4,13	3,97	3,32
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	1,73	4,02	3,90	3,22
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	1,74	4,00	3,93	3,22
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	1,66	3,81	3,86	3,11
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	2,43	4,40	3,85	3,56
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	2,35	4,25	3,61	3,40
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, с учетом внесения органических удобрений под чистый пар (12 т/га навоза), без внесения мелиорантов</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	1,88	4,46	4,28	3,54
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	1,80	4,23	4,17	3,40
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	1,82	4,35	4,22	3,46

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 0,18, для фактора «севооборот»: 0,20, для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 0,24, для фактора «внесение мелиорантов»: 0,13, для фактора «внесение органических удобрений»: 0,18.

Таблица И.4

Влияние различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений на урожайность ячменя ярового в блоке 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий

Вариант	Средняя урожайность, т/га	Прибавка, +/- т/га		
		Удобрения	Обработка почвы	Севооборот
Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)				
Зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	2,24	-	-	-
Зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	2,12	-	-0,12	-
Зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	2,14	-	-	-0,10
Зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	2,05	-	-0,09	-0,07
Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы, без внесения мелиорантов и органических удобрений				
Зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	2,91	+0,67	-	-
Зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	2,82	+0,70	-0,09	-
Зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	2,83	+0,69	-	-0,08
Зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	2,74	+0,69	-0,09	-0,08
Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.				
Зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	3,32	+1,08	-	-
Зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	3,22	+1,10	-0,10	-
Зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	3,22	+1,08	-	-0,10
Зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	3,11	+1,06	-0,11	-0,11

Приложение К

Таблица К.1

Содержание клейковины зерна пшеницы озимой при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений

Вариант	Содержание клейковины, %			
	2008	2012	2016	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	28,1	27,4	23,3	26,3
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	26,9	26,4	22,7	25,3
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	25,3	24,9	21,1	23,8
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	24,6	23,7	20,4	22,9
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин удобрений - $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	28,5	27,5	24,3	26,8
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	28,1	27,6	23,3	26,3
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	26,2	25,8	21,7	24,6
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	24,8	24,2	21,2	23,4
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	30,5	29,5	28,2	29,4
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. ресурсосберегающая система обработки	29,8	29,4	27,6	28,9

Продолжение Таблицы К.1

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	28,4	27,9	26,0	27,4
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	26,9	26,2	23,5	25,5
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	26,1	25,4	22,3	24,6
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{30}P_{78}K_{78}$ под основную обработку почвы и N_{34} - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	28,8	28,3	26,8	28,0
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	28,6	28,3	26,6	27,8
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	28,3	28,0	25,6	27,3
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	28,2	27,7	23,7	26,5
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	33,0	32,4	29,3	31,6
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	32,5	31,7	28,5	30,9
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы мягкой озимой, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	28,7	28,2	28,6	28,5
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	28,3	28,0	27,1	27,8
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	28,1	27,6	26,9	27,5

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 1,2, для фактора «севооборот»: 1,3, для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 1,0, для фактора «внесение мелиорантов»: 0,9, для фактора «внесение органических удобрений»: 1,1.

Качество клейковины (по ИДК) зерна пшеницы озимой в зависимости от используемых севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений

Вариант	Качество клейковины (по ИДК)			
	2008	2012	2016	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	79	83	81	81
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	81	82	80	81
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	80	84	82	82
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	80	83	80	81
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой мин удобрений - $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	82	85	84	84
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	80	83	85	83
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	82	83	82	82
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	81	83	83	82
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	83	88	85	85
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. ресурсосберегающая система обработки	82	86	84	84

Продолжение Таблицы К.2

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} – подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	83	86	84	84
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	83	85	82	83
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	82	84	83	83
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{30}P_{78}K_{78}$ под основную обработку почвы и N_{34} – подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	83	86	84	84
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	84	85	84	84
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	83	83	85	84
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	82	85	83	83
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	85	85	83	84
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	84	85	83	84
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы мягкой озимой, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	85	87	84	85
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	84	85	86	85
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	82	83	85	83

НСР_{0,5} для всех факторов: 2,0

Таблица К.3

Натура зерна пшеницы мягкой озимой в зависимости от используемых севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений

Вариант	Натура зерна, г/л			
	2008	2012	2016	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	742	736	725	734
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	736	731	721	729
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	731	698	718	716
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	728	689	715	711
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений - $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	757	752	743	751
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	753	747	737	746
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	746	713	729	729
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	744	704	728	725
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	779	744	773	765
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. ресурсосберегающая система обработки	773	740	768	760

Продолжение Таблицы К.3

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{15}P_{39}K_{39}$ под основную обработку почвы и N_{17} - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, с внесением мелиорантов (2 т/га известняковой муки), без органических удобрений</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	759	749	745	751
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	756	744	743	748
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	750	720	742	737
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{30}P_{78}K_{78}$ под основную обработку почвы и N_{34} - подкормка посевов при возделывании пшеницы мягкой озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	764	763	755	761
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	760	751	751	754
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	753	746	751	750
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	750	741	745	745
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	789	760	783	777
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	781	753	776	770
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы мягкой озимой, с внесением органических удобрений (12 т/га навоза), без мелиорантов</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	772	765	789	775
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	768	751	790	770
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	763	747	781	764

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 6, для фактора «севооборот»: 8, для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 8, для фактора «внесение мелиорантов»: 7, для фактора «внесение органических удобрений»: 8.

Содержание белка в зерне ячменя ярового при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений

Вариант	Содержание белка в зерне ячменя ярового, %			
	2010	2014	2018	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	15,8	11,7	12,9	13,5
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	15,6	11,6	13,0	13,4
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	15,8	11,9	13,1	13,6
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	15,4	11,5	13,3	13,4
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	16,1	12,3	13,1	13,8
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	15,8	12,1	13,3	13,7
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	16,1	12,3	13,6	14,0
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	15,8	12,3	13,8	14,0
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	13,5	12,6	14,0	13,4
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. ресурсосберегающая система обработки	13,3	12,3	14,0	13,2

Продолжение Таблицы К.4

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, с учетом внесения мелиорантов под чистый пар (2 т/га известняковой муки), без внесения органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	16,1	12,6	13,3	14,0
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	15,8	12,6	13,5	14,0
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	16,1	12,8	13,1	14,0
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	16,4	12,7	13,8	14,3
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	16,3	12,8	13,6	14,2
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	16,4	12,9	14,5	14,6
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	16,1	12,9	14,7	14,6
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	14,7	15,5	14,3	14,8
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	14,5	15,7	14,2	14,8
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, с учетом внесения органических удобрений под чистый пар (12 т/га навоза), без внесения мелиорантов</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	16,8	13,0	16,4	15,4
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	16,5	13,2	15,8	15,2
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	16,9	13,4	16,4	15,6

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 0,4, для фактора «севооборот»: 0,5, для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 0,3, для фактора «внесение мелиорантов»: 0,5, для фактора «внесение органических удобрений»: 0,6.

Натура зерна ячменя ярового при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрений

Вариант	Натура зерна ячменя ярового, г/л			
	2010	2014	2018	Среднее
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки почвы, контроль	590	633	604	609
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	582	631	595	603
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	583	623	600	602
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	578	627	597	601
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	602	665	605	624
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	594	664	604	621
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	590	641	603	611
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	588	641	600	610
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	627	718	600	648
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. ресурсосберегающая система обработки	634	726	600	653

Продолжение Таблицы К.5

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, с учетом внесения мелиорантов под чистый пар (2 т/га известняковой муки), без внесения органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	618	666	605	630
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	604	672	605	627
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	599	657	605	620
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	624	666	611	634
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	629	677	611	639
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	610	673	607	630
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	604	672	606	627
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки почвы	635	724	604	654
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	647	731	612	663
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ под основную обработку почвы при возделывании ячменя ярового, с учетом внесения органических удобрений под чистый пар (12 т/га навоза), без внесения мелиорантов</i>				
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	633	687	614	645
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	635	695	612	647
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	613	680	607	633

НСР_{0,5} для фактора «система обработки почвы»: 13, для фактора «севооборот»: 11, для фактора «тип интенсивности агротехнологии»: 13, для фактора «внесение мелиорантов»: 12, для фактора «внесение органических удобрений»: 11.

Приложение Л

Таблица Л.1

Технологическая схема возделывания пшеницы мягкой озимой по чистому пару

Код приема	Технологический прием	Условия эффективного применения	Пример технических средств, осуществляющих данный прием		Тип технологии		
			с.-х. машины (тракторы, автомобили и т.д.)	с.-х. агрегаты и орудия	экстенсив. (А)	нормал. (Б)	интенсив. (В)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Основная обработка почвы Лущение стерни	Сразу после уборки культуры, предшествующей пару, на глубину 8-10 см.	МТЗ-1221	БДМ-4х2	+	+	+
2а	Погрузка твердых органических удобрений (навоза) и мелиорантов (известняковая мука)	Только по технологиям базового (известняковая мука) и интенсивного (навоз) типа, согласно схемам опыта	МТЗ 82.1	ПКУ-0,8-5	-	+	+
2	Погрузка минеральных удобрений	Только по технологиям базового и интенсивного типа, согласно схемам опыта	МТЗ 82.1	ПКУ-0,8-5	-	+	+
3а	Транспортировка и внесение твердых орг. удобрений (навоза) и мелиорантов (известняковая мука)	Только по технологиям базового (известняковая мука) и интенсивного (навоз) типа, согласно схемам опыта	МТЗ 1221.2	РТД-5	-	2 т/га	12 т/га
3	Транспортировка и внесение минеральных удобрений	Только по технологиям базового и интенсивного типа, согласно схемам опыта	МТЗ 82.1	МВУ-800	-	N15 P39 K39	N30 P78 K78
4б	Средняя отвальная обработка почвы (вспашка)	На черноземах слабозасоренных - на глубину 20-22 см	МТЗ 1221.2	ПОН-4-40	+	+	+
4в	Мелкая безотвальная обработка (дискование)	На глубину 13-15 см	МТЗ-1221	БДМ-4х2	+	+	+
5	Уход за паром Ранневесеннее боронование	При необходимости	МТЗ 82.1	БЗСС-1,0	+	+	+
6	Культивация пара	По мере прорастания сорняков на гл. 8-10см	МТЗ 82.1	КПС-4	-	+	+

Продолжение Таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Культивация пара	По мере прорастания сорняков на гл. 8-10см	МТЗ 82.1	КПС-4	+	+	+
8	Предпосевная подготовка почвы и посев Предпосевная культивация	На глубину 4-6 см	МТЗ 82.1	КПС-4	+	+	+
9	Протравливание семян	Борьба с комплексом семенной инфекции, а также предотвращение поражения семян и проростков возбудителями болезней через почву	-----	ПСШ-3	0,1 л/га	0,1 л/га	0,1 л/га
10	Погрузка семян		ГАЗ-САЗ-25064	МЗС-90	+	+	+
11	Транспортировка семян, загрузка сеялок		ГАЗ-САЗ-25064	ЗС-2М	+	+	+
12	Рядовой посев	При норме высева 220 кг/га и глубине 4-6 см	МТЗ 82.1	СЗ-3,6	+	+	+
13	Прикатывание посева	При излишней глыбистости и иссушении посевного слоя	МТЗ 82.1	ЗККН-2,8	+	+	+
14	Уход за посевами Погрузка азотных удобрений	Только для технологий нормального и базового типа	МТЗ 82.1	ПКУ-0,8-5	-	0,5 ц	0,5 ц
15	Транспортировка и внесение азотных удобрений	В весеннее кушение, при возобновлении вегетации растений	МТЗ 82.1	МВУ-800	-	N17	N17
16	Боронование озимых		МТЗ 82.1	БЗСС-1,0	+	+	+
17	Подвоз воды		МТЗ 82.1	АЦ-3	-	+	+
18	Обработка посевов гербицидами	В фазе кушение-выход в трубку	МТЗ 82.1	ОПШ-2000	-	0,05 кг/га	0,05 кг/га
19	Погрузка азотных удобрений		МТЗ 82.1	ПКУ-0,8-5	-	-	0,5 ц
20	Транспортировка и внесение азотных удобрений	Только в технологиях интенсивного типа для улучшения качества зерна	МТЗ 82.1	МВУ-800	-	-	N17
21	Уборка и транспортировка зерна Прямое комбайнирование	С одновременным измельчением и разбрасыванием по полю соломы, в фазе полной спелости при влажности зерна 15-18%	Сампо-500	---	+	+	+
22	Транспортировка зерна		МТЗ 82.1	2ПТС-4	3,0 т/га	3,6 т/га	3,9 т/га

Таблица Л.2

Потребность в ресурсах для обеспечения технологии возделывания пшеницы озимой по чистому пару (а также по многолетним травам*)

Код приема	Уровень интенсивности технологии	Потребность в ресурсах на гектар посева						
		затраты труда, чел/час	ГСМ, кг	семена, кг	удобрения, кг д.в., либо т	гербициды, кг	электроэнергия, кВт/час	энергоёмкость приема, МДж
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-
1	АБВ	0,10	3,3	-	-	-	-	184
2а	А	-	-	-	-	-	-	-
	Б	0,10	3,0	-	2т извест. муки	-	-	117
	В	0,30	7,5	-	12т навоза	-	-	280
2	А	-	-	-	-	-	-	-
	Б	0,50	0,2	-	-	-	-	8
	В	1,00	0,4	-	-	-	-	16
3а	А	-	-	-	-	-	-	-
	Б	0,90	7,7	-	2т извест. муки	-	-	8515
	В	1,36	8,5	-	12т навоза	-	-	12715
3	А	-	-	-	-	-	-	-
	Б	0,34	1,90	-	N15P39K39	-	-	3346
	В	0,68	3,80	-	N30P78K78	-	-	6577
4б	АБВ	0,76	19,4	-	-	-	-	987
4в	АБВ	0,60	12,7	-	-	-	-	441
5	АБВ	0,13	1,1	-	-	-	-	81
6	А	-	-	-	-	-	-	-
	БВ	1,20	8,7	-	-	-	-	390
7	АБВ	0,43	5,7	-	-	-	-	390
8	АБВ	0,30	4,3	-	-	-	-	229
9	АБВ	0,20	-	-	-	-	0,1	19
10	АБВ	0,28	0,5	-	-	-	-	24
11	АБВ	0,25	0,4	-	-	-	-	50

Продолжение Таблицы Л.2

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-
12	АБВ	0,60	2,4	220	-	-	-	3942
13	АБВ	0,13	1,2	-	-	-	-	124
14	А	-	-	-	-	-	-	-
	БВ	0,50	0,2	-	0,1	-	-	8
15	БВ	0,30	1,4	-	N17	-	-	1405
16	АБВ	0,13	3,2	-	-	-	-	157
17	А	-	-	-	-	-	-	-
	БВ	0,50	1,2	-	-	-	-	30
18	А	-	-	-	-	-	-	-
	БВ	0,44	1,1	-	-	0,05	-	300
19	АБ	-	-	-	-	-	-	-
	В	0,50	0,2	-	0,1	-	-	8
20	АБ	-	-	-	-	-	-	-
	В	0,30	1,4	-	N17	-	-	1405
21	АБВ	1,56	6,8	-	-	-	-	907
22	А	0,37	2,7	-	-	-	-	176
	Б	0,46	3,3	-	-	-	-	220
	В	0,56	4,0	-	-	-	-	264
Всего по технологии:								
Аб без мероприятий по уходу за паром		4,68	44,2	220	-	-	0,1	6799
Аб с мероприятиями по уходу за паром		5,24	51,0	220	-	-	0,1	7270
Ав без мероприятий по уходу за паром		4,52	37,5	220	-	-	0,1	6253
Ав с мероприятиями по уходу за паром		5,08	44,3	220	-	-	0,1	6724

Продолжение Таблицы Л.2

	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-
Бб без мероприятий по уходу за паром	7,34	50,8	220	N ₃₂ P ₃₉ K ₃₉	0.05	0,1	12381
Бб с мероприятиями по уходу за паром	9,11	66,3	220	N ₃₂ P ₃₉ K ₃₉	0.05	0,1	13242
Бв без мероприятий по уходу за паром	7,18	44,1	220	N ₃₂ P ₃₉ K ₃₉	0.05	0,1	11835
Бв с мероприятиями по уходу за паром	8,95	59,6	220	N ₃₂ P ₃₉ K ₃₉	0.05	0,1	12696
Баб без мероприятий по уходу за паром	8,34	61,5	220	N ₃₂ P ₃₉ K ₃₉ + 2т извест. муки	0.05	0,1	21013
Баб с мероприятиями по уходу за паром	10,11	77,0	220	N ₃₂ P ₃₉ K ₃₉ + 2т извест. муки	0.05	0,1	21874
Бав с мероприятиями по уходу за паром	9,95	70,3	220	N ₃₂ P ₃₉ K ₃₉ + 2т извест. муки	0.05	0,1	21328
Вб без мероприятий по уходу за паром	9,09	55,2	220	N ₆₄ P ₇₈ K ₇₈	0.05	0,1	16636
Вб с мероприятиями по уходу за паром	10,85	70,7	220	N ₆₄ P ₇₈ K ₇₈	0.05	0,1	17497
Вв без мероприятий по уходу за паром	8,93	48,5	220	N ₆₄ P ₇₈ K ₇₈	0.05	0,1	16090
Вв с мероприятиями по уходу за паром	10,69	64,0	220	N ₆₄ P ₇₈ K ₇₈	0.05	0,1	16951
Ваб без мероприятий по уходу за паром	10,75	71,2	220	N ₆₄ P ₇₈ K ₇₈ + 12т навоза	0.05	0,1	29631
Ваб с мероприятиями по уходу за паром	12,51	86,7	220	N ₆₄ P ₇₈ K ₇₈ + 12т навоза	0.05	0,1	30492
Вав с мероприятиями по уходу за паром	12,35	80,0	220	N ₆₄ P ₇₈ K ₇₈ + 12т навоза	0.05	0,1	29946

* - технология возделывания пшеницы озимой по многолетним травам аналогична технологии возделывания пшеницы озимой по чистому пару, если не брать в рассмотрение блок ухода за паром (коды приема 5-7).

Таблица Л.3

**Технологическая схема возделывания пшеницы мягкой озимой по сидеральному пару
в блоке 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий**

Код приема	Технологический прием	Условия эффективного применения	Пример технических средств, осуществляющих данный прием	
			с.-х. машины (тракторы, автомобили и т.д.)	с.-х. агрегаты и орудия
1	2	3	4	5
1	Основная обработка почвы Лущение стерни	Сразу после уборки культуры, предшествующей пару, на глубину 8-10 см.	МТЗ-1221	БДМ-4х2
2	Погрузка минеральных удобрений	Только по технологиям интенсивного типа, согласно схемам опыта	МТЗ 82.1	ПКУ-0,8-5
3	Транспортировка и внесение минеральных удобрений	Только по технологиям интенсивного типа в дозе N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	МТЗ 82.1	МВУ-800
4а	Средняя отвальная обработка почвы (вспашка)	На черноземах слабозасоренных - на глубину 20-22 см	МТЗ 1221.2	ПОН-4-40
4б	Поверхностная обработка почвы (дискование)	На глубину 10-12 см	МТЗ-1221	БДМ-4х2
5	Размещение сидерального пара Ранневесеннее боронование	При необходимости	МТЗ 82.1	БЗСС-1,0
6	Предпосевная культивация	На глубину 3-5 см	МТЗ 82.1	КПС-4
7	Погрузка семян сидерата		ГАЗ-САЗ-25064	МЗС-90
8	Транспортировка семян, загрузка сеялок		ГАЗ-САЗ-25064	ЗС-2М
9	Рядовой посев	При норме высева 250 кг/га и глубине 6-8 см	МТЗ 82.1	СЗ-3,6
10	Заделка зеленой массы сидерата	В начальные фазы цветения сидеральной культуры	МТЗ-1221	БДМ-4х2

Продолжение Таблицы Л.3

	Предпосевная подготовка почвы и посев			
11	Предпосевная культивация	На глубину 4-6 см	МТЗ 82.1	КПС-4
12	Протравливание семян	Борьба с комплексом семенной инфекции, а также предотвращение поражения семян и проростков возбудителями болезней через почву	-----	ПСШ-3
13	Погрузка семян		ГАЗ-САЗ-25064	МЗС-90
14	Транспортировка семян, загрузка сеялок		ГАЗ-САЗ-25064	ЗС-2М
15	Рядовой посев	При норме высева 220 кг/га и глубине 4-6 см	МТЗ 82.1	СЗ-3,6
16	Прикатывание посева	При излишней глыбистости и иссушении посевного слоя	МТЗ 82.1	ЗККН-2,8
17	Уход за посевами Погрузка азотных удобрений	Только для технологий нормального и базового типа	МТЗ 82.1	ПКУ-0,8-5
18	Транспортировка и внесение азотных удобрений	В весеннее кушение, при возобновлении вегетации растений	МТЗ 82.1	МВУ-800
19	Боронование озимых		МТЗ 82.1	БЗСС-1,0
20	Подвоз воды	В фазе кушение-выход в трубку	МТЗ 82.1	АЦ-3
21	Обработка посевов гербицидами		МТЗ 82.1	ОПШ-2000
22	Погрузка азотных удобрений	Только в технологиях интенсивного типа для улучшения качества зерна	МТЗ 82.1	ПКУ-0,8-5
23	Транспортировка и внесение азотных удобрений		МТЗ 82.1	МВУ-800
24	Уборка и транспортировка зерна Прямое комбайнирование	С одновременным измельчением и разбрасыванием по полю соломы, в фазе полной спелости при влажности зерна 15-18%	Сампо-500	---
25	Транспортировка зерна		МТЗ 82.1	2ПТС-4

Таблица Л.4

Потребность в ресурсах для обеспечения технологии возделывания пшеницы мягкой озимой
по сидеральному пару в блоке 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий

Код приема	Потребность в ресурсах на гектар посева						
	затраты труда, чел/час	ГСМ, кг	семена, кг	удобрения, кг д.в., либо т	гербициды, кг	электроэнергия, кВт/час	энергоемкость приема, МДж
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-
1	0,10	3,3	-	-	-	-	184
2	1,00	0,4	-	-	-	-	16
3	0,68	3,80	-	N30P78K78	-	-	6577
4a	0,76	19,4	-	-	-	-	987
4б	0,50	12,0	-	-	-	-	310
5	0,13	1,1	-	-	-	-	81
6	0,30	4,3	-	-	-	-	229
7	0,28	0,5	-	-	-	-	24
8	0,25	0,4	-	-	-	-	50
9	0,60	2,4	250	-	-	-	4239
10	0,60	12,7	-	-	-	-	441
11	0,30	4,3	-	-	-	-	229
12	0,20	-	-	-	-	0,1	19
13	0,28	0,5	-	-	-	-	24
14	0,25	0,4	-	-	-	-	50
15	0,60	2,4	220	-	-	-	3942
16	0,13	1,2	-	-	-	-	124
17	0,50	0,2	-	0,1	-	-	8
18	0,30	1,4	-	N17	-	-	1405
19	0,13	3,2	-	-	-	-	157
20	0,50	1,2	-	-	-	-	30

Продолжение Таблицы Л.4

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-
21	0,44	1,1	-	-	0,05	-	300
22	0,50	0,2	-	0,1	-	-	8
23	0,30	1,4	-	N17	-	-	1405
24	1,56	6,8	-	-	-	-	907
25	0,56	4,0	-	-	-	-	264
Всего по технологии: С использованием вспашки в качестве основной обработки почвы (а)	11,25	76,6	250 кг/га сидератов, 220 кг/га семян озимой пшеницы	N64P78K78	0,05	0,1	21700
С использованием дискования в качестве основной обработки почвы (б)	10,99	69,2	250 кг/га сидератов, 220 кг/га семян озимой пшеницы	- N64P78K78	0,05	0,1	21023

Технология с использованием вспашки в качестве основной обработки почвы (а) использовалась в варианте интенсивной технологии в блока 2 опыта (зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром) с отвальной системой основной обработки почвы

Технология с использованием дискования в качестве основной обработки почвы (б) использовалась в варианте интенсивной технологии в блоке 2 опыта (зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром) с комбинированной ресурсосберегающей системой основной обработки почвы

Таблица Л.5

Технологическая схема возделывания ячменя ярового в изучаемых вариантах

Код приема	Технологический прием	Условия эффективного применения	Пример технических средств, осуществляющих данный прием		Тип технологии		
			с.-х. машины (тракторы, автомобили и т.д.)	с.-х. агрегаты и орудия	экстенсив. (А)	нормал. (Б)	интенсив. (В)
1	2	3	4	5	6	7	8
1 абв	Основная обработка почвы Лущение стерни	Сразу после уборки культуры, предшествующей пару, на глубину 8-10 см.	МТЗ-1221	БДМ-4х2	+	+	+
2абв	Повторное лущение стерни	Спустя 7-10 дней после предыдущего, в агротехнологиях интенсивного типа (за исключением варианта без основной обработки почвы)	МТЗ-1221	БДМ-4х2	-	-	+
3 абв	Погрузка минеральных удобрений	Только по технологиям базового и интенсивного типа, согласно схемам опыта	МТЗ 82.1	ПКУ-0,8-5	-	+	+
4 абв	Транспортировка и внесение минеральных удобрений	Только по технологиям базового и интенсивного типа, согласно схемам опыта	МТЗ 82.1	МВУ-800	-	N26 P38 K38	N52 P76 K76
5а	Средняя отвальная обработка почвы (вспашка)	На черноземах слабозасоренных – на глубину 20-22 см	МТЗ 1221.2	ПОН-4-40	+	+	+
5б	Мелкая безотвальная обработка (дискование)	На глубину 13-15 см	МТЗ-1221	БДМ-4х2	+	+	+
5в	Поверхностная обработка почвы (дискование)	На глубину 10-12 см	МТЗ-1221	БДМ-4х2	-	-	+
5г	Без основной обработки почвы	Вариант предусматривает начало технологии с посева без предварительной подготовки почвы	-	-	-	-	+
6 абв	Ранневесеннее боронование	При необходимости	МТЗ 82.1	БЗСС-1,0	+	+	+

Продолжение Таблицы Л.5

1	2	3	4	5	6	7	8
7 абв	Предпосевная подготовка почвы и посев Предпосевная культивация	На глубину 4-6 см	МТЗ 82.1	КПС-4	+	+	+
8	Протравливание семян	Борьба с комплексом семенной инфекции, а также предотвращение поражения семян и проростков возбудителями болезней через почву		ПСШ-3	0,1 л/га	0,1 л/га	0,1 л/га
9	Погрузка семян		ГАЗ-САЗ-25064	МЗС-90	+	+	+
10	Транспортировка семян, загрузка сеялок		ГАЗ-САЗ-25064	ЗС-2М	+	+	+
11 абв	Рядовой посев	При норме высева 200 кг/га и глубине 4-6 см	МТЗ 82.1	СЗ-3,6	+	+	+
11 г	Посев стерневой сеялкой	При норме высева 200 кг/га и глубине 4-6 см, с одновременным внесением удобрений	Т-150	Agrator-6000	-	-	+
12 абв	Прикатывание посева	При излишней глыбистости и иссушении посевного слоя	МТЗ 82.1	ЗКН-2,8	+	+	+
13	Уход за посевами Подвоз воды	В фазе кушение-выход в трубку	МТЗ 82.1	АЦ-3	-	+	+
14	Обработка посевов гербицидами		МТЗ 82.1	ОПШ-2000	-	0,05 кг/га	0,05 кг/га
15	Уборка и транспортировка зерна Прямое комбайнирование	С одновременным измельчением и разбрасыванием по полю соломы, в фазе полной спелости при влажности зерна 15-18%	Сампо-500	---	+	+	+
16	Транспортировка зерна		МТЗ 82.1	2ПТС-4	2,1 т/га	2,9 т/га	3,3 т/га

Таблица Л.6

Потребность в ресурсах для обеспечения технологии возделывания ячменя ярового в изучаемых вариантах

Код приема	Уровень интенсивности технологии	Потребность в ресурсах на гектар посева						
		затраты труда, чел/час	ГСМ, кг	семена, кг	удобрения, кг д.в., либо т	гербициды, кг	электроэнергия, кВт/час	энергоёмкость приема, МДж
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-
1 абв	АБВ	0,10	3,3	-	-	-	-	184
2абв	АБ	-	-	-	-	-	-	-
	В	0,10	3,3	-	-	-	-	184
3 абв	А	-	-	-	-	-	-	-
	Б	0,55	0,2	-	-	-	-	10
	В	1,10	0,4	-	-	-	-	18
4 абв	А	-	-	-	-	-	-	-
	Б	0,37	2,0	-	N26P38K38	-	-	3567
	В	0,71	4,0	-	N52P76K76	-	-	6834
5а	АБВ	0,76	19,4	-	-	-	-	987
5б	АБВ	0,60	12,7	-	-	-	-	441
5в	АБ	-	-	-	-	-	-	-
	В	0,50	12,0	-	-	-	-	310
5г	АБ	-	-	-	-	-	-	-
	В	-	-	-	-	-	-	-
6 абв	АБВ	0,13	3,2	-	-	-	-	157
7 абв	АБВ	0,30	4,3	-	-	-	-	229
8	АБВ	0,20	-	-	-	-	0,1	19
9	АБВ	0,28	0,5	-	-	-	-	24
10	АБВ	0,25	0,4	-	-	-	-	50
11абв	АБВ	0,55	2,2	200	-	-	-	3894

Продолжение Таблицы Л.6

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-
11г	АБ	-	-	-	-	-	-	-
	В	0,65	3,9	200	N52P76K76	-	-	10289
12абв	АБВ	0,13	1,2	-	-	-	-	124
13	А	-	-	-	-	-	-	-
	БВ	0,50	1,2	-	-	-	-	30
14	А	-	-	-	-	-	-	-
	БВ	0,44	1,1	-	-	0,05	-	300
15	АБВ	1,56	6,8	-	-	-	-	907
16	А	0,34	2,3	-	-	-	-	167
	Б	0,42	3,1	-	-	-	-	195
	В	0,49	3,7	-	-	-	-	231
Всего по технологии:								
Аа*		4,60	43,6	200	-	-	0,1	6742
Аб*		4,44	36,9	200	-	-	0,1	6196
Ба*		6,54	48,9	200	N ₂₆ P ₃₈ K ₃₈	0,05	0,1	10677
Бб*		6,38	42,2	200	N ₂₆ P ₃₈ K ₃₈	0,05	0,1	10131
Ва*		7,60	55,0	200	N ₅₂ P ₇₆ K ₇₆	0,05	0,1	14172
Бб*		7,44	48,3	200	N ₅₂ P ₇₆ K ₇₆	0,05	0,1	13626
Вв*		7,34	47,6	200	N ₅₂ P ₇₆ K ₇₆	0,05	0,1	13495
Вг*		4,37	17,6	200	N ₅₂ P ₇₆ K ₇₆	0,05	0,1	11850

Технология с использованием вспашки в качестве основной обработки почвы (**а**) использовалась в вариантах экстенсивной (**А**), базовой (**Б**) и интенсивной (**В**) технологии с отвальной системой основной обработки почвы

Технология с использованием мелкой безотвальной обработки в качестве основной обработки почвы (**б**) использовалась в вариантах экстенсивной (**А**), базовой (**Б**) и интенсивной (**В**) технологии с комбинированной и безотвальной системами основной обработки почвы

Технология с использованием поверхностной обработки в качестве основной обработки почвы (**в**) использовалась в вариантах интенсивной (**В**) технологии блока 2 опыта с отвальной системой основной обработки почвы

Технология с использованием нулевой обработки (без обработки) почвы (**г**) использовалась в вариантах интенсивной (**В**) технологии блока 2 опыта с комбинированной ресурсосберегающей системой основной обработки почвы

Приложение М

По яс	Тер рито рия	Регион	Пшеница 3 класса, ИДК 80-100, клейковина 23-28%					на элеваторе в порту	
			на элеваторе	на мельнице				мелковод.	глубоковод.
			кл-на 23-28%	кл-на 23-28%		кл-на 23%	кл-на 25% и >	протеин 12,5-14,5	протеин 12,5-13,5
			без НДС	без НДС	с НДС	с НДС	с НДС	без НДС	без НДС
1	1	Краснодарский кр.	—	—	—	—	—	—	12900-13000р.
		Ростовская область	—	12000-12300р.	—	—	—	12700-13200р.	—
2	2	Курская обл.	—	—	—	11500р.	12500р.	—	—
	3	Воронежская обл.	—	—	12000р.	—	—	—	—
	4	Саратовская обл.	—	—	11000-12000р.	—	—	—	—
	5	Самарская обл.	10000р.	—	12000р.	—	—	—	—
	6	Оренбургская обл.	—	9000-10500р.	—	—	—	—	—
	7	Курганская обл.	8500-9000р.	8500р.	—	—	—	—	—
	8	Новосибирская обл.	—	8500р.	—	—	—	—	—
	9	Алтайский кр.	9000р.	7500р.	—	—	—	—	—

По яс	Тер рито рия	Регион	Пшеница 4 класса, клейковина 18-22%, ИДК 80-100					на элеваторе в порту	
			на хозяйстве	на элеваторе	на мельнице			мелковод.	глубоковод.
			кл-на 18-22%	кл-на 18-22%	кл-на 18-22%		кл-на 18-19%	кл-на 20-22%	протеин 11,2-13
			без НДС	без НДС	без НДС	с НДС	с НДС	с НДС	протеин 11-12,5
1	1	Краснодарский кр.	—	—	—	—	—	—	12200-12900р.
		Ростовская обл.	—	—	11500р.	—	—	—	11400-12400р.
2	2	Курская обл.	—	—	—	—	10000р.	10500р.	—
		Орловская обл.	7500-8000р.	—	—	—	—	—	—
	3	Воронежская обл.	—	—	—	10500р.	—	—	—
	4	Саратовская обл.	9000-9300р.	—	—	10000-10300р.	—	—	—
	7	Курганская обл.	—	8000р.	8000р.	—	—	—	—
	8	Новосибирская обл.	—	—	7000-7500р.	—	—	—	—

Рисунок М.1 - Закупочные цены (за тонну) на зерно пшеницы 3 и 4 класса качества, по состоянию на 14.09.2018 года, по данным сайта agro-bursa.ru (<https://agro-bursa.ru/prices/wheat/16-09-2018/>)

По яс	Тер рито рия	Регион	на хозяйстве	на элеваторе		на крупозаводе		на комб. заводе	на элеваторе в порту	
			без НДС	без НДС	с НДС	без НДС	с НДС	без НДС	мелковод.	глубоковод.
			без НДС	без НДС	с НДС	без НДС	с НДС	без НДС	без НДС	без НДС
1	1	Краснодарский кр.	—	—	—	—	—	—	13200р.	13200р.
		Ростовская обл.	—	—	—	—	—	—	12600р.	—
		Ставропольский кр.	—	11800р.	—	—	—	—	—	—
2	2	Курская обл.	—	—	—	—	—	10000р.	—	—
	4	Волгоградская обл.	—	10700-11200р.	—	—	—	—	—	—
	5	Самарская обл.	9000р.	10000р.	—	—	—	—	—	—
	7	Курганская обл.	—	7000-8000р.	—	—	—	—	—	—
	9	Алтайский кр.	—	—	—	6000р.	—	—	—	—

Рисунок М.2 - Закупочные цены (за тонну) на зерно ячменя, по состоянию на 14.09.2018 года, по данным сайта agro-bursa.ru (<https://agro-bursa.ru/prices/barley/16-09-2018/>)

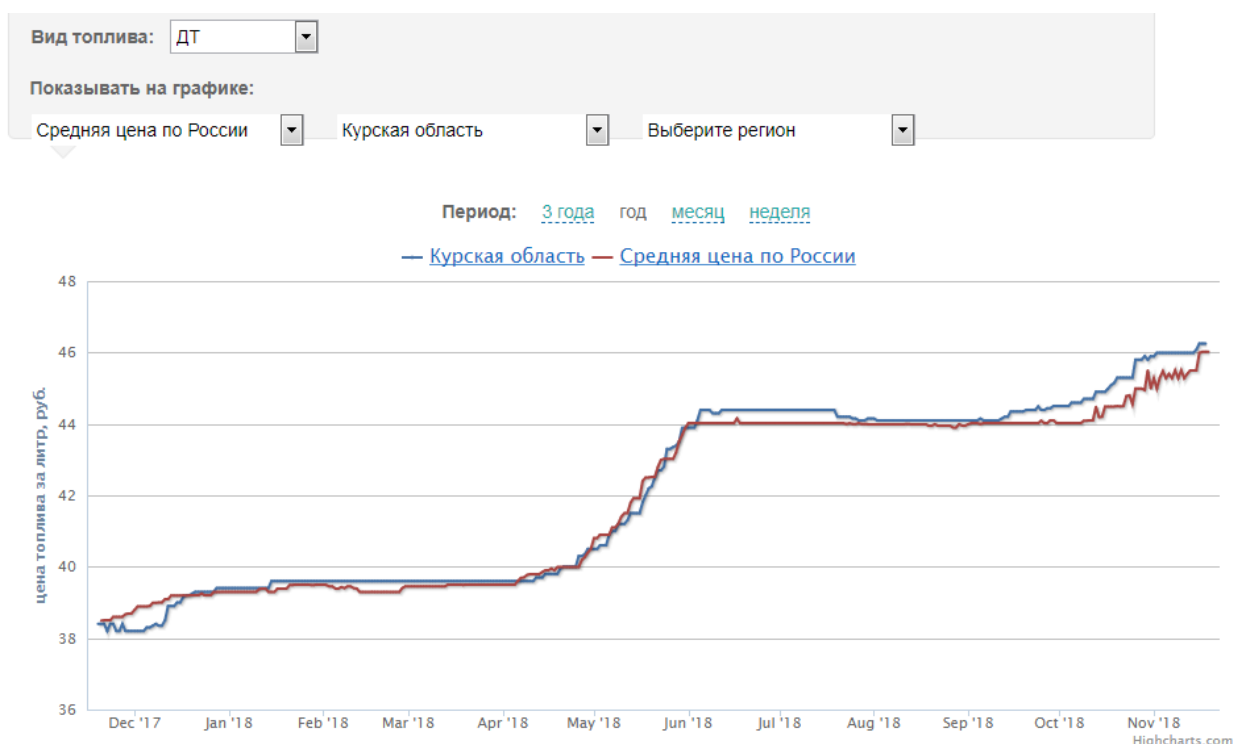


Рисунок М.3 - Закупочные цены (за литр) дизельного топлива за 2017-18 гг. для Курской области и в среднем по России, по состоянию на 19.11.2018 года, по данным сайта petrolplus.ru (<https://www.petrolplus.ru/fuelindex/regions/?period=year&r1=avg&r2=10705&r3=&petrol=DIESEL>)

Приложение Н

	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	27,8	1050	29190
2	Затраты живого труда	чел/час	4,68	100	645,84
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	44,2	41	1812,2
5	Смазочные масла	кг	4,42	300	1326
6	Азотные удобрения	кг	0		0
6	Фосфорные удобрения	кг	0		0
6	Калийные удобрения	кг	0		0
7	Гербициды	кг	0		0
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0		0
11	Амортизация	усл. эт. га	5,35	1000	5350
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	5,35	1000	5350
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1134,58
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2269,17
17	Итого затрат	руб			23407,79
18	Себестоимость центнера продукции	руб			842,01
19	Прибыль	руб			5782,21
20	Рентабельность производства	%			24,7

А

	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	27,8	1050	29190
2	Затраты живого труда	чел/час	4,52	100	623,76
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	37,5	41	1537,5
5	Смазочные масла	кг	3,75	300	1125
6	Азотные удобрения	кг	0		0
6	Фосфорные удобрения	кг	0		0
6	Калийные удобрения	кг	0		0
7	Гербициды	кг	0		0
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0		0
11	Амортизация	усл. эт. га	4,41	1000	4410
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	4,41	1000	4410
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			944,38
16	Общехозяйственные расходы	руб.			1888,75
17	Итого затрат	руб			20459,39
18	Себестоимость центнера продукции	руб			735,95
19	Прибыль	руб			8730,61
20	Рентабельность производства	%			42,67

Б

Рисунок Н.1 – Результаты расчета экономической эффективности экстенсивной технологии возделывания пшеницы мягкой озимой для зернотравянопропашного севооборота с применением отвальной (А) и комбинированной (Б) систем основной обработки почвы с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья [160].

Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1 Планируемая урожайность	ц/га	31,8	1200	38160
2 Затраты живого труда	чел/час	5,24	100	723,12
3 Семена	кг	220	16	3520
4 Горючее	кг	51	41	2091
5 Смазочные масла	кг	5,1	300	1530
6 Азотные удобрения	кг	0		0
6 Фосфорные удобрения	кг	0		0
6 Калийные удобрения	кг	0		0
7 Гербициды	кг	0		0
8 Фунгициды	кг	0		0
9 Инсектициды	кг	0		0
10 Ретарданты роста	л	0		0
11 Амортизация	усл. эт. га	5,35	1000	5350
12 Текущий ремонт	усл. эт. га	5,35	1000	5350
13 Страховые платежи	руб.			1000
14 Прочие расходы	руб.			1000
15 Общепроизводственные расходы	руб.			1142,31
16 Общехозяйственные расходы	руб.			2284,62
17 Итого затрат	руб			23991,05
18 Себестоимость центнера продукции	руб			754,44
19 Прибыль	руб			14168,95
20 Рентабельность производства	%			59,06

А

Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1 Планируемая урожайность	ц/га	29,3	1200	35160
2 Затраты живого труда	чел/час	5,08	100	701,04
3 Семена	кг	220	16	3520
4 Горючее	кг	44,3	41	1816,3
5 Смазочные масла	кг	4,43	300	1329
6 Азотные удобрения	кг	0		0
6 Фосфорные удобрения	кг	0		0
6 Калийные удобрения	кг	0		0
7 Гербициды	кг	0		0
8 Фунгициды	кг	0		0
9 Инсектициды	кг	0		0
10 Ретарданты роста	л	0		0
11 Амортизация	усл. эт. га	4,41	1000	4410
12 Текущий ремонт	усл. эт. га	4,41	1000	4410
13 Страховые платежи	руб.			1000
14 Прочие расходы	руб.			1000
15 Общепроизводственные расходы	руб.			952,1
16 Общехозяйственные расходы	руб.			1904,21
17 Итого затрат	руб			21042,65
18 Себестоимость центнера продукции	руб			718,18
19 Прибыль	руб			14117,35
20 Рентабельность производства	%			67,09

Б

Рисунок Н.2 – Результаты расчета экономической эффективности экстенсивной технологии возделывания пшеницы мягкой озимой для зернопаропропашного севооборота с применением отвальной (А) и комбинированной (Б) систем основной обработки почвы с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья [160].

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	31,7	1200	38040
2	Затраты живого труда	чел/час	7,34	100	1012,92
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	50,8	41	2082,8
5	Смазочные масла	кг	5,08	300	1524
6	Азотные удобрения	кг	32	13	416
6	Фосфорные удобрения	кг	39	10	390
6	Калийные удобрения	кг	39	10	390
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	6,57	1000	6570
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	6,57	1000	6570
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1415,29
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2830,58
17	Итого затрат	руб			29496,59
18	Себестоимость центнера продукции	руб			930,49
19	Прибыль	руб			8543,41
20	Рентабельность производства	%			28,96

А

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	31,5	1200	37800
2	Затраты живого труда	чел/час	7,18	100	990,84
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	44,1	41	1808,1
5	Смазочные масла	кг	4,41	300	1323
6	Азотные удобрения	кг	32	13	416
6	Фосфорные удобрения	кг	39	10	390
6	Калийные удобрения	кг	39	10	390
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	5,63	1000	5630
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	5,63	1000	5630
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1225,08
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2450,17
17	Итого затрат	руб			26548,19
18	Себестоимость центнера продукции	руб			842,81
19	Прибыль	руб			11251,81
20	Рентабельность производства	%			42,38

Б

Рисунок Н.3 – Результаты расчета экономической эффективности базовой технологии возделывания пшеницы мягкой озимой для зернотравянопропашного севооборота с применением отвальной (А) и комбинированной (Б) систем основной обработки почвы с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья [160].

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	34	1200	40800
2	Затраты живого труда	чел/час	9,11	100	1257,18
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	66,3	41	2718,3
5	Смазочные масла	кг	6,63	300	1989
6	Азотные удобрения	кг	32	13	416
6	Фосфорные удобрения	кг	39	10	390
6	Калийные удобрения	кг	39	10	390
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	6,57	1000	6570
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	6,57	1000	6570
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1439,72
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2879,44
17	Итого затрат	руб			30914,64
18	Себестоимость центнера продукции	руб			909,25
19	Прибыль	руб			9885,36
20	Рентабельность производства	%			31,98

А

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	44,7	1200	53640
2	Затраты живого труда	чел/час	9,11	100	1257,18
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	66,3	41	2718,3
5	Смазочные масла	кг	6,63	300	1989
6	Азотные удобрения	кг	32	13	416
6	Фосфорные удобрения	кг	39	10	390
6	Калийные удобрения	кг	39	10	390
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	6,57	1000	6570
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	6,57	1000	6570
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1439,72
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2879,44
17	Итого затрат	руб			30914,64
18	Себестоимость центнера продукции	руб			691,6
19	Прибыль	руб			22725,36
20	Рентабельность производства	%			73,51

Б

Рисунок Н.4 – Результаты расчета экономической эффективности базовой технологии возделывания пшеницы мягкой озимой для зернопаропропашного севооборота с применением отвальной системы основной обработки почвы в Блоке 1 (А) и Блоке 2 (Б) опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья [160].

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	33	1200	39600
2	Затраты живого труда	чел/час	8,95	100	1235,1
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	59,6	41	2443,6
5	Смазочные масла	кг	5,96	300	1788
6	Азотные удобрения	кг	32	13	416
6	Фосфорные удобрения	кг	39	10	390
6	Калийные удобрения	кг	39	10	390
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	5,63	1000	5630
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	5,63	1000	5630
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1249,51
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2499,02
17	Итого затрат	руб			27966,23
18	Себестоимость центнера продукции	руб			847,46
19	Прибыль	руб			11633,77
20	Рентабельность производства	%			41,6

А

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	43,2	1200	51840
2	Затраты живого труда	чел/час	8,95	100	1235,1
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	59,6	41	2443,6
5	Смазочные масла	кг	5,96	300	1788
6	Азотные удобрения	кг	32	13	416
6	Фосфорные удобрения	кг	39	10	390
6	Калийные удобрения	кг	39	10	390
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	5,63	1000	5630
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	5,63	1000	5630
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1249,51
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2499,02
17	Итого затрат	руб			27966,23
18	Себестоимость центнера продукции	руб			647,37
19	Прибыль	руб			23873,77
20	Рентабельность производства	%			85,37

Б

Рисунок Н.5 – Результаты расчета экономической эффективности базовой технологии возделывания пшеницы мягкой озимой для зернопаропропашного севооборота с применением комбинированной системы основной обработки почвы в Блоке 1 (А) и Блоке 2 (Б) опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья [160].

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	36,2	1200	43440
2	Затраты живого труда	чел/час	10,11	100	1395,18
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	77	41	3157
5	Смазочные масла	кг	7,7	300	2310
6	Азотные удобрения	кг	32	13	416
6	Фосфорные удобрения	кг	39	10	390
6	Калийные удобрения	кг	39	10	390
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	2000	2	4000
11	Амортизация	усл. эт. га	6,57	1000	6570
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	6,57	1000	6570
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1453,52
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2907,04
17	Итого затрат	руб			35853,74
18	Себестоимость центнера продукции	руб			990,43
19	Прибыль	руб			7586,26
20	Рентабельность производства	%			21,16

А

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	34,7	1200	41640
2	Затраты живого труда	чел/час	9,95	100	1373,1
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	70,3	41	2882,3
5	Смазочные масла	кг	7,03	300	2109
6	Азотные удобрения	кг	32	13	416
6	Фосфорные удобрения	кг	39	10	390
6	Калийные удобрения	кг	39	10	390
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	2000	2	4000
11	Амортизация	усл. эт. га	5,63	1000	5630
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	5,63	1000	5630
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1263,31
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2526,62
17	Итого затрат	руб			32905,33
18	Себестоимость центнера продукции	руб			948,28
19	Прибыль	руб			8734,67
20	Рентабельность производства	%			26,54

Б

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	34,9	1200	41880
2	Затраты живого труда	чел/час	8,34	100	1150,92
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	61,5	41	2521,5
5	Смазочные масла	кг	6,15	300	1845
6	Азотные удобрения	кг	32	13	416
6	Фосфорные удобрения	кг	39	10	390
6	Калийные удобрения	кг	39	10	390
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	2000	2	4000
11	Амортизация	усл. эт. га	6,57	1000	6570
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	6,57	1000	6570
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1429,09
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2858,18
17	Итого затрат	руб			34435,69
18	Себестоимость центнера продукции	руб			986,7
19	Прибыль	руб			7444,31
20	Рентабельность производства	%			21,62

В

Рисунок Н.6 – Результаты расчета экономической эффективности базовой технологии возделывания пшеницы мягкой озимой с внесением мелиорантов (2т/га известняковой муки) для зернопаропропашного севооборота с применением отвальной (А) и комбинированной (Б) систем основной обработки почвы, а также для зернотравянопропашного севооборота с отвальной системой основной обработки почвы (В) с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для ЦЧР [160].

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	36,1	1200	43320
2	Затраты живого труда	чел/час	9,09	100	1254,42
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	55,2	41	2263,2
5	Смазочные масла	кг	5,52	300	1656
6	Азотные удобрения	кг	64	13	832
6	Фосфорные удобрения	кг	78	10	780
6	Калийные удобрения	кг	78	10	780
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	7,8	1000	7800
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	7,8	1000	7800
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1685,44
16	Общехозяйственные расходы	руб.			3370,88
17	Итого затрат	руб			34516,94
18	Себестоимость центнера продукции	руб			956,15
19	Прибыль	руб			8803,06
20	Рентабельность производства	%			25,5

А

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	34,4	1200	41280
2	Затраты живого труда	чел/час	8,93	100	1232,34
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	48,5	41	1988,5
5	Смазочные масла	кг	4,85	300	1455
6	Азотные удобрения	кг	64	13	832
6	Фосфорные удобрения	кг	78	10	780
6	Калийные удобрения	кг	78	10	780
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	6,86	1000	6860
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	6,86	1000	6860
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1495,23
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2990,47
17	Итого затрат	руб			31568,54
18	Себестоимость центнера продукции	руб			917,69
19	Прибыль	руб			9711,46
20	Рентабельность производства	%			30,76

Б

Рисунок Н.7 – Результаты расчета экономической эффективности интенсивной технологии возделывания пшеницы мягкой озимой для зернотравянопропашного севооборота с применением отвальной (А) и комбинированной (Б) систем основной обработки почвы с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья [160].

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	38,5	1200	46200
2	Затраты живого труда	чел/час	10,85	100	1497,3
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	70,7	41	2898,7
5	Смазочные масла	кг	7,07	300	2121
6	Азотные удобрения	кг	64	13	832
6	Фосфорные удобрения	кг	78	10	780
6	Калийные удобрения	кг	78	10	780
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	7,8	1000	7800
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	7,8	1000	7800
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1709,73
16	Общехозяйственные расходы	руб.			3419,46
17	Итого затрат	руб			35933,19
18	Себестоимость центнера продукции	руб			933,33
19	Прибыль	руб			10266,81
20	Рентабельность производства	%			28,57

А

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	36	1200	43200
2	Затраты живого труда	чел/час	10,69	100	1475,22
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	64	41	2624
5	Смазочные масла	кг	6,4	300	1920
6	Азотные удобрения	кг	64	13	832
6	Фосфорные удобрения	кг	78	10	780
6	Калийные удобрения	кг	78	10	780
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	6,86	1000	6860
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	6,86	1000	6860
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1519,52
16	Общехозяйственные расходы	руб.			3039,04
17	Итого затрат	руб			32984,78
18	Себестоимость центнера продукции	руб			916,24
19	Прибыль	руб			10215,22
20	Рентабельность производства	%			30,97

Б

Рисунок Н.8 – Результаты расчета экономической эффективности интенсивной технологии возделывания пшеницы мягкой озимой для зернопаропропашного севооборота с применением отвальной (А) и комбинированной (Б) систем основной обработки почвы в блоке 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья [160].

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	52,3	1200	62760
2	Затраты живого труда	чел/час	11,25	100	1552,5
3	Семена	кг	470	16	7520
4	Горючее	кг	76,6	41	3140,6
5	Смазочные масла	кг	7,66	300	2298
6	Азотные удобрения	кг	64	13	832
6	Фосфорные удобрения	кг	78	10	780
6	Калийные удобрения	кг	78	10	780
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	7,8	1000	7800
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	7,8	1000	7800
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1715,25
16	Общехозяйственные расходы	руб.			3430,5
17	Итого затрат	руб			40423,85
18	Себестоимость центнера продукции	руб			772,92
19	Прибыль	руб			22336,15
20	Рентабельность производства	%			55,25

А

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	50	1200	60000
2	Затраты живого труда	чел/час	10,99	100	1516,62
3	Семена	кг	470	16	7520
4	Горючее	кг	69,2	41	2837,2
5	Смазочные масла	кг	6,92	300	2076
6	Азотные удобрения	кг	64	13	832
6	Фосфорные удобрения	кг	78	10	780
6	Калийные удобрения	кг	78	10	780
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	6,86	1000	6860
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	6,86	1000	6860
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1523,66
16	Общехозяйственные расходы	руб.			3047,32
17	Итого затрат	руб			37407,8
18	Себестоимость центнера продукции	руб			748,16
19	Прибыль	руб			22592,2
20	Рентабельность производства	%			60,39

Б

Рисунок Н.9 – Результаты расчета экономической эффективности интенсивной технологии возделывания пшеницы мягкой озимой для зернопаропропашного севооборота с применением отвальной (А) и комбинированной ресурсосберегающей (Б) систем основной обработки почвы в блоке 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья [160].

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	44	1200	52800
2	Затраты живого труда	чел/час	12,51	100	1726,38
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	86,7	41	3554,7
5	Смазочные масла	кг	8,67	300	2601
6	Азотные удобрения	кг	64	13	832
6	Фосфорные удобрения	кг	78	10	780
6	Калийные удобрения	кг	78	10	780
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	12000	0,85	10200
11	Амортизация	усл. эт. га	7,8	1000	7800
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	7,8	1000	7800
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1732,64
16	Общехозяйственные расходы	руб.			3465,28
17	Итого затрат	руб			47567
18	Себестоимость центнера продукции	руб			1081,07
19	Прибыль	руб			5233
20	Рентабельность производства	%			11

А

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	39,9	1200	47880
2	Затраты живого труда	чел/час	12,35	100	1704,3
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	80	41	3280
5	Смазочные масла	кг	8	300	2400
6	Азотные удобрения	кг	64	13	832
6	Фосфорные удобрения	кг	78	10	780
6	Калийные удобрения	кг	78	10	780
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	12000	0,85	10200
11	Амортизация	усл. эт. га	6,86	1000	6860
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	6,86	1000	6860
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1542,43
16	Общехозяйственные расходы	руб.			3084,86
17	Итого затрат	руб			44618,59
18	Себестоимость центнера продукции	руб			1118,26
19	Прибыль	руб			3261,41
20	Рентабельность производства	%			7,31

Б

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	41,6	1200	49920
2	Затраты живого труда	чел/час	10,75	100	1483,5
3	Семена	кг	220	16	3520
4	Горючее	кг	71,2	41	2919,2
5	Смазочные масла	кг	7,12	300	2136
6	Азотные удобрения	кг	64	13	832
6	Фосфорные удобрения	кг	78	10	780
6	Калийные удобрения	кг	78	10	780
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	12000	0,85	10200
11	Амортизация	усл. эт. га	7,8	1000	7800
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	7,8	1000	7800
13	Страховые платежи	руб.			1000
14	Прочие расходы	руб.			1000
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1708,35
16	Общехозяйственные расходы	руб.			3416,7
17	Итого затрат	руб			46150,75
18	Себестоимость центнера продукции	руб			1109,39
19	Прибыль	руб			3769,25
20	Рентабельность производства	%			8,17

В

Рисунок Н.10 – Результаты расчета экономической эффективности базовой технологии возделывания пшеницы мягкой озимой с внесением органических удобрений (12т/га навоза) для зернопаропропашного севооборота с применением отвальной (А) и комбинированной (Б) систем основной обработки почвы, а также для зернотравянопропашного севооборота с отвальной системой основной обработки почвы (В) с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для ЦЧР [160].

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	22,4	1000	22400
2	Затраты живого труда	чел/час	4,6	100	634,8
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	43,6	41	1787,6
5	Смазочные масла	кг	4,36	300	1308
6	Азотные удобрения	кг	0	13	0
6	Фосфорные удобрения	кг	0	10	0
6	Калийные удобрения	кг	0	10	0
7	Гербициды	кг	0	15500	0
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	5,35	1000	5350
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	5,35	1000	5350
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1133,48
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2266,96
17	Итого затрат	руб			21230,84
18	Себестоимость центнера продукции	руб			947,81
19	Прибыль	руб			1169,16
20	Рентабельность производства	%			5,51

А

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	21,4	1000	21400
2	Затраты живого труда	чел/час	4,6	100	634,8
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	43,6	41	1787,6
5	Смазочные масла	кг	4,36	300	1308
6	Азотные удобрения	кг	0	13	0
6	Фосфорные удобрения	кг	0	10	0
6	Калийные удобрения	кг	0	10	0
7	Гербициды	кг	0	15500	0
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	5,35	1000	5350
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	5,35	1000	5350
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1133,48
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2266,96
17	Итого затрат	руб			21230,84
18	Себестоимость центнера продукции	руб			992,1
19	Прибыль	руб			169,16
20	Рентабельность производства	%			0,8

Б

Рисунок Н.11 – Результаты расчета экономической эффективности экстенсивной технологии возделывания ячменя ярового для зернопаропропашного (А) и зернотравянопропашного (Б) севооборотов с применением отвальной системы основной обработки почвы с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья [160].

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	21,2	1000	21200
2	Затраты живого труда	чел/час	4,44	100	612,72
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	36,9	41	1512,9
5	Смазочные масла	кг	3,69	300	1107
6	Азотные удобрения	кг	0	13	0
6	Фосфорные удобрения	кг	0	10	0
6	Калийные удобрения	кг	0	10	0
7	Гербициды	кг	0	15500	0
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	4,41	1000	4410
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	4,41	1000	4410
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			943,27
16	Общехозяйственные расходы	руб.			1886,54
17	Итого затрат	руб			18282,43
18	Себестоимость центнера продукции	руб			862,38
19	Прибыль	руб			2917,57
20	Рентабельность производства	%			15,96

А

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	20,5	1000	20500
2	Затраты живого труда	чел/час	4,44	100	612,72
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	36,9	41	1512,9
5	Смазочные масла	кг	3,69	300	1107
6	Азотные удобрения	кг	0	13	0
6	Фосфорные удобрения	кг	0	10	0
6	Калийные удобрения	кг	0	10	0
7	Гербициды	кг	0	15500	0
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	4,41	1000	4410
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	4,41	1000	4410
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			943,27
16	Общехозяйственные расходы	руб.			1886,54
17	Итого затрат	руб			18282,43
18	Себестоимость центнера продукции	руб			891,83
19	Прибыль	руб			2217,57
20	Рентабельность производства	%			12,13

Б

Рисунок Н.12 – Результаты расчета экономической эффективности экстенсивной технологии возделывания ячменя ярового для зернопаропропашного (А) и зернотравянопропашного (Б) севооборотов с применением комбинированной системы основной обработки почвы с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья [160].

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	29,1	1000	29100
2	Затраты живого труда	чел/час	6,54	100	902,52
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	48,9	41	2004,9
5	Смазочные масла	кг	4,89	300	1467
6	Азотные удобрения	кг	30	13	390
6	Фосфорные удобрения	кг	40	10	400
6	Калийные удобрения	кг	40	10	400
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	6,57	1000	6570
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	6,57	1000	6570
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1404,25
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2808,5
17	Итого затрат	руб			27092,17
18	Себестоимость центнера продукции	руб			931
19	Прибыль	руб			2007,83
20	Рентабельность производства	%			7,41

А

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	31,6	1000	31600
2	Затраты живого труда	чел/час	6,54	100	902,52
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	48,9	41	2004,9
5	Смазочные масла	кг	4,89	300	1467
6	Азотные удобрения	кг	30	13	390
6	Фосфорные удобрения	кг	40	10	400
6	Калийные удобрения	кг	40	10	400
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	6,57	1000	6570
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	6,57	1000	6570
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1404,25
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2808,5
17	Итого затрат	руб			27092,17
18	Себестоимость центнера продукции	руб			857,35
19	Прибыль	руб			4507,83
20	Рентабельность производства	%			16,64

Б

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	28,3	1000	28300
2	Затраты живого труда	чел/час	6,54	100	902,52
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	48,9	41	2004,9
5	Смазочные масла	кг	4,89	300	1467
6	Азотные удобрения	кг	30	13	390
6	Фосфорные удобрения	кг	40	10	400
6	Калийные удобрения	кг	40	10	400
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	6,57	1000	6570
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	6,57	1000	6570
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1404,25
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2808,5
17	Итого затрат	руб			27092,17
18	Себестоимость центнера продукции	руб			957,32
19	Прибыль	руб			1207,83
20	Рентабельность производства	%			4,46

В

Рисунок Н.13 – Результаты расчета экономической эффективности базовой технологии возделывания ячменя ярового с применением отвальной системы основной обработки почвы в зернопаропропашных севооборотах Блока 1 (А) и Блока 2 (Б) опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий (А), а также для зернотравянопропашного севооборота Блока 1 (В) с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для ЦЧР [160].

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	30,3	1000	30300
2	Затраты живого труда	чел/час	6,38	100	880,44
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	42,2	41	1730,2
5	Смазочные масла	кг	4,22	300	1266
6	Азотные удобрения	кг	30	13	390
6	Фосфорные удобрения	кг	40	10	400
6	Калийные удобрения	кг	40	10	400
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	5,63	1000	5630
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	5,63	1000	5630
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1214,04
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2428,09
17	Итого затрат	руб			24143,77
18	Себестоимость центнера продукции	руб			796,82
19	Прибыль	руб			6156,23
20	Рентабельность производства	%			25,5

А

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	28,2	1000	28200
2	Затраты живого труда	чел/час	6,38	100	880,44
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	42,2	41	1730,2
5	Смазочные масла	кг	4,22	300	1266
6	Азотные удобрения	кг	30	13	390
6	Фосфорные удобрения	кг	40	10	400
6	Калийные удобрения	кг	40	10	400
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	5,63	1000	5630
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	5,63	1000	5630
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1214,04
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2428,09
17	Итого затрат	руб			24143,77
18	Себестоимость центнера продукции	руб			856,16
19	Прибыль	руб			4056,23
20	Рентабельность производства	%			16,8

Б

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	27,4	1000	27400
2	Затраты живого труда	чел/час	6,38	100	880,44
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	42,2	41	1730,2
5	Смазочные масла	кг	4,22	300	1266
6	Азотные удобрения	кг	30	13	390
6	Фосфорные удобрения	кг	40	10	400
6	Калийные удобрения	кг	40	10	400
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	5,63	1000	5630
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	5,63	1000	5630
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1214,04
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2428,09
17	Итого затрат	руб			24143,77
18	Себестоимость центнера продукции	руб			881,16
19	Прибыль	руб			3256,23
20	Рентабельность производства	%			13,49

В

Рисунок Н.14 – Результаты расчета экономической эффективности базовой технологии возделывания ячменя ярового с применением безотвальной системы основной обработки почвы в научно-производственном полевом опыте (А) и комбинированной системы основной обработки почвы в зернопаропропашном (Б), а также для зернотравянопропашном (В) севооборотах Блока 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для ЦЧР [160].

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	30,4	1000	30400
2	Затраты живого труда	чел/час	6,54	100	902,52
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	48,9	41	2004,9
5	Смазочные масла	кг	4,89	300	1467
6	Азотные удобрения	кг	30	13	390
6	Фосфорные удобрения	кг	40	10	400
6	Калийные удобрения	кг	40	10	400
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	6,57	1000	6570
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	6,57	1000	6570
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1404,25
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2808,5
17	Итого затрат	руб			27092,17
18	Себестоимость центнера продукции	руб			891,19
19	Прибыль	руб			3307,83
20	Рентабельность производства	%			12,21

А

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	29,1	1000	29100
2	Затраты живого труда	чел/час	6,38	100	880,44
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	42,2	41	1730,2
5	Смазочные масла	кг	4,22	300	1266
6	Азотные удобрения	кг	30	13	390
6	Фосфорные удобрения	кг	40	10	400
6	Калийные удобрения	кг	40	10	400
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	5,63	1000	5630
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	5,63	1000	5630
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1214,04
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2428,09
17	Итого затрат	руб			24143,77
18	Себестоимость центнера продукции	руб			829,68
19	Прибыль	руб			4956,23
20	Рентабельность производства	%			20,53

Б

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	29,7	1000	29700
2	Затраты живого труда	чел/час	6,54	100	902,52
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	48,9	41	2004,9
5	Смазочные масла	кг	4,89	300	1467
6	Азотные удобрения	кг	30	13	390
6	Фосфорные удобрения	кг	40	10	400
6	Калийные удобрения	кг	40	10	400
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	6,57	1000	6570
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	6,57	1000	6570
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1404,25
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2808,5
17	Итого затрат	руб			27092,17
18	Себестоимость центнера продукции	руб			912,19
19	Прибыль	руб			2607,83
20	Рентабельность производства	%			9,63

В

Рисунок Н.15 – Результаты расчета экономической эффективности базовой технологии возделывания ячменя ярового с учетом внесенных мелиорантов (2т/га известняковой муки) под чистый пар в зернопаропропашном севообороте с применением отвальной (А) и комбинированной (Б) систем основной обработки почвы, а также после трав в зернотравянопропашном севообороте с отвальной системой основной обработки почвы (В) с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для ЦЧР [160].

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	33,2	1000	33200
2	Затраты живого труда	чел/час	7,6	100	1048,8
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	55	41	2255
5	Смазочные масла	кг	5,5	300	1650
6	Азотные удобрения	кг	60	13	780
6	Фосфорные удобрения	кг	80	10	800
6	Калийные удобрения	кг	80	10	800
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	7,8	1000	7800
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	7,8	1000	7800
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1664,88
16	Общехозяйственные расходы	руб.			3329,76
17	Итого затрат	руб			32103,44
18	Себестоимость центнера продукции	руб			966,97
19	Прибыль	руб			1096,56
20	Рентабельность производства	%			3,42

А

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	32,2	1000	32200
2	Затраты живого труда	чел/час	7,6	100	1048,8
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	55	41	2255
5	Смазочные масла	кг	5,5	300	1650
6	Азотные удобрения	кг	60	13	780
6	Фосфорные удобрения	кг	80	10	800
6	Калийные удобрения	кг	80	10	800
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	7,8	1000	7800
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	7,8	1000	7800
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1664,88
16	Общехозяйственные расходы	руб.			3329,76
17	Итого затрат	руб			32103,44
18	Себестоимость центнера продукции	руб			997
19	Прибыль	руб			96,56
20	Рентабельность производства	%			0,3

Б

Рисунок Н.16 – Результаты расчета экономической эффективности интенсивной технологии возделывания ячменя ярового для зернопаропропашного (А) и зернотравянопропашного (Б) севооборотов с применением отвальной системы основной обработки почвы в блоке 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья [160].

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	32,2	1000	32200
2	Затраты живого труда	чел/час	7,44	100	1026,72
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	48,3	41	1980,3
5	Смазочные масла	кг	4,83	300	1449
6	Азотные удобрения	кг	60	13	780
6	Фосфорные удобрения	кг	80	10	800
6	Калийные удобрения	кг	80	10	800
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	6,86	1000	6860
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	6,86	1000	6860
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1474,67
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2949,34
17	Итого затрат	руб			29155,03
18	Себестоимость центнера продукции	руб			905,44
19	Прибыль	руб			3044,97
20	Рентабельность производства	%			10,44

А

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	31,1	1000	31100
2	Затраты живого труда	чел/час	7,44	100	1026,72
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	48,3	41	1980,3
5	Смазочные масла	кг	4,83	300	1449
6	Азотные удобрения	кг	60	13	780
6	Фосфорные удобрения	кг	80	10	800
6	Калийные удобрения	кг	80	10	800
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	6,86	1000	6860
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	6,86	1000	6860
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1474,67
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2949,34
17	Итого затрат	руб			29155,03
18	Себестоимость центнера продукции	руб			937,46
19	Прибыль	руб			1944,97
20	Рентабельность производства	%			6,67

Б

Рисунок Н.17 – Результаты расчета экономической эффективности интенсивной технологии возделывания ячменя ярового для зернопаропропашного (А) и зернотравянопропашного (Б) севооборотов с применением комбинированной системы основной обработки почвы в блоке 1 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья [160].

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	35,6	1000	35600
2	Затраты живого труда	чел/час	7,34	100	1012,92
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	47,6	41	1951,6
5	Смазочные масла	кг	4,76	300	1428
6	Азотные удобрения	кг	60	13	780
6	Фосфорные удобрения	кг	80	10	800
6	Калийные удобрения	кг	80	10	800
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	5,63	1000	5630
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	5,63	1000	5630
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1227,29
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2454,58
17	Итого затрат	руб			25889,39
18	Себестоимость центнера продукции	руб			727,23
19	Прибыль	руб			9710,61
20	Рентабельность производства	%			37,51

А

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	34	1000	34000
2	Затраты живого труда	чел/час	4,37	100	603,06
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	17,6	41	721,6
5	Смазочные масла	кг	1,76	300	528
6	Азотные удобрения	кг	60	13	780
6	Фосфорные удобрения	кг	80	10	800
6	Калийные удобрения	кг	80	10	800
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	5,63	1000	5630
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	5,63	1000	5630
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1186,31
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2372,61
17	Итого затрат	руб			23226,58
18	Себестоимость центнера продукции	руб			683,13
19	Прибыль	руб			10773,42
20	Рентабельность производства	%			46,38

Б

Рисунок Н.18 – Результаты расчета экономической эффективности интенсивной технологии возделывания ячменя ярового с применением поверхностной обработки (А) и нулевой обработки (без основной обработки) почвы в блоке 2 опыта по разработке эффективных ресурсосберегающих технологий с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья [160].

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	35,4	1000	35400
2	Затраты живого труда	чел/час	7,6	100	1048,8
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	55	41	2255
5	Смазочные масла	кг	5,5	300	1650
6	Азотные удобрения	кг	60	13	780
6	Фосфорные удобрения	кг	80	10	800
6	Калийные удобрения	кг	80	10	800
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	7,8	1000	7800
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	7,8	1000	7800
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1664,88
16	Общехозяйственные расходы	руб.			3329,76
17	Итого затрат	руб			32103,44
18	Себестоимость цента зерна продукции	руб			906,88
19	Прибыль	руб			3296,56
20	Рентабельность производства	%			10,27

А

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	34	1000	34000
2	Затраты живого труда	чел/час	7,44	100	1026,72
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	48,3	41	1980,3
5	Смазочные масла	кг	4,83	300	1449
6	Азотные удобрения	кг	60	13	780
6	Фосфорные удобрения	кг	80	10	800
6	Калийные удобрения	кг	80	10	800
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	6,86	1000	6860
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	6,86	1000	6860
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1474,67
16	Общехозяйственные расходы	руб.			2949,34
17	Итого затрат	руб			29155,03
18	Себестоимость цента зерна продукции	руб			857,5
19	Прибыль	руб			4844,97
20	Рентабельность производства	%			16,62

Б

Δ	Статьи	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Планируемая урожайность	ц/га	34,6	1000	34600
2	Затраты живого труда	чел/час	7,6	100	1048,8
3	Семена	кг	200	12	2400
4	Горючее	кг	55	41	2255
5	Смазочные масла	кг	5,5	300	1650
6	Азотные удобрения	кг	60	13	780
6	Фосфорные удобрения	кг	80	10	800
6	Калийные удобрения	кг	80	10	800
7	Гербициды	кг	0,05	15500	775
8	Фунгициды	кг	0		0
9	Инсектициды	кг	0		0
10	Ретарданты роста	л	0	0	0
11	Амортизация	усл. эт. га	7,8	1000	7800
12	Текущий ремонт	усл. эт. га	7,8	1000	7800
13	Страховые платежи	руб.			500
14	Прочие расходы	руб.			500
15	Общепроизводственные расходы	руб.			1664,88
16	Общехозяйственные расходы	руб.			3329,76
17	Итого затрат	руб			32103,44
18	Себестоимость цента зерна продукции	руб			927,85
19	Прибыль	руб			2496,56
20	Рентабельность производства	%			7,78

В

Рисунок Н.19 – Результаты расчета экономической эффективности базовой технологии возделывания ячменя ярового с учетом внесенных органических удобрений (12т/га навоза) под чистый пар в зернопаропропашном севообороте с применением отвальной (А) и комбинированной (Б) систем основной обработки почвы, а также после трав в зернотравянопропашном севообороте с отвальной системой основной обработки почвы (В) с помощью специального приложения в программе для ЭВМ «Регистр технологий возделывания зерновых культур для ЦЧР [160].

Приложение II

Таблица П.1

Оценка энергетической эффективности технологий возделывания пшеницы мягкой озимой при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрения.

Вариант	Средняя урожайность (У), т/га	Суммарные энергетические затраты агротехнологии, (согласно приложению Л) Ес, МДж	Коэффициент энергетической эффективности агротехнологии (К), эн. экв.
-1-	-2-	-3-	-4-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>			
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система почвообработки, контроль	3,18	7270	8,3
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	2,93	6724	8,3
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	2,90	6799	8,1
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	2,78	6253	8,5
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$ при возделывании пшеницы озимой, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>			
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	3,40	12381	5,2
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	3,30	12696	5,0
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	3,17	12381	4,9
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	3,15	11835	5,1
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	4,47	12381	6,9
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. система обработки	4,32	12696	6,5

Продолжение Таблицы П.1

-1-	-2-	-3-	-4-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{32}P_{39}K_{39}$ при возделывании пшеницы озимой, с внесением 2 т/га известняковой муки, без орг. удобрений</i>			
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	3,62	21874	3,2
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	3,47	21328	3,1
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	3,49	21013	3,2
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой, без внесения мелиорантов и орг. удобрений.</i>			
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	3,85	17497	4,2
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	3,60	16951	4,0
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	3,61	16636	4,1
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	3,44	16090	4,1
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки	5,23	21700	4,6
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	5,00	21023	4,5
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{64}P_{78}K_{78}$ при возделывании пшеницы озимой, с внесением 12 т/га навоза, без мелиорантов</i>			
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	4,40	30492	2,7
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	3,99	29946	2,5
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	4,16	29631	2,7

Таблица П.2

Оценка энергетической эффективности технологий возделывания ячменя ярового при использовании различных севооборотов, систем основной обработки почвы и удобрения.

Вариант	Средняя урожайность (У), т/га	Суммарные энергетические затраты агротехнологии, (согласно приложению Л) Ес, МДж	Коэффициент энергетической эффективности агротехнологии (К), эн. экв.
-1-	-2-	-3-	-4-
<i>Экстенсивная технология (без удобрений и мелиорантов)</i>			
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система почвообработки, контроль	2,24	6742	6,4
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинированная система обработки почвы	2,12	6196	6,6
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	2,14	6742	6,1
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинир. система обработки почвы	2,05	6196	6,4
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и органических удобрений.</i>			
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	2,91	10677	5,2
Блок 1 зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	2,82	10131	5,4
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	2,83	10677	5,1
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	2,74	10131	5,2
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	3,16	10677	5,7
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, безотвальная. система	3,03	10131	5,8

Продолжение Таблицы П.2

-1-	-2-	-3-	-4-
<i>Базовая технология с одинарной (базовой) дозой минеральных удобрений – $N_{26}P_{38}K_{38}$ при возделывании ячменя ярового, с учетом внесения 2 т/га известняковой муки под чистый пар, без внесения органических удобрений.</i>			
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	3,04	10677	5,5
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	2,91	10131	5,5
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	2,97	10677	5,4
<i>Интенсивная технология с двойной (повышенной) дозой минеральных удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ при возделывании ячменя ярового, без внесения мелиорантов и орг. удобрений.</i>			
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	3,32	14172	4,5
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	3,22	13626	4,6
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	3,22	14172	4,4
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, комбинированная система обработки почвы	3,11	13626	4,4
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, отвальная система обработки	3,56	13495	5,1
Блок 2, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, комбинир. ресурсосбер. система обработки почвы	3,40	11850	5,5
<i>Интенсивная технология с двойной дозой минеральных удобрений – $N_{52}P_{76}K_{76}$ при возделывании ячменя ярового, с учетом внесения 12 т/га навоза под чистый пар, без внесения мелиорантов</i>			
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, отвальная система обработки	3,54	14172	4,8
Блок 1, зернопаропропашной севооборот с чистым паром, комбинир. система обработки	3,40	13626	4,8
Блок 1, зернотравянопропашной севооборот, отвальная система обработки почвы	3,46	14172	4,7

Приложение Р

Таблица Р.1

Распределение затрат в технологиях экстенсивного типа возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового (в расчете на 1 га).

Элемент технологии	Энергетические затраты		Экономические затраты	
	Затраты энергии (согласно ПриложенияЛ), МДж	Средняя доля вклада в общую энергоемкость технологии, %	Денежные затраты *, руб	Средняя доля вклада в общие денежные затраты технологии %
Основная обработка	441-987	11	677-1001	14
Удобрения	0	0	0	0
Предпосевная обработка	157-229	3	173-241	3
Посев	3894-3942	62	2579-3719	51
Гербициды	0	0	0	0
Уборка	907	15	469	8
Прочие	131-1048	9	1155-1884	24

Таблица Р.2

Распределение затрат в технологиях базового типа возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового (в расчете на 1 га).

Элемент технологии	Энергетические затраты		Экономические затраты	
	Затраты энергии (согласно ПриложенияЛ), МДж	Средняя доля вклада в общую энергоемкость технологии, %	Денежные затраты *, руб	Средняя доля вклада в общие денежные затраты технологии %
Основная обработка	441-987	6	677-1001	9
Удобрения	3567-4751	34	1332-1350	14
Предпосевная обработка	157-229	2	173-241	2
Посев	3894-3942	32	2579-3719	33
Пестициды	333	3	998	11
Уборка	907	7	469	5
Прочие	164-3397	16	1048-3760	26

* - расчет денежных затрат производился исходя из затратных статей изучаемых агротехнологий (Приложение М) по ценам, сложившимся на конец 2018 года

Таблица Р.3

Распределение затрат в технологиях интенсивного типа возделывания пшеницы мягкой озимой и ячменя ярового (в расчете на 1 га).

Элемент технологии	Энергетические затраты		Экономические затраты	
	Затраты энергии (согласно Приложения Л), МДж	Средняя доля вклада в общую энергоёмкость технологии, %	Денежные затраты *, руб	Средняя доля вклада в общие денежные затраты технологии %
Основная обработка	0-987	3	0-1001	4
Удобрения	6834-9403	52	2657-2958	23
Предпосевная обработка	157-229	1	173-241	2
Посев	3455-3942	24	2579-3742	26
Пестициды	333	3	998	8
Уборка	907	6	469	4
Прочие	832-5899	11	1857-6156	33

* - расчет денежных затрат производился исходя из затратных статей изучаемых агротехнологий (Приложение М) по ценам, сложившимся на конец 2018 года

Приложение С

АКТ

о результатах проведения производственных испытаний научно-технической разработки

1. **Наименование научно-технической разработки:** «Технология возделывания озимой пшеницы в зернопаропропашных и зернотравянопропашных севооборотах с элементами ресурсосбережения».
2. **Научное учреждение, предлагающее к внедрению мероприятия:** ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр».
3. **Наименование сельскохозяйственной организации, на базе которой проводились производственные испытания, его адрес:** ООО «Панино», 307032, Курская область, Медвенский район, с. 1-ое Панино, д. 171
4. **Календарные сроки проведения испытаний (начало-окончание):** 15.09.2018-15.07.2019
5. **Площадь проведения испытаний (фактический):** 156 га
6. **Экономический эффект, полученный при проведении испытания:** Стоимость продукции с 1 га - 52762 руб.
Производственные затраты на 1 га: 35423 руб.
Стоимость продукции 1 ц: 920 руб.
Чистый доход с 1 га: 17339 руб.
Чистый доход с площади внедрения: 2704884 руб.
7. **ФИО и должность сотрудников, ответственных за проведение производственных испытаний научно-технической разработки от научной организации:** Гостев А.В., ст.н.с.
от сельскохозяйственной организации: гл. агроном ООО «Панино» Л.Г. Соломонова

Комиссия:

Председатель комиссии:

Генеральный директор ООО «Панино»

/А.Л. Геворгян/

Представители организации:

Гл. бухгалтер

/В.П. Харченкова/

Ответственный за внедрение от предприятия:

гл. агроном

/ Л.Г. Соломонова /

Ответственный за внедрение от ФГБНУ «Курский ФАНЦ»

к.с.-х.н., ст.н.с.

А.В. Гостев

Акт составлен « 1 » августа 2019 г.

Приложение Т



«Утверждаю»
Глава КФХ «Черников П.А.»
Железногорского района
Курской области

Черников П.А.
«14» августа 2019 г.

АКТ

о результатах внедрения инновационной разработки «Технология возделывания ярового ячменя в зернопаропропашном севообороте с элементами ресурсосбережения» в крестьянско-фермерском хозяйстве «Черников П.А.» Железногорского района Курской области»

В КФХ «Черников П.А.» Железногорского района Курской области в 2019 году (10.04.2019-1.08.2019 г) была внедрена технология возделывания ярового ячменя по инновационной ресурсосберегающей технологии, предложенной ФГБНУ «Курский ФАНЦ», на площади 210 га. На 140 га яровой ячмень возделывался по традиционной технологии.

В результате внедрения было установлено, что возделывание ярового ячменя по инновационной ресурсосберегающей технологии обеспечивало практически такую же урожайность, как и по интенсивной технологии (48,7 ц/га), но приводило к снижению прямых производственных затрат на 1525,40 руб/га (5,9%), снижению себестоимости 1 ц зерна на 14,72 руб., то есть возделывание ярового ячменя по инновационной ресурсосберегающей технологии было экономически выгоднее, чем по традиционной технологии:

Эффективность различных технологий возделывания ярового ячменя, 2019 г.

Технологии возделывания ярового ячменя	Урожайность ц/га	Стоимость валовой продукции, руб.	Производственные затраты, руб.	Себестоимость 1 ц зерна, руб.	Условно чистый доход с 1 га, руб. (рентабельность, %)
1.Традиционная	50,3	45270	25423,6	505,44	19846,4 (78,1%)
2.Ресурсосберегающая	48,7	43830	23898,2	490,72	19931,8 (83,4%)

Ответственные за внедрение инновационной разработки:

от ФГБНУ «Курский ФАНЦ», вед.н.с.к.с.-х.н.
А.В.Гостев

от КФХ «Черников П.А.», агроном
П.П.Черников

Акт составлен «14» августа 2019 г.

Приложение У



Приложение Ф

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ПОЧЕТНАЯ
ГРАМОТА

НАГРАЖДАЕТСЯ

ГОСТЕВ Андрей Валерьевич

За многолетний плодотворный труд, вклад в развитие
сельскохозяйственной науки и в связи с 50-летием
основания федерального государственного бюджетного
научного учреждения «Курский федеральный аграрный
научный центр»

ПРЕЗИДЕНТ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
АКАДЕМИК РАН



А.М. СЕРГЕЕВ

распоряжение РАН № 10105-750 от 7 сентября 2020 года

г. Москва