

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный государственный аграрный университет»

УДК 631.5:[633.1+633.853.52]

На правах рукописи

Захарова Елена Борисовна

**ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА ПО
АГРОТЕХНИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ**

Специальность

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук

научный консультант –
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Тихончук П.В.

Благовещенск – 2018

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	6
Глава 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	13
1.1 Роль системы технологий и машин в производстве продукции растениеводства	13
1.2 Природно-производственные условия функционирования системы технологий и машин	15
1.2.1 Природные условия	15
1.2.2 Производственные условия	18
1.3 Обзор путей повышения эффективности системы технологий и машин для производства продукции растениеводства	27
1.3.1 Влияние тракторов на почву и урожай сельскохозяйственных культур	27
1.3.2 Использование средств механизации в технологиях обработки почвы, посева и уборки сельскохозяйственных культур	38
1.4 Выводы по первой главе, цель и задачи исследований	55
Глава 2 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА	58
2.1 Обоснование структурно-логических связей при формировании системы технологий и машин для производства продукции растениеводства	58
2.2 Связь средств механизации с объектами технологического воздействия	60
2.3 Показатели оптимизации системы технологий и машин для производства продукции растениеводства	62
2.4 Агротехнические критерии оценки эффективности системы технологий и машин	66

2.5 Выводы по второй главе	71
Глава 3 ПРОГРАММА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .	72
3.1 Задачи экспериментальных исследований	72
3.2 Объекты экспериментальных исследований	72
3.3 Методика и условия проведения экспериментальных исследований .	82
3.3.1 Методика и условия проведения экспериментальных исследований по уплотняющему воздействию тракторов на почву .	82
3.3.2 Методика и условия проведения исследований по выбору рациональных вариантов обработки почвы и посева сои	83
3.3.3 Методика и условия проведения исследований по выбору рациональных агротехнических приемов возделывания зерновых культур	85
3.3.4 Методика обоснования модели системы технологий и машин для крупного сельскохозяйственного предприятия	88
3.3.5 Методика разработки информационной системы «Паспорт поля»	90
3.3.6 Методики проведения анализов и статистической обработки экспериментальных данных	90
Глава 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ТРАКТОРОВ НА ПОЧВУ И УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	93
4.1 Результаты лабораторного опыта по влиянию плотности на пористость почвы	93
4.2 Результаты микрополевых опытов по выявлению зависимости урожайности сои и зерновых культур от плотности почвы	94
4.3 Результаты полевых модельных опытов по уплотнению почвы тракторами	99
4.4 Дифференциация агрофизических свойств почвы на расстоянии от колеи трактора	113

4.5 Результаты исследований на экспериментальных участках по рациональному использованию тракторов в системе технологий и машин .	117
4.6 Результаты исследований по разуплотнению почвы	125
4.7 Выводы по четвертой главе	130
Глава 5 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПОСЕВА В СИСТЕМЕ ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ	133
5.1 Результаты опыта по использованию сельскохозяйственных машин для основной обработки почвы в технологии возделывания сои	133
5.2 Влияние прямого посева на урожайность сои	136
5.3 Дополнительная обработка почвы под сою после распашки многолетних трав	138
5.4 Оценка агрегатов для посева сои по агротехническим показателям . .	141
5.5 Выводы по пятой главе	146
Глава 6 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНЫХ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ В СИСТЕМЕ ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР	149
6.1 Результаты полевого модельного опыта возделывания ячменя на уплотненном фоне	149
6.2 Дополнительная обработка почвы под пшеницу после распашки многолетних трав	152
6.3 Оценка агрегатов для посева пшеницы по агротехническим показателям	154
6.4 Выводы по шестой главе	159
Глава 7 ОЦЕНКА СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ПО КРИТЕРИЯМ АГРОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	161
7.1 Агротехнические требования к системе технологий и машин	161

7.2 Оценка системы технологий и машин для возделывания сои и ячменя по критериям агротехнической эффективности (экспериментальные участки)	162
7.3 Оценка эффективности системы технологий и машин АО «Луч» по агротехническим показателям	167
7.4 Агротехническая эффективность системы технологий и машин для производства продукции растениеводства в базовых сельскохозяйственных предприятиях Амурской области	170
7.5 Выводы по седьмой главе	173
Глава 8 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И АГРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ	174
Глава 9 РЕКОМЕНДАЦИИ	181
9.1 Модель системы технологий и машин для крупного сельскохозяйственного предприятия (на примере АО «Луч» Амурской области)	181
9.2 Программа управления системой технологий и машин (информационная система «Паспорт поля» на примере ЗАО «Агрофирма АНК»)	186
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	190
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	194
ПРИЛОЖЕНИЯ	237
Приложение А	238
Приложение Б	240
Приложение В	252
Приложение Г	257
Приложение Д	262
Приложение Е	268
Приложение Ж	272
Приложение З	274

ВВЕДЕНИЕ

На Дальнем Востоке основной производитель растениеводческой продукции – Амурская область, здесь сосредоточено 59% пашни, производится третья часть продукции сельского хозяйства. Специализируется на производстве сои – ценной продовольственной, кормовой и технической культуры, определяющей эффективность агропромышленного комплекса. Доля Дальневосточного федерального округа в валовом сборе сои по Российской Федерации превышает половину, более 70% этого приходится на Амурскую область. Основные факторы эффективного производства продукции растениеводства: природные условия, структура посевных площадей, генетический потенциал сорта, технологии и средства механизации. Природные условия региона благоприятны для производства сои, однако урожайность остается в 2-3 раза меньше биологического потенциала возделываемых сортов. В настоящее время доля сои в структуре посевных площадей более 70%. Для приведения ее в соответствие с научно-обоснованными рекомендациями необходимо повышать эффективность возделывания предшественников, значимое место среди которых занимают зерновые культуры. С целью улучшения условий жизни растений технологическое воздействие на почву в процессе ее обработки, посева и ухода осуществляется с использованием средств механизации. Именно поэтому система технологий и машин является основным фактором, позволяющим увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, приблизив ее к генетическому потенциалу.

Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 гг. предусматривает субсидирование реализации современных видов сельскохозяйственной техники, обеспечивающей внедрение инновационных технологий [68]. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России определяет пути машинно-технологического развития аграрной отрасли [208]. Несмотря на это продолжает увеличиваться

нагрузка пашни на трактор от 95 га в 1990 году до 834 га в 2016 году, существенная часть машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий требует обновления [7]. Это сдерживает рост эффективности системы технологий и машин и обуславливает актуальность наших исследований.

Инновации в структуре машинно-тракторного парка обусловлены минимализацией путем замены отвальной обработки почвы безотвальной, сокращения количества технологических операций по возделыванию культуры, увеличения ширины захвата агрегатов, применения комбинированных машин и агрегатов, уменьшения глубины обработки почвы. В настоящее время в Амурской области формируется адаптивная ресурсо-энергосберегающая система земледелия, безотвальная обработка почвы применяется на 85% посевной площади, прямой посев – около 200 тыс. га.

Стратегия инновационного развития агропромышленного комплекса Дальнего Востока должна включать повышение эффективности системы технологий и машин для производства продукции растениеводства. В связи с модернизацией машинно-тракторного парка в Амурской области появились новые возможности для внедрения инновационных технологий. В современных условиях является актуальным совершенствование обработки почвы в направлении ресурсо- и энергосбережения, адаптации к природно-производственным условиям. Развитие материально-технической базы позволит повысить эффективность возделывания сельскохозяйственных культур за счет качественной и своевременной обработки почвы.

Степень разработанности темы. Теоретические и практические вопросы по системе технологий и машин нашли отражение в работах Н.М. Антышева, В.М. Бейлиса, Г.М. Бузенкова, В.П. Елизарова, А.Ю. Измайлова, Н.В. Краснощекова и других ученых различных регионов России. В Дальневосточном федеральном округе этими вопросами занимаются ученые ФГБНУ ДальНИИМЭСХ, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, ФГБНУ ВНИИ сои и др. учреждений. Система технологий и машин для Дальнего Востока рассмотрена в работах И.В. Бумбара, С.И. Гнедина, А.Б. Жирнова, Г.Т. Казьми-

на, Е.П. Камчадалова, Б.И. Кашпура, А.Н. Панасюка, Ю.Н. Рубана, А.В. Сюмака, С.В. Щитова и других ученых.

Обобщение результатов исследований в области оптимизации воздействия системы технологий и машин на почву, рационализации использования средств механизации на обработке почвы, посеве и уборке свидетельствует о том, что соответствие агротехническим требованиям – одно из обязательных условий качественного развития системы технологий и машин для производства продукции растениеводства. На основании анализа разработанности проблемы по литературным источникам и современного состояния отрасли выдвинута **научная гипотеза**: повышение эффективности производства продукции растениеводства возможно за счет оптимизации системы технологий и машин по агротехническим показателям.

Цель исследований – оптимизация системы технологий и машин для производства продукции растениеводства по агротехническим показателям за счет повышения эффективности обработки почвы и посева при снижении уплотняющего воздействия средств механизации на почву и увеличении урожайности сельскохозяйственных культур.

Задачи исследований:

- проанализировать природно-производственные условия, влияющие на эффективность функционирования системы технологий и машин для производства продукции растениеводства;
- разработать структурно-логическую схему формирования системы технологий и машин для производства продукции растениеводства;
- оценить влияние тракторов, используемых в системе технологий и машин, на уплотнение почвы и урожайность сельскохозяйственных культур;
- установить зависимость урожайности сои и зерновых культур от агротехнических приемов основной обработки почвы и посевных агрегатов, перспективных для применения в системе технологий и машин;
- дать агротехническую, агроэнергетическую и экономическую оценку системы технологий и машин для производства продукции растениеводства;

- обосновать модель системы технологий и машин для крупного сельскохозяйственного товаропроизводителя;

- разработать программу управления системой технологий и машин.

Объект исследования – средства механизации, сельскохозяйственные культуры и технологии их возделывания.

Предмет исследования – закономерности, определяющие влияние тракторов, посевных агрегатов, агротехнических приемов в системе технологий и машин на агрофизические свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур.

Научная новизна заключается в том, что дана агротехническая оценка системы технологий и машин по уплотняющему воздействию на почву. Установлена корреляционная связь между плотностью луговой черноземной почвы, засоренностью посевов и урожайностью сои и зерновых культур. Установлено влияние системы технологий и машин для основной обработки почвы и посева на урожайность сои и зерновых культур. Дана оценка посевных комплексов по агротехническим показателям. Предложена модель системы технологий и машин для крупного сельскохозяйственного предприятия. Разработана программа управления системой технологий и машин на основе информационной системы «Паспорт поля». Определена агротехническая, агроэнергетическая и экономическая эффективность системы технологий и машин для производства продукции растениеводства.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты теоретических и экспериментальных исследований используются при разработке агротехнических требований к системе технологий и машин для производства продукции растениеводства. Обосновано влияние системы машин на почву, позволяющее рационально использовать средства механизации технологии с целью получения наибольшего урожая сои и зерновых культур. Разработаны рекомендации по применению агрегатов для возделывания зерновых культур и сои, позволяющие за счет использования информационной системы паспортизации полей (авторские свидетельства № 2014616453 и №

2014616199) повысить эффективность производства продукции растениеводства. Результаты исследований внедрены в ведущих сельскохозяйственных предприятиях Амурской области: АО «Луч», ОАО «Димское», ЗАО «Агрофирма АНК». Использованы в изданном в 2016 году производственно-практическом справочнике «Системы земледелия Амурской области», в «Системе технологий и машин для комплексной механизации растениеводства Амурской области на 2011-2015 гг.». Используются в учебном процессе ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ в преподавании профильных дисциплин для подготовки бакалавров и магистров по направлениям: «Агрономия», «Агроинженерия», «Экономика».

Методология и методы исследований. Исследования по теме диссертации выполнены в ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ в соответствии с планом научно-исследовательской работы по темам: «Перспективная система технологий и машин для сельскохозяйственного производства Дальнего Востока России», номер государственной регистрации 01200503571; «Плодородие почв», номер государственной регистрации 01200503570. Общей методологической основой проведенных исследований является комплексно-системный подход, обеспечивающий всестороннее рассмотрение процесса оптимизации системы технологий и машин для производства продукции растениеводства с учетом реальных взаимосвязей системообразующих параметров. В теоретических исследованиях использованы методы и законы растениеводства, математики, теории статистики и вероятности, экономико-математического моделирования. Экспериментальные исследования проводились в реальных условиях эксплуатации сельскохозяйственной техники в базовых хозяйствах региона. Результаты исследований обрабатывались с помощью методов математической статистики.

Основные положения, выносимые на защиту:

- структурно-логические связи при формировании системы технологий и машин для производства продукции растениеводства;
- оценка влияния тракторов, используемых в системе технологий и ма-

шин, на уплотнение почвы и урожайность сельскохозяйственных культур;

- зависимость урожайности сои и зерновых культур от агротехнических приемов основной обработки почвы и посевных агрегатов, перспективных для применения в системе технологий и машин;

- модель системы технологий и машин для крупного сельскохозяйственного товаропроизводителя;

- программа управления системой технологий и машин;

- агротехническая, агроэнергетическая и экономическая оценка системы технологий и машин для производства продукции растениеводства.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных данных подтверждается сходимостью теоретических обоснований и экспериментальных показателей. Материалы и результаты диссертационного исследования были апробированы и получили одобрение на конференциях БСХИ и Дальневосточного ГАУ в период с 1985 по 2017 гг.; региональной научно-практической конференции «Совершенствование технологии возделывания сои на Дальнем Востоке» (Российская академия сельскохозяйственных наук, Дальневосточный научно-методический центр, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, - Благовещенск, 28-30 июля 1998 г.), научной конференции ХНИИСХ (КНР, 1997 г.); международной научно-практической конференции «Биологические ресурсы российского Дальнего Востока» (Благовещенск, Дальневосточный ГАУ, 23-24 сентября 2004 г.); VII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Dynamika naukowych badan - 2011» (Przemyśl, 07-15 lipca 2011 roku); II Международной научно-практической конференции «Наука в 21 веке» (г. Краснодар, 20 июня 2013 г.); VIII международной научно-практической конференции «Теоретические и практические аспекты развития современной науки» (г. Москва, 29 июня 2013 г.); 2nd International scientific conference «Applied Sciences in Europe: tendencies of contemporary development» (г. Штутгарт, Германия, 22 июня 2013 г.); 1st International scientific conference «Applied Sciences and technologies in the United States and Europe: common challenges and scientific find-

ings» (г. Нью-Йорк, США, 29 июня 2013 г.); I международной научно-практической конференции «Наука вчера, сегодня, завтра» (г. Новосибирск, Россия, 26 июня 2013 г.); II Международной научно-практической конференции «Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков» (г. Новосибирск, Россия, 21 июня 2013 г.); международной научно-практической конференции «Инновационные процессы и технологии в современном сельском хозяйстве» (г. Благовещенск, 2 – 4 декабря 2014 г.); международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России «Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития», (г. Благовещенск, 5 апреля 2017 года).

Публикации. Основные положения диссертации отражены в 76 публикациях, в т. ч. 14 – в журналах, входящих в перечень ВАК России. По результатам исследований в Роспатенте зарегистрированы 2 программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 9 глав, заключения, списка литературы, включающего 408 источников, в том числе 10 на иностранных языках. Общий объем 283 с., 46 таблиц, 42 рисунка и 8 приложений с материалами исследований.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в получении исходных данных и научных экспериментах, личное участие в апробации результатов исследований, обработка и интерпретация экспериментальных данных, подготовка основных публикаций по теме диссертационной работы. В диссертации использованы результаты научных работ, выполненных соискателем ученой степени лично и в соавторстве.

Автор выражает благодарность научному консультанту, доктору сельскохозяйственных наук, профессору П.В. Тихончуку за помощь на всех этапах выполнения диссертации; кандидату экономических наук К.С. Чуриловой за помощь в организации исследований; кандидатам сельскохозяйственных наук А.А. Немькину и К.А. Никульчеву, за помощь в проведении экспериментальных исследований.

Глава 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Роль системы технологий и машин в производстве продукции растениеводства

Система технологий и машин – рационально ограниченная упорядоченная совокупность типажей и комплексов технических средств, машинных технологий и технологических систем, применение которых обеспечивает законченный цикл производства сельскохозяйственной продукции высокого качества в оптимальные агротехнические сроки с наименьшими ресурсными затратами [29, 81, 334].

Система технологий и машин должна решать следующие задачи:

- создать технологическую и техническую базы для устойчивого продовольственного и сырьевого обеспечения России;
- обеспечить производство сельскохозяйственной продукции на базе систем технологий, определяемых многообразием выращиваемых культур, региональных и местных организационных и агроландшафтных;
- аккумулировать достижения научно-технического прогресса в отрасли, интегрировать в оптимальном сочетании отечественные и лучшие мировые достижения в области сельскохозяйственных технологий и техники;
- прогнозировать создание и оснащение сельского хозяйства новыми технологиями и техникой;
- создать условия для наиболее эффективного использования трудовых и материально-технических ресурсов: повысить уровень производительности труда, снизить прямые эксплуатационные затраты, трудоемкость, материалоемкость и энергоемкость производимой продукции.

Большое значение для развития системы технологий и машин в Российской Федерации имеет реализация Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 гг., предусматривающей субсидирование реализации современных видов сельскохозяйственной техники,

обеспечивающей внедрение инновационных технологий. Пути машинно-технологического развития аграрной отрасли разработаны в «Стратегии машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 г.» [68, 208, 387].

Федеральная система технологий и машин находит продолжение и развитие в региональных. Они разрабатываются применительно к решению конкретных задач производства сельскохозяйственной продукции с учетом почвенно-климатических и организационных условий региона. Помимо отечественных технических средств в них включаются и зарубежные аналоги, отражающие апробированную и рекомендованную технику для применения в производстве. Типаж машин должен содержать научно обоснованные данные по перспективным техническим средствам, наиболее целесообразным для разработки и эффективного технического перевооружения сельского хозяйства России [117, 187, 246].

Теоретические и практические вопросы по системе технологий и машин нашли отражение в работах Н.М. Антышева, В.М. Бейлиса, Г.М. Бузенкова, В.П. Елизарова, А.Ю. Измайлова, Н.В. Краснощекова и других ученых различных регионов России [30, 75, 81, 116, 121, 122, 153, 182, 183, 184, 185, 280, 302, 303, 367]. В Дальневосточном федеральном округе этими вопросами занимаются ученые ФГБНУ ДальНИИМЭСХ, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, ФГБНУ ВНИИ сои и др. учреждений. Система технологий и машин для Дальнего Востока рассмотрена в работах И.В. Бумбара, С.И. Гнедина, А.Б. Жирнова, Г.Т. Казьмина, Е.П. Камчадалова, Б.И. Кашпура, А.Н. Панасюка, Ю.Н. Рубана, А.В. Сюмака, С.В. Щитова и других ученых [31, 32, 33, 69, 127, 129, 138, 139, 140, 247, 269, 270, 273, 332, 335]. Вклад в проведение исследований по механизации сои внесли В.И. Безруков, А.Т. Волков, М.Г. Гершевич, И.М. Зайцев, Ю.В. Терентьев и другие [16, 106, 127, 194, 247, 351, 352].

Анализ исследований, направленных на развитие системы технологий и машин свидетельствует о том, что рационализация использования средств

механизации на обработке почвы, посеве и уборке, соответствие агротехническим требованиям, биологическим особенностям культур имеет большое значение для обеспечения реализации потенциальных возможностей сортов в местных условиях. Оптимизация системы технологий и машин должна проводиться по агротехническим параметрам показывающим, насколько система машин соответствует агротехническим требованиям, предъявляемым технологиями возделывания культур, и позволит повысить эффективность отрасли растениеводства.

1.2 Природно-производственные условия функционирования системы технологий и машин

1.2.1 Природные условия

Эффективное функционирование системы технологий и машин для производства продукции растениеводства во многом зависит от природных условий, определяющих структуру посевных площадей, систему обработки почвы, агротехнические параметры элементов технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Амурская область расположена на юго-востоке Азиатской части России, занимая 11,7% территории Дальнего Востока. Общая площадь области около 360 тыс. км². Около 40% территории занимают равнины. На них расположены южная, центральная и северная зоны области, занимающиеся сельским хозяйством. Здесь сосредоточено 59% пашни Дальнего Востока. Зейско-Буреинская равнина имеет слабоволнистую поверхность с уклонами 1-2° в центральной части, по периферии на севере и востоке – холмистая, рельеф более выражен. На ее территории расположена наибольшая часть сельскохозяйственных угодий. По почвенно-географическому районированию южные районы Амурской области отнесены к суббореальному (умеренному) почвенно-климатическому поясу, Восточно – Сибирской мерзлотно-таежной, Восточной буроземной и буроземно-лесной климатическим областям.

Климат носит муссонный характер по распределению осадков, континентальный по температурным условиям. Это объясняется взаимодействием азиатского континента и Тихого океана. Массы холодного воздуха из Восточной Сибири двигаются к океану, обуславливая холодную погоду, пониженную влажность воздуха, незначительную и редкую облачность, большое количество света и глубокое промерзание почвы (до 2...3 метров). В зимний период выпадает ничтожное количество осадков (5-8% от годового), в летний период выпадает – 61% годового количества, достигая максимума в июле-августе. Весенние температуры отстают от своей широтной нормы, вследствие чего оттаивание почвы протекает медленно. Снег сходит рано, в начале апреля, когда почва еще мерзлая. Небольшое количество осадков и низкая влажность воздуха (в мае до 9 дней с влажностью менее 30%) сопровождаются сильными ветрами. Осень сухая, теплая. Заморозки наступают во второй декаде сентября. Суммарная солнечная радиация составляет 107-117 килокалорий в год на 1 см². Сумма активных температур - 2343°С.

Такие климатические условия южных районов области в целом благоприятны для возделывания зерновых культур и сои. При этом следует отметить отрицательные особенности, которые необходимо учитывать при формировании адаптивной системы технологий и машин для производства продукции растениеводства:

- недостаток осадков в начале вегетации, усугубляющийся суховеями;
- избыток осадков летом, способствующий переувлажнению почвы, затрудняющий уборку зерновых культур;
- ливневый характер летних осадков, вызывающий разрушение структуры почвы, гибель растений от переувлажнения;
- недостаточный снежный покров, способствующий глубокому промерзанию почвы. Холодная и затяжная весна, замедляющая согревание глубоко промерзшей почвы, что задерживает развитие растений в начале вегетации и минерализацию гумуса;
- возможность ранних заморозков создает угрозу преждевременного

прекращения вегетации сои [321, 322, 330, 345].

Основные типы почв: луговые черноземовидные и бурые лесные. Луговые черноземовидные почвы распространены в южной части Зейско-Бурейнской низменности и составляют основной пахотный фонд Тамбовского, Константиновского, Ивановского районов. Значительные массивы таких почв есть в Михайловском, Белогорском, на юге Октябрьского и Благовещенского районов. К данному типу почв относится около 60% всех пахотно-пригодных земель южной зоны области, на этих почвах сосредоточены основные массивы посевов зерновых культур и сои. По содержанию гумуса, поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями они приближаются к черноземам. По мощности гумусового горизонта подразделяются на мощные - более 30 см, среднемощные – 20-30 см и маломощные - менее 20 см. По содержанию гумуса - на высокогумусированные (гумуса более 6%), среднегумусированные (4-6%) и малогумусные (менее 4%). Реакция почвы слабокислая или близкая к нейтральной. Гидролитическая кислотность низкая. Высокая степень насыщенности основаниями. Сумма поглощенных оснований в верхних горизонтах большая - 28,1-34,3 мг. экв. на 100 г почвы. Обеспеченность подвижными формами фосфора низкая и средняя, на мощных – высокая. Обеспеченность калием высокая. Структурность, порозность, водопроницаемость, влагоемкость в поверхностных горизонтах благоприятны для роста и развития растений, но они значительно ухудшаются в подпахотных горизонтах, что вызывает образование верховодки, переувлажнение и ухудшает питательный режим сельскохозяйственных культур.

Бурые лесные почвы наиболее распространены и используются под пашню в Завитинском, Бурейском, Октябрьском, Свободненском, Благовещенском районах. Большие массивы этих почв имеются в Ромненском, Архаринском, Серышевском районах. Всего к данному типу почв относится около 12% пахотнопригодных земель области. Гранулометрический состав пахотного горизонта - супесь, суглинки. Содержание гумуса в пахотном слое невысокое - 2,4-3,6%. Реакция среды среднекислая. Гидролитическая кислот-

ность - 2,4-5,9 мг. экв./100 г почвы, насыщенность основаниями – 70-89%, сумма поглощенных оснований в пахотном слое составляет от 15 до 20 мг.экв./100 г почвы. Обеспеченность подвижными формами фосфора невысокая, калием средняя или высокая. Имеют сравнительно благоприятные водно-физические свойства, не переувлажняются, но сильно подвержены водной эрозии [59, 330].

Природные условия региона имеют положительные характеристики по обеспеченности территории теплом, сумме осадков, показателям почвенного плодородия. В целом соответствую биологическим особенностям возделываемых культур, и дают возможность специализации на производстве сои – ценной высокобелковой культуры. Вместе с тем местные агроландшафты имеют и отрицательные особенности. Длительное промерзание почвы сокращает период биологической активности почвы, опасность заморозков в начале и в конце вегетации ограничивает выбор сортов по срокам спелости, неравномерность выпадения осадков определяет необходимость двойного регулирования водного режима почв и создает трудности при уборке и обработке почвы. Это повышает агротехнические требования к системе технологий и машин. Адаптация к особенностям агроландшафтов должна обеспечивать оптимальные условия устойчивого продукционного процесса.

1.2.2 Производственные условия

В Дальневосточном федеральном округе Амурская область – один из основных производителей сельскохозяйственной продукции (рисунок 1) [3, 7]. Общая земельная площадь Амурской области составляет 36190,8 тыс. га. Сельскохозяйственные угодья занимают 2372,9 тыс. га. В т. ч. пашня 1513,7; сенокосы 278,0; пастбища 354,8; залежь 218,4 тыс. га.

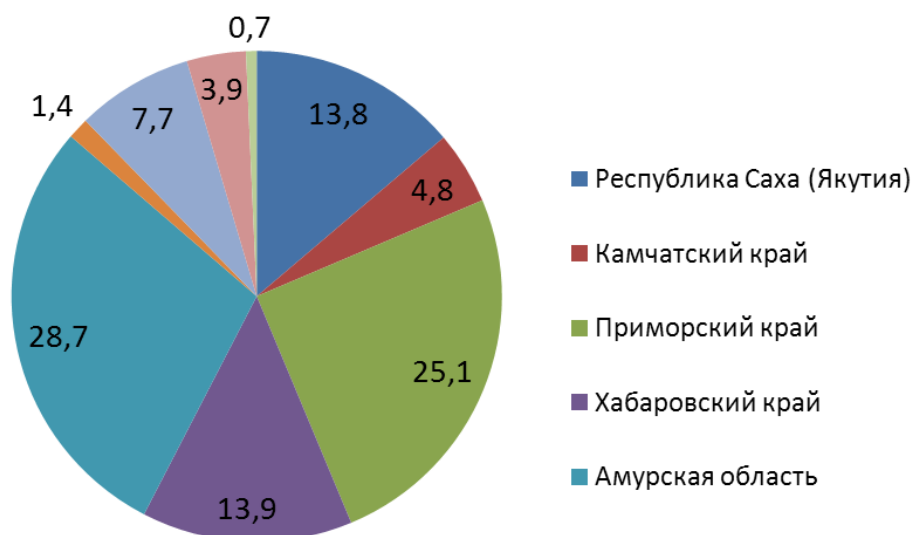


Рисунок 1 – Распределение производства продукции сельского хозяйства по Дальневосточному федеральному округу, %

Растениеводство специализируется на производстве сои. Доля Дальневосточного федерального округа в валовом сборе по Российской Федерации составила за последние пять лет более 50%. Более 70% от этого производится в Амурской области (рисунок 2).

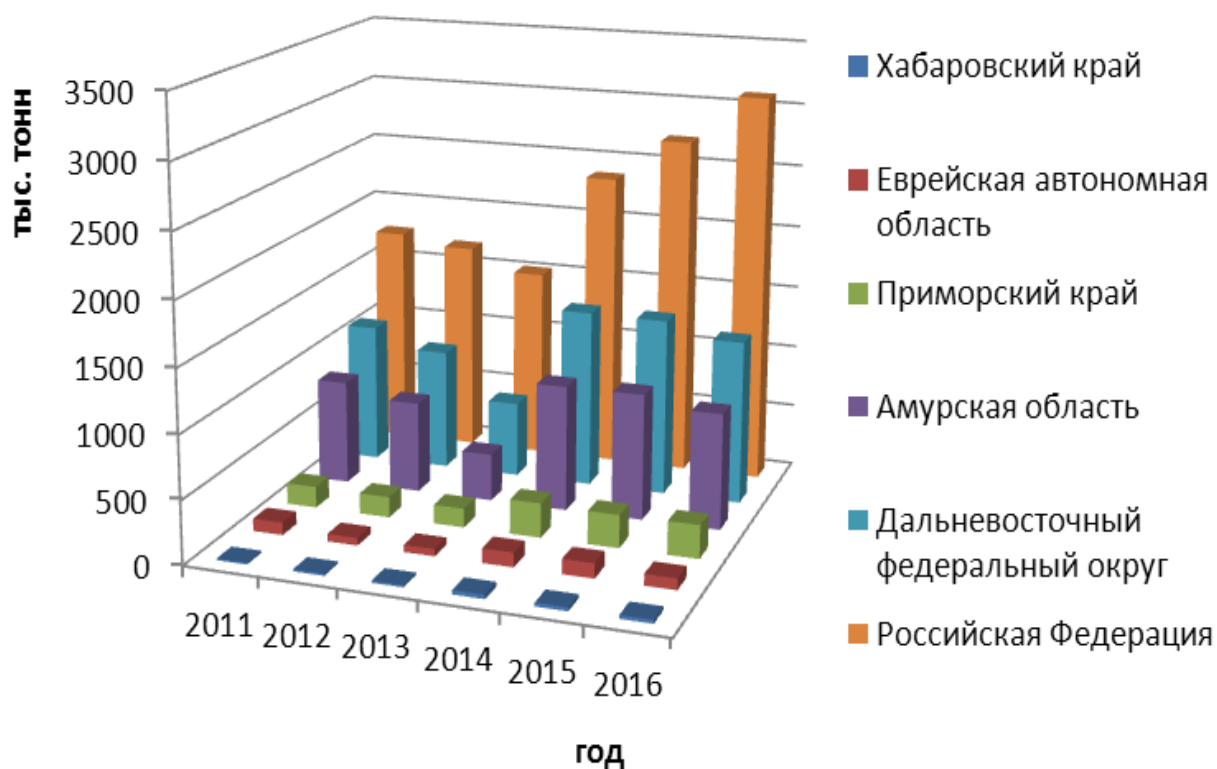


Рисунок 2 – Динамика валового сбора сои

Общая площадь посевов в 2016 году составила 1214 тыс. га, из них соей занято 894 тыс. га. В 2016 году доля сои в структуре посевных площадей составила 73,7%. Севообороты перенасыщены этой культурой (рисунок 3).

Урожайность сои имеет тенденцию к увеличению, хотя остается нестабильной по годам. В последние годы наблюдается увеличение урожайности зерновых культур (рисунок 4).



Рисунок 3 – Структура посевных площадей в Амурской области, %

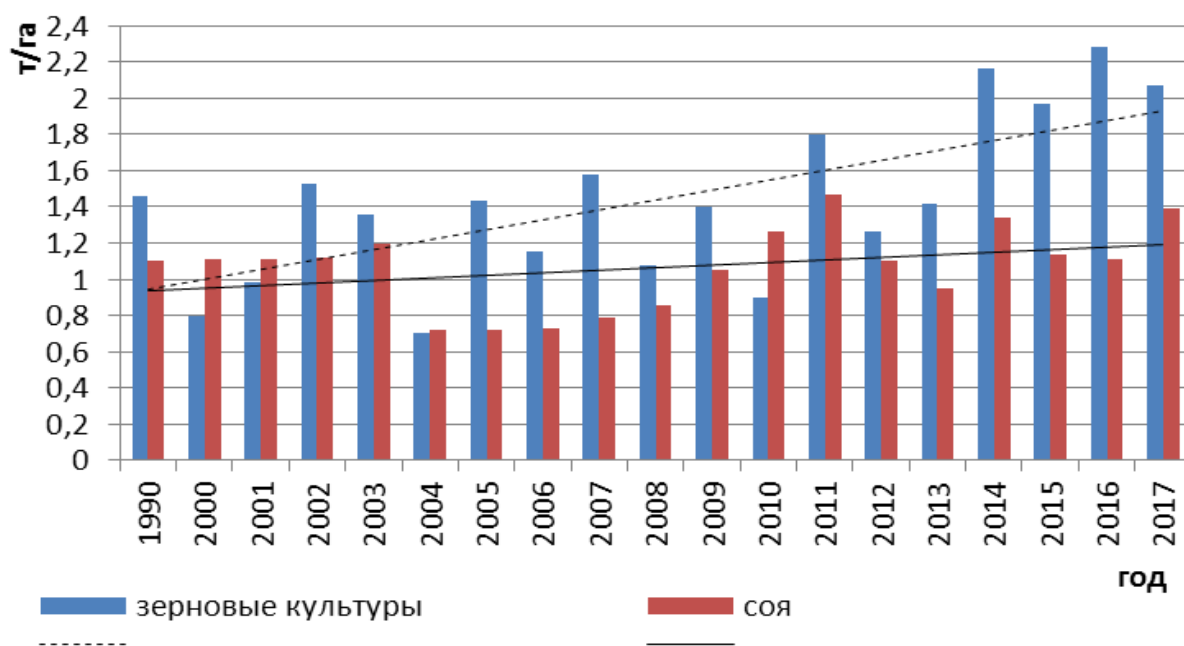


Рисунок 4 – Динамика урожайности сои и зерновых культур в Амурской области

Научно-обоснованные рекомендации, представленные в системе земледелия Амурской области, допускают насыщение соей севооборотов до 50% [330]. Оптимизация структуры посевных площадей - резерв повышения урожайности сои. Для этого необходимо повышать эффективность возделывания предшественников, значимое место среди которых занимают зерновые и кормовые культуры.

Эффективное использование средств механизации возможно только на основе рациональных, научно-обоснованных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Современные технологии проектируются по требованиям экологизации производства продукции растениеводства, ресурсо-энергосбережения. На рисунке 5 представлены технологии, реализуемые в системе земледелия Амурской области и факторы, их составляющие.

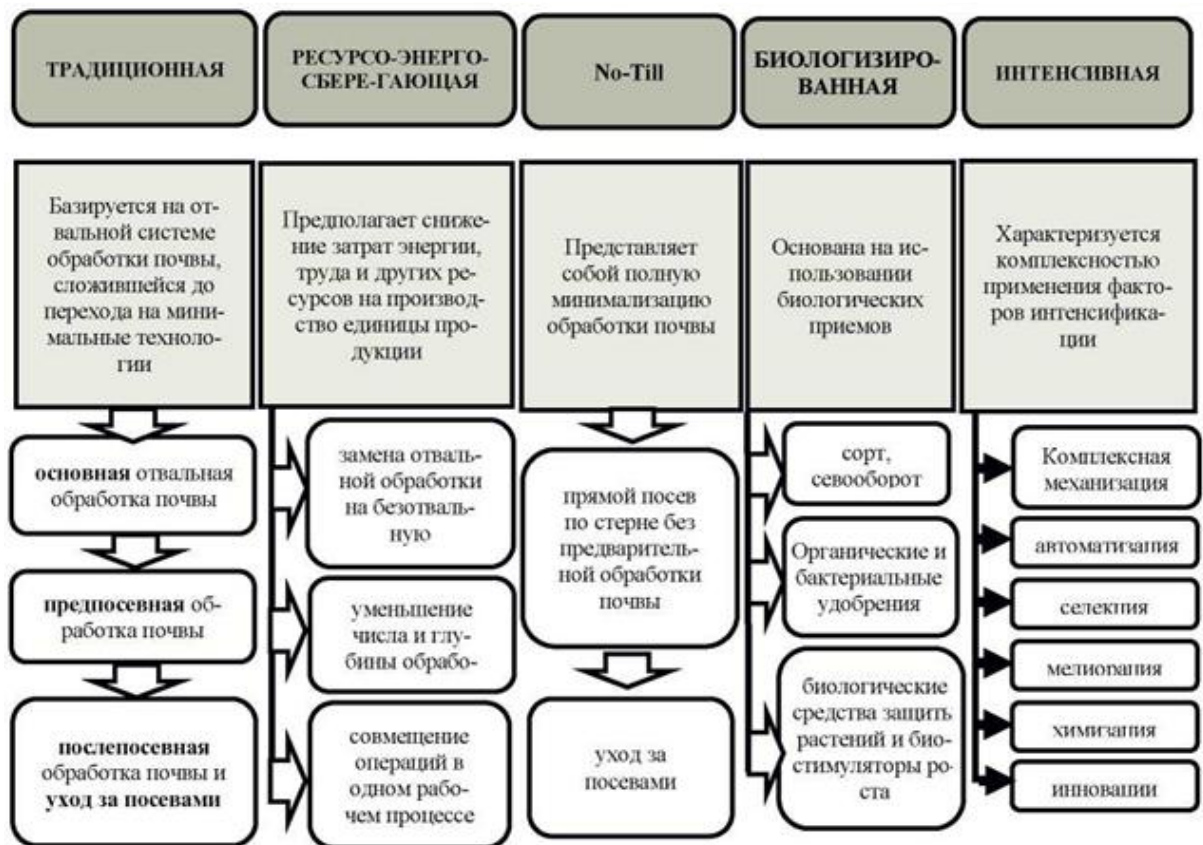


Рисунок 5 – Технологии возделывания полевых культур

Традиционно технологии возделывания сои и зерновых культур в Амурской области основывалась на отвальной основной обработке почвы. По времени обработки предпочтение отдавалось осенней, при этом допуска-

лась замена отвальной обработки безотвальной (таблицы 1, 2) [105, 107, 329, 333, 336].

Таблица 1 – Обработка почвы под зерновые культуры в Амурской области

Обработка почвы	Используемые машинно-тракторные агрегаты
Предшественник - многолетние травы	
1. Вспашка многолетних трав	МТЗ-82+ПН-3-35, Т-150[К], ДТ-75М+ПН-3-35; К-701+ПН-8-35
2. Дискование пласта	Т-150[К], ДТ-75М+ БДТ-3,0, К-701+БДТ-7,0
3. Сплошная культивация с боронованием	Т-150[К], ДТ-75М+КПС-4,0+4БЗСС-1,0; К-701+3КПС-4,0+12БЗСС-1,0
4. Боронование	МТЗ-82+СП-11У+12БЗСС-1,0; Т-150[К], ДТ-75М+СГ-21+21БЗСС-1,0
Предшественник - соя	
1 Безотвальная обработка почвы (осенняя)	МТЗ-82, Т-150[К], ДТ-75М+БДТ-3,0; КПЭ-3,8; КТ-3,9; КТС-10-1,0; КПШ-5; К-701+ БДТ-7,0; КПШ-9; 2КПЭ-3,8
2 Боронование	МТЗ-82+СП-11У+12БЗСС-1,0; Т-150[К], ДТ-75М+СГ-21+21БЗСС-1,0; К-701+СП-16+32БЗТС-1,0
Предшественник - соя	
1 Отвальная вспашка	ДТ-75М+ПН-4-35+2БЗСС-1,0; К-701+ПН-8-35
Предпосевная обработка почвы для всех предшественников	
1 Ранневесеннее боронование	Т-150[К], ДТ-75М+СГ-21+21БЗТС-1,0; К-701+СП-16+32БЗТС-1,0
2 Внесение удобрений	ДТ-75М+С-11У+3СЗС-3,6
3 Дискование или культивация	Т-150[К], ДТ-75М+ЛДГ-10(15) или КПС-4,0+4БЗСС-1,0; К-701+ЛДГ-20 или +3КПС-4,0+12БЗСС-1,0
4 Боронование предпосевное	Т-150[К], ДТ-75М+СГ-21+21БЗТС-1,0; К-701+СП-16+32БЗТС-1,0
Посев и уход за посевами	
1 Посев с внесением мин. удобрений и с оставлением технологической колеи или без нее	МТЗ-82+С-11У+СЗУ-3,6; Т-150[К], ДТ-75М+С11У+3СЗП-3,6 (3СЗУ-3,6); 5СЗС-2,1
2 Прикатывание	МТЗ-82+СП-11+3ККШ-6А; Т-150[К], ДТ-75М+С11У+9ККШ-6
3 Боронование до и после всходов	ДТ-75М+СГ-21+21БЗТС-1,0
4 Обработка гербицидом совместно с внесением подкормкой	МТЗ-82+ПОМ-630; ОН-400; Т-150[К], ДТ-75М+ОП-2000-01

Таблица 2 – Обработка почвы под сою в Амурской области

Обработка почвы	Используемые машинно-тракторные агрегаты
Предшественник - пшеница	
1 Отвальная вспашка	ДТ-75М+ПН-4-35+2БЗСС-1,0, К-701+ПН-8-35
2 Дискование или культивация	Т-150[К], ДТ-75М+ЛДГ-10(15) или КПС-4,0+4БЗСС-1,0, К-701+ЛДГ-20 или +3КПС-4,0+12БЗСС-1,0
3 Боронование	МТЗ-82+СП-11У+12БЗСС-1,0; Т-150[К], ДТ-75М+СГ-21+21БЗСС-1,0; К-701+СП-16+32БЗТС-1,0
4 Дискование или культивация	Т-150[К], ДТ-75М+ЛДГ-10(15) или КПС-4,0+4БЗСС-1,0; К-701+ЛДГ-20 или +3КПС-4,0+12БЗСС-1,0
Предпосевная обработка почвы для всех предшественников	
1 Ранневесеннее боронование	Т-150[К], ДТ-75М+СГ-21+21БЗТС-1,0; К-701+СП-16+32БЗТС-1,0
2 Дискование или культивация	Т-150[К], ДТ-75М+ЛДГ-10(15) или КПС-4,0+4БЗСС-1,0; К-701+ЛДГ-20 или +3КПС-4,0+12БЗСС-1,0
3 Дискование или культивация с внесением гербицида в почву	Т-150К+ОМ-630+ЛДГ-10 или КПС-4,0+4БЗСС-1,0
4 Предпосевная культивация	Т-150[К], ДТ-75М+КПС-4,0+4БЗСС-1,0; К-701+3КПС-4,0+12БЗСС-1,0
5 Боронование предпосевное	Т-150[К], ДТ-75М+СГ-21+21БЗТС-1,0; К-701+СП-16+32БЗТС-1,0
6 Прикатывание	Т-150[К], ДТ-75М+СП-16+4-3КВГ-1,4
Посев и уход за посевами	
1 Посев	МТЗ-82+С-11У+СЗУ-3,6; Т-150[К], ДТ-75М+С11У+3СЗП-3,6 (3СЗУ-3,6); 5СЗС-2,1
2 Боронование до и после всходов	ДТ-75М+СГ-21+21БЗТС-1,0
3 Междурядная культивация	ДТ-75М+3КРН-4,2
4 Обработка гербицидами	МТЗ-82+ОП-2000-01

В последние годы наблюдается тенденция к минимализации путем замены отвальной обработки почвы безотвальной, сокращения количества технологических операций по возделыванию культуры, увеличения ширины захвата агрегатов, совмещение технологических операций, применения комбинированных машин и агрегатов, уменьшения глубины обработки почвы (рисунок 6). В настоящее время в Амурской области формируется адаптивная ресурсо-энергосберегающая система земледелия [330]. Безотвальная обра-

ботка почвы применяется на 85% посевной площади, прямой посев проведен в 2017 году на площади около 200 тыс. га.

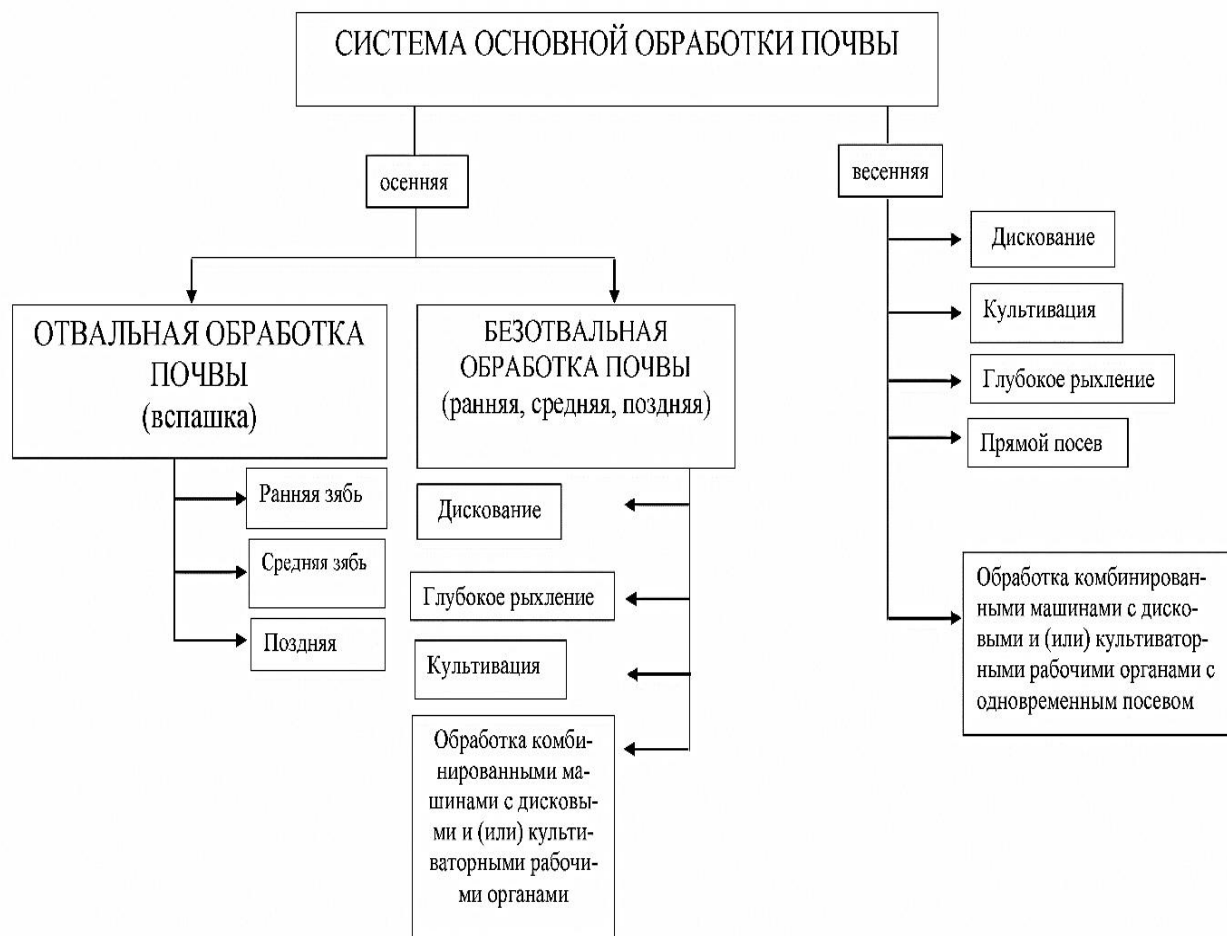


Рисунок 6 – Система основной обработки почвы в Амурской области

В связи с модернизацией машинно-тракторного парка появились новые возможности для внедрения инновационных технологий [68, 208]. В регионе применяются меры по выполнению Государственной программы, но, несмотря на это нагрузка пашни на трактор увеличивается (рисунок 7). Срок службы 85% тракторов превышает 10 лет (рисунок 8). В структуре тракторного парка 38,8% тракторов составляют модели МТЗ; 20,4% – ДТ-75М и ДТ-175; 5,6% – Т-150/150К; 12,3% – К-700/701; 2,1% – К-744; 2,5% – «Versatile» и 18,3% прочих модификаций (рисунок 9). Более 70% - на колесном ходу, что связано с отсутствием на рынке моделей на гусеничном ходу с высокой надежностью и приемлемой ценой. Поэтому в хозяйствах устанавливают спаренные колеса, что повышает их тягово-сцепные свойства и снижает негативное техногенное воздействие на почву движителями.

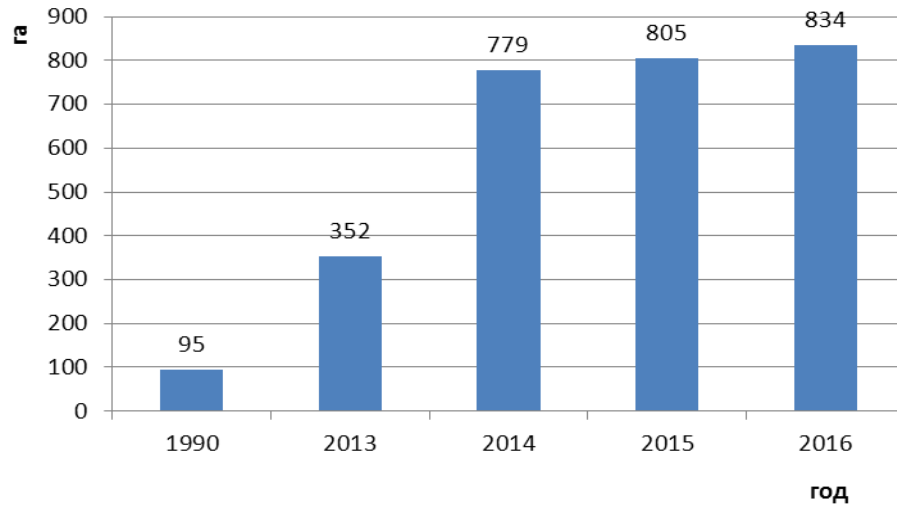


Рисунок 7 – Нагрузка пашни на 1 трактор в Амурской области

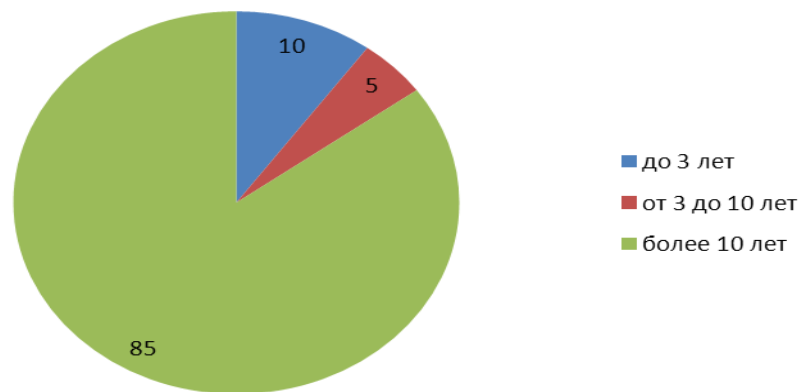


Рисунок 8 – Структура тракторного парка сельскохозяйственных предприятий Амурской области по времени эксплуатации, %

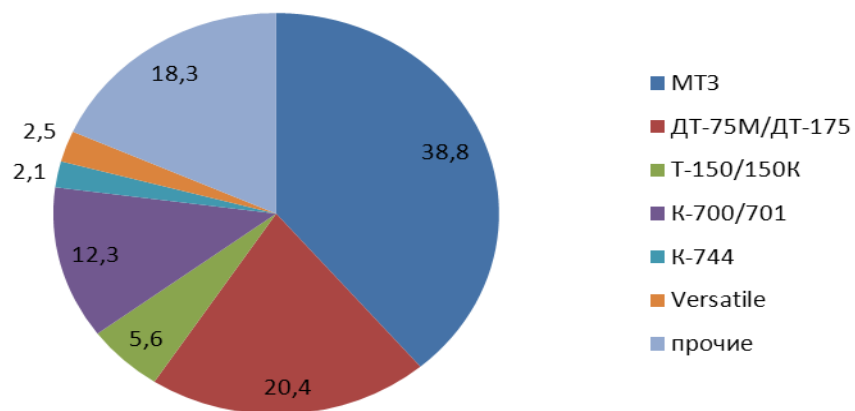


Рисунок 9 – Структура тракторного парка Амурской области по маркам и модификациям, %

Перевооружение парка сельскохозяйственных машин направлено на приобретение многофункциональных комбинированных агрегатов как отечественного, так и импортного производства. Машины от следующих производителей: «Burgoult», «Salford», «Morris Concept», «Grean Hleins», «Amazone», «Pronto», из отечественных марок – посевные комплексы «Кузбасс», «Томь», «Обь», С-6ПМ, почвообрабатывающие машины БДМ и др.

Для заделки растительных остатков используют дисковые орудия. Зубовые бороны постепенно меняют на пружинные, которые не требуют трудоемкого ремонта, более надежные и не нуждаются в сцепке. Комбинированные машины имеют рабочие органы, позволяющие выполнить за один проход культивацию или дискование, боронование и прикатывание. Для безотвальной обработки используются орудия с культиваторными, плоскорезными рабочими органами или комбинированные машины. Широко используются отечественные и зарубежные комбинированные машины КПЭ-3,8А, АКП «Лидер-4», АПК «Ермак», «Salford» и другие машины.

Начиная с 2005 года, в хозяйства области поступают новые высокопроизводительные посевные комплексы иностранного и отечественного производства. Это универсальные пневматические сеялки С-6ПМ.1, посевные комплексы «Томь» и «Кузбасс» для ведения прямого посева при использовании ресурсосберегающей технологии нулевой обработки почвы. Из посевных комплексов импортного производства: немецкие машины «Amazone Werke» моделей «Primera DMC 9000» и «Primera DMC 12000», канадские комплексы «Salford». Сеялки Concept 2000 применяются как для посева в подготовленную почву, так и для прямого посева.

В современных условиях является актуальным совершенствование обработки почвы в направлении ресурсо- и энергосбережения, адаптации к природно-производственным условиям. Оптимизация системы технологий и машин позволит повысить эффективность возделывания сельскохозяйственных культур за счет качественной и своевременной обработки почвы.

1.3 Обзор путей повышения эффективности системы технологий и машин для производства продукции растениеводства

1.3.1 Влияние тракторов на почву и урожай сельскохозяйственных культур

Переуплотнение почв энергонасыщенной сельскохозяйственной техникой явление глобальное, наблюдающееся во всех странах мира с интенсивным механизированным земледелием, что является фактором деградации физических свойств и резкого снижения плодородия. W.R. Gill считает уплотнение почвы серьезной национальной проблемой США. E.P. Adams, G.R. Slake, W.P. Martin, D.H. Boelter [399] в своих исследованиях пришли к выводу, что уплотнение почвы привело к снижению урожая зерновых на 8 - 13%. Изменения в почве при уплотнении сельскохозяйственной техникой и влияние их на сельскохозяйственные культуры изучались учеными Болгарии, Иордании и других стран мира [190, 400, 401, 403, 405, 406, 407].

В нашей стране в 20-е годы в связи с приобретением зарубежных тракторов, оценка воздействия движителей на сложение и структуру почвы проведена под руководством Н.А. Качинского. В 60-е годы в связи с интенсификацией на поля вышли тяжелые колесные тракторы, проблема отрицательного воздействия движителей на почву обострилась. С середины 70-х годов начаты планомерные исследования по оценке системы «двигитель-почва-урожай». Возделывание сельскохозяйственных культур предусматривают многократные проходы машин по полю. По данным ряда исследователей в процессе подготовки почвы, посева, ухода за растениями, уборки урожая 10-12% площади поля подвергается уплотнению движителями от 6 до 20 раз, 65-80% от 1 до 6 раз, 10-15% площади не подвергается уплотнению. В наибольшей степени при этом страдают поворотные полосы, площадь которых составляет от 12 до 20% площади поля. Наибольшие площади уплотняемой пашни и количество проходов ходовых систем по одному следу наблюдается при возделывании пропашных культур [17, 53, 61, 62, 101, 179, 180, 189, 190,

301, 392].

Распространение уплотняющей деформации на разных типах почв зависит от гранулометрического состава, содержания гумуса, исходной влажности почвы. На мощном малогумусном черноземе гусеничные тракторы при 2-4 проходах уплотняли почву на 40-45 см, колесные на 50-70 см. Максимальная механическая деформация приходилась на слой почвы 5-20 см [167]. И.П. Ксенович, В.А. Скотников, М.И. Ляско [190] отмечают последствие переуплотнения подпахотных горизонтов чернозема (на глубину 60-100 см). Поэтому корневая система растений формируется в пределах почвообрабатываемого слоя 25-30 см, содержание влаги в котором неустойчиво, что отражается на стабильности урожая выращиваемой культуры. По данным А.И.Пупониной, Н.С. Матюка, Г.И. Казакова, глубина деформации почвы от воздействия ходовых систем машин значительно превосходит глубину пахотного слоя и достигает, в зависимости от массы и тяговых усилий трактора, 30 - 50 см [125, 126, 294, 295]. По данным А.Г. Бондарева, А.В. Судакова, деформация почвы достигает 100 -120 см [24, 26, 348]. Многие исследователи отмечают, что процесс снижения эффективного плодородия почвы под воздействием уплотнения тракторами и сельскохозяйственными машинами носит кумулятивный характер [190, 294, 301].

Э. Рюбензам, К. Рауэ указывают, что тяжелые почвы значительно больше подвержены уплотнению, чем песчаные; непокрытые растительностью - больше, чем густо пронизанные корнями; малогумусированные - больше, чем высокогумусированные; свежевзрыхленная почва - больше, чем уже осевшая [315]. Л.А. Инкин установил, что рыхлая почва проявляет демпфирующее свойство по отношению к давлению ходовых систем тракторов и сельскохозяйственных машин [120].

Большую роль в уплотнении и разуплотнении почвы играет ее влажность. Г.Д. Белов и А.П. Подолько делают вывод, что воздействие техники на сухую почву ведет к разрушению, распылению почвенной структуры. Предельно допустимые границы влажности почв среднесуглинистого состава:

дерново-подзолистых – 11-23%, серых лесных – 14-24%, черноземов – 13-25%, каштановых – 12-21%. Нижняя предельно допустимая граница обусловлена высоким глыбообразованием почвы при обработке, а верхняя – налипанием на рабочие органы. Ограничение максимального давления движителей на почву (суглинки и глины) при влажности 0,9 НВ весной – не более 80 кПа и летом – 100 кПа, при меньшей влажности – 100- 120 кПа и более [17].

Основными критериями оценки влияния движителей на почву служат плотность, пористость, твердость, структурный состав, изменение агрохимических свойств почвы, качество выполнения технологических операции, биологический урожай и некоторые другие. Плотность сложения влияет на водный, воздушный, тепловой режимы почвы, на условия биологической деятельности и формирование урожая. И.Б. Ревут указывал, что для поддержания высокого уровня плодородия многих типов почв плотность должна быть 1,25- 1,35 г/см³ [300]. Воздействие техники приводит к увеличению плотности на всех типах почв, в наибольшей мере это наблюдается на влажных суглинистых и глинистых по гранулометрическому составу почвах. Обобщенные результаты исследований показали, что даже при однократном проходе машинно-тракторных агрегатов плотность почвы превышает верхний предел диапазона оптимальных значений на 0,05-0,35 г/см³ и более [27].

В Амурской области установлено, что при проведении операций по закрытию влаги плотность почвы до прохода ДТ-75М составляла 1,22 г/см³, после - 1,26 г/см³; «Кировец» до - 1,22, после - 1,58 г/см³. При посеве до прохода ДТ-75М - 1,24, после - 1,29 г/см³; «Кировца» до - 1,24, после - 1,62 г/см³ в слое 0-10 см [390]. Исследованиями А.Ю. Осичкина на черноземах выщелоченных, Л.Г. Бондарева на серых лесных тяжелосуглинистых и дерново-подзолистых, В.И. Кравченко на сероземе установлено отрицательное воздействие уплотнения почвы тракторами на агрофизические свойства почвы [25, 179, 180, 266].

Многие исследователи указывают, что наибольшее уплотняющее воздействие на почву оказывают тяжелые колесные тракторы. И.П. Ксенович,

М.И. Ляско, анализируя испытанные серийные тракторы, располагают по возрастанию плотности почвы в их следах в ряд: Т-70С<Т-74, ДТ-75<МТЗ-80/82, ЮМЗ-6<Т-150, ДТ-175С<Т-150К<К-700 [188, 190].

Ходовая система трактора ДТ-175С меньше уплотняет среднесуглинистые черноземные почвы, чем тракторов Т-70С и Т-4А. Деформация почвы накапливается при каждом очередном проходе трактора и после шестого прохода остается постоянной, соответствующей увеличению плотности слоя почвы 10-30 см на $0,085 \text{ г/см}^3$ [86]. Каждый дополнительный проход трактора увеличивает объемную массу почвы как в слое 0-10 см, так и в слое 10-20 см. Однократный проход трактора Т-74 увеличил объемную массу почвы на $0,16 \text{ г/см}^3$, второй проход – на $0,23 \text{ г/см}^3$, пятый – на $0,50 \text{ г/см}^3$ [17].

Величина коэффициента уплотнения почвы, определяемого как отношение плотности до и после прохода машин, превышает единицу при использовании тракторов МТЗ-82, Т-150К, Buhler Versatile 2425, К-701, К-744. Полугусеничный ход и постановка дополнительных колес позволили снизить коэффициент уплотнения тракторами класса 1,4 на 6 и 16%, соответственно. Для тракторов класса 3 при использовании сдвоенных колес величина этого показателя уменьшилась на 7%, класса 5 и 6 - в среднем на 10% [391].

Некоторые исследователи считают, что отрицательное воздействие тракторов усугубляется при буксовании. На глубину распространения деформации в почве оказывает влияние скорость движения трактора. Уплотняющее воздействие тракторов сказывается на ухудшении условий роста и развития растений [47, 373, 374].

Физические условия в почве играют в жизни растения решающую роль. Основной характеристикой является плотность почвы. Большинство растений не переносит ни излишней рыхлости, ни повышенной плотности почвы. Каждой почве свойственна своя равновесная плотность, которая складывается в конце периода вегетации. Оптимальный для развития растений предел плотности почвы не превышает уровень равновесной. Наибольшая равновесная плотность у дерново-подзолистой песчаной связной почвы и серозема су-

глинистого – 1,5 - 1,6 г/см³; наименьшая – у болотистой почвы – 0,17-0,18 г/см³. Оптимальная плотность сложения почвы для зерновых культур колеблется от 1,05 г/см³ (черноземы типичные, оподзоленные, обыкновенные, южные; серые лесные тяжело- и среднесуглинистые; каштановые тяжело- и легкосуглинистые) до 1,41 г/см³ (серые лесные легкосуглинистые). Для пропашных культур – от 1,00 г/см³ (для большинства типов почв) до 1,40 г/см³ (серые лесные легкосуглинистые) [119, 195, 196, 251, 300, 301].

Для лугово-черноземовидных почв Приамурья по данным В.В. Голубева равновесная плотность составляет 1,24 г/см³, оптимальная для зерновых 1,2-1,3 г/см³, для сои 1,1- 1,2 г/см³ [65]. Различную уплотняемость отдельных типов почвы под воздействием техники отмечают немецкие исследователи [407]. На малогумусных песчаных делювиальных почвах 60-70% площади с уплотнением в глубину до 50 см. На лессовых почвах уплотнено только 20% площади, причем черноземные почвы, обладающие высокой пористостью гумусового горизонта, в подпахотном слое сильнее уплотняются, чем бурые и застойно-переувлажняющиеся. Менее распространено (около 5% сельскохозяйственных угодий) уплотнение подпахотного слоя на почвенных комплексах, образованных на продуктах выветривания. Площадь уплотнения пахотного слоя больше, чем подпахотного [407].

При оценке влияния уплотнения пахотного слоя почвы движителями на изменение ее продуктивности рекомендуется следующая градация (P_p - равновесная плотность, г/см³):

1) Слабая степень изменения P_p : почвы суглинистого и глинистого гранулометрического состава с $P_p < 1,3$; супесчаные и песчаные $P_p < 1,4$ (предполагаемое снижение урожая 5- 10%).

2) Средняя степень: почвы суглинистого гранулометрического состава с $P_p = 1,3-1,5$; супесчаные и песчаные с $P_p = 1,4-1,6$ (снижение урожая до 20-30%).

3) Сильная степень: почвы тяжелого гранулометрического состава с $P_p > 1,5$; легкого гранулометрического состава с $P_p > 1,6$ (снижение урожая

может достигать 50-60 %) [311].

Деформация почвы начинается при условии, что внешнее воздействие превышает ее прочность, которая определяется гранулометрическим составом. Многие исследователи отмечают увеличение количества крупных агрегатов при воздействии техники на влажную почву и уменьшение при воздействии на сухую. При интенсивном воздействии изменяется соотношение различных по величине почвенных агрегатов, снижается их водопрочность и пористость [25, 27, 338, 401, 403, 405, 406].

Структурное состояние пахотного и всего корнеобитаемого слоя почвы имеет большое значение для формирования урожая. Изучению условий, определяющих создание и разрушение структуры, посвящены также работы В.А. Францессона, Н.П. Исаенко, С.П. Горбуновой, Н.А. Сапожникова и др. [41, 300, 318, 372]. Д. Вернер отмечает, что вследствие давления колеса на почву она теряет структурность, имеет низкую водопроницаемость и большую объемную массу [407].

По данным А.А. Вакулина, количество агрономически ценных структурных агрегатов снижается по следу К-701 на 18,3%, ДТ-75 - на 14%. По следу К-701 фракций размером более 15 мм в 7 раз больше, чем по следу гусеничного Т-150К. На пойменных почвах ходовая система трактора, уплотняя почву, увеличивает глыбистость [41].

В Амурской области особенно неблагоприятное воздействие на почву оказывает трактор «Кировец» с одинарными колесами. Коэффициент структурности по следу снизился на 61,6%. Для тракторов ДТ-75М и «Кировец» на сдвоенных колесах снижение коэффициента структурности соответственно составило 17,3 и 9,7% [390].

Уплотненная весной до посева почва содержит значительно меньше доступной влаги, чем неуплотненная. Снижение доступной влаги после однократного прохода Т-74 составило 1,8% в фазу трубкования, а в фазу колошения - 3,4%, после пятикратного - 5,0 и 6,4%. Многократность передвижения тракторов по полю весной в период предпосевной обработки почвы ведет

к снижению влагоемкости почвы в течение всего вегетационного периода культуры. На уплотненной части поля в слое 0-20 см при капиллярной скважности 31,6% влагоемкость почвы составляет 35,2%, при пятикратном проходе Т-74 она снижается до 27,3% [17, 41, 169].

Луговая черноземовидная почва по данным В.Н. Макарова при плотности 1,04 г/см³ имеет общую скважность 60,7%, пористость аэрации 35,5%, запасы продуктивной влаги 37,4 мм; при плотности 1,27 г/см³ - 52,1%, 20,2%, 57,2 мм для слоя 0-30 см. При плотности луговой черноземовидной почвы в слое 0-30 см 1,13 г/см³ общая скважность составляла 57,4%, пористость аэрации 22,6%, запасы продуктивной влаги 53,4 мм, недоступной 51 мм; при плотности 1,22 г/см³ - 54%, 15,4%; 58,7 мм, 57 мм [221, 222].

По данным Н.А. Пенчуковой и А.А. Величко при плотности луговой черноземовидной почвы в слое 0-10 см 0,95 г/см³ скважность была 60,9%, при плотности 1,26 г/см³ - 48%; в слое 10-20 см при плотности 1,13 г/см³ - 53,7%, при плотности 1,38 г/см³ - 43,2%; в слое 20-30 см при плотности 1,24 г/см³ - 50%, при плотности 1,44 г/см³ - 41,9% [277].

Уплотненная почва плохо впитывает и фильтрует влагу, что способствует усиленному поверхностному стоку и смыву почвы. В итоге снижается обеспеченность растений влагой и пищей, увеличивается испарение и создаются условия для усиления действия засухи [338, 365, 407].

Вредное воздействие движителей тракторов на почву проявляется также в ухудшении рельефа поля, возрастании сопротивления последующим обработкам, снижении их качества. Многие авторы отмечают такие явления, связанные с уплотнением, как плохая заделка семян, глубокая колея, которую необходимо обрабатывать дополнительно, увеличение глыбистости, твердости, затрат энергии и расхода топлива [17, 73, 167, 294, 301].

На Дальнем Востоке отмечается отрицательный эффект уплотняющего воздействия на почву гусеничных движителей в условиях повышенной влажности. Кроме разрушения структуры почвы, образуемая колея затрудняет дальнейшую обработку почвы, ухудшает качество полевых работ. При ос-

новой обработке со дна колеи выносятся почва подстилающего горизонта, что ведет к снижению плодородия [316].

В.А. Русанов и др. отмечают, что в опыте с трактором К-701, уплотняющим почву при высокой влажности, не удалось удовлетворительно обработать почву, в связи с этим наблюдалась изреженность всходов сельскохозяйственных культур [313].

Одним из важных результатов физико-химических процессов, происходящих в почве, является питательный режим, складывающийся при изменениях в почве. Уплотнение тракторами приводит к снижению содержания в почве нитратного азота, основная форма азота в уплотненной почве - аммоний; ухудшается усвоение растениями питательных веществ [205, 403].

Биологическая активность почвы дополняет агрофизические и агрохимические показатели плодородия. Изменение плотности почвы влияет на состав полезных групп микроорганизмов и их развитие. Увеличение плотности почвы до 1,35- 1,40 г/см³ ведет к снижению скорости разложения растительных остатков на 38-40%. В зависимости от увеличения проходов тракторов по полю снижается биологическая активность почвы [120, 205].

Уплотнение почвы является благоприятной средой для роста сорняков. В условиях Поволжья на южном карбонатном тяжелосуглинистом черноземе количество сорняков при двукратном воздействии трактором ДТ-75 увеличилось в 2 раза, а при четырех- и шестикратном воздействии соответственно в 2,5 и 3,1 раза. При двух-, четырех- и шестикратном воздействии К-700 количество сорняков возросло соответственно в 1,8; 2,3 и 2,9 раза [384]. Сильную связь между уплотнением и появлением определенных видов сорных растений отмечают Д. Вернер и др. [407].

Отмечается пространственная дифференциация почвы по плотности. Д. Вернер определяет наибольшее уплотнение на расстоянии 15 м от края поля, с 35 м на остальной площади поля плотность почвы остается невысокой, урожай культур увеличивается к центру поля. С целью снижения затрат на проведение мероприятий по разуплотнению почвы, Д. Вернер предлагают

проводить диагностику для выделения очагов уплотнения, фиксировать значимые повреждения структуры почвы, данные о временных трассах при уборке, использовать индикаторное значение сорняков, а также морфологические признаки переуплотнения при визуальной оценке участка [407].

Исследования российских и зарубежных ученых направлены на оценку потерь урожая в зависимости от давления тракторов на почву, типа движителя, ширины агрегата, кратности прохода тракторов по следу. Обобщение результатов модельных опытов со сплошным уплотнением почвы движителями, выполненными в Белоруссии, Литве, Эстонии, Московской, Киевской, Воронежской, Тульской областях, Краснодарском крае и Бурятии на разных почвах показало, что повышение давления на почву со 150 до 200 кПа приводит к росту недобора урожая в 1,5-2 раза; а увеличение числа проходов по следу от 1 до 5 раз – в 2-2,3 раза. В результате переуплотнения урожай по следу колесных машин снижается на 15 - 20 %. Потери урожая от уплотнения почв являются значительными [192, 298, 308, 309, 312].

Многочисленные данные свидетельствуют о снижении урожайности от воздействия движителей на почву. В опытах Почвенного института им. В.В. Докучаева с моделированием многократного воздействия движителей тракторов на дерново-подзолистую почву установлено, что снижение урожайности ячменя при 1 - 3-кратном уплотнении тракторами МТЗ-80, ДТ-75, Т-150К и К-700 составляет 10-40 %. При шести проходах трактора К-700 по одному следу – 50 %. В стационарных опытах, проведенных на кубанских черноземах и дерново-подзолистых почвах, на почвах Эстонии установлено, что физические свойства уплотненной почвы не восстанавливаются в течение 1-4 и более лет, наблюдается недобор урожая [24, 27, 294, 295]. Аналогичные данные получены в опытах, проведенных в странах Европы, Канаде и США [54, 263, 403]. Депрессия урожая различных культур от систематического переуплотнения подпахотных слоев носит кумулятивный характер, и недобор урожая этих культур возрастает из года в год. При суммарном накоплении 10 - 14-кратного уплотнения почвы за пять - семь лет недобор урожая составил 20

- 30%. В результате машинной обработки за 30 лет плотность почвы увеличилась на 6,5 %, урожай снизился на 17 - 36 % [298, 301, 309]. Негативное воздействие ходовых систем сельскохозяйственной техники на важнейшие физические свойства, а через них и на режимы - водный, воздушный и пищевой, ухудшение технологических свойств почвы, повышение засоренности полей, снижение всхожести культурных растений ведут в конечном итоге к снижению урожая. Это отмечают В.Н. Шептухов, А.А. Колышкин, И.С. Рабочев, П.У. Бахтин, А.Г. Бондарев и многие другие исследователи [170, 188, 283, 298, 368, 384, 392].

На луговой черноземовидной почве, по данным В.Н. Макарова, при уплотнении сильно угнетена фотосинтетическая деятельность растений, прирост сухого вещества в 1,6, а чистая продуктивность фотосинтеза в 1,4 раза меньше, чем на почве с оптимальной плотностью, урожай сои снизился на 26%. При повышении плотности выше оптимальной в почве преобладают окислительно-восстановительные процессы, нарушается минеральное питание растений, что влияет на продуктивность фотосинтеза. По результатам вегетационного опыта с вариантами плотности почвы: 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4 г/см³, В.Н. Макаров и С.А. Сергеева делают вывод, что оптимальной для сои является плотность 1,1 г/см³ [221, 222, 225].

Для предотвращения негативных последствий механического воздействия движителей на почву во многих странах мира изучаются методы борьбы с переуплотнением почв, разрабатываются мероприятия, позволяющие снизить уровень неблагоприятного механического воздействия. Выделяются три главных направления решения проблемы [188].

1. Технологическое состоит в совершенствовании технологии возделывания сельскохозяйственных культур путем сокращения проходов техники по полям, рациональную маршрутизацию движения машин, применение комбинированных и широкозахватных агрегатов, минимальную обработку почвы, устройство постоянных полос для проезда техники и др.

2. Агрономическое заключается в повышении способности почвы

противостоять уплотнению нагрузкам благодаря внесению удобрений (главным образом, органических), соблюдению качества обработки почвы, проведении технологических операций по разуплотнению.

3. Конструкторское определяется в совершенствовании тракторов, сельхозмашин и их движителей в направлении устранения или снижения негативного воздействия на почву.

Это предотвращает переуплотнение, что приводит к сохранению потенциального и эффективного плодородия и позволяет избежать недобора урожая и излишних затрат энергии на почвообработку.

Для оценки воздействия движителей на почву применяют экспериментальный и расчетный методы. Экспериментальный метод является надежным, но имеет высокую трудоемкость определения изменения физико-механических параметров почвы, погрешности и низкую воспроизводимость результатов при использовании стандартных методов измерения. Недостатки метода устранимы с внедрением методов неразрушающего контроля плотности и влажности почвы, основанных на ультразвуковом и радиационном способах измерений, а также использовании мини-компьютеров. Расчетный метод значительно превосходит экспериментальный по производительности, однако уступает ему по точности [188].

Таким образом, анализ результатов исследований по проблеме уплотняющего воздействия движителей тракторов на почву в различных регионах показывают негативное влияние ходовых систем сельскохозяйственной техники на плодородие почвы и урожай сельскохозяйственных культур. Полное устранение негативного воздействия на почву техники в современных условиях невозможно. Однако системный подход к способам обработки почвы с учетом протекающих в ней естественных процессов и взаимосвязей между компонентами позволяет предвидеть отрицательные последствия тех или иных агротехнических приемов и находить пути устранения их. Зная зависимости между отдельными агрофизическими показателями почвы и ее плотностью сложения, можно регулировать их значения в оптимальных пределах

посредством воздействия на плотность. Критерием должны быть оптимальные параметры корнеобитаемого слоя, позволяющие реализовать потенциал продуктивности современных сортов. Важное условие улучшения агрофизических условий жизни растений - снижение негативного воздействия на почву движителей сельскохозяйственной техники путем оптимизации системы технологий и машин по агротехническим показателям.

1.3.2 Использование средств механизации в технологиях обработки почвы, посева и уборки сельскохозяйственных культур

Закономерности устойчивого продукционного процесса, обусловленного в решающей степени взаимодействием почвы и растения, и оптимизация всех определяющих этот процесс факторов являются основой технологий производства продукции растениеводства. Эффективное функционирование системы технологий и машин в современном сельском хозяйстве возможно только на основе научно-обоснованного взаимодействия с системой обработки почвы, системой севооборотов, системой удобрений, системой защиты растений и другими элементами системы земледелия, адаптированными к конкретным природно-производственным условиям сельскохозяйственного предприятия, зоны, региона.

Адаптивно-ландшафтная направленность современных систем земледелия имеет большое значение при проектировании системы технологий и машин, потому что определяет выбор элементов технологий возделывания сельскохозяйственных культур, способов обработки почвы, ухода за растениями и уборки, которые выполняются соответствующими средствами механизации.

Основоположники учения о системах земледелия: А.В. Советов, В.В. Докучаев, Н.М. Тулайков, С.А. Воробьев, В.П. Нарциссов и другие видели ее сущность, как способ использования территории для производства растительных продуктов. Считали ее составной частью, формой системы ве-

дения хозяйства, подчеркивали применимость мероприятий только к данной местности [146, 156, 157, 161, 217, 254, 320, 341].

Создание устойчивых высокопродуктивных систем при минимальных затратах ресурсов на единицу биомассы урожаев при одновременном улучшении плодородия почвы и сохранении окружающей среды – концептуальная идея современного земледелия [108]. Дифференцированное использование ресурсов – основа конструирования адаптивных агроэкосистем, повышения их продуктивности и экологической устойчивости, расширения и усиления адаптирующих функций. Проблемы экологизации и адаптации растениеводства рассмотрены в работах А.А. Жученко [83, 84].

Созданию современной методологии оптимизации агросистем устремлены исследования ряда теоретиков земледелия. Развитие ландшафтного подхода в земледелии связано в основном с решением задач защиты почв от эрозии, мелиорации, полезащитного лесоразведения. В 80-90-х годах разработана «Концепция формирования высокопродуктивных экологически устойчивых агроландшафтов и совершенствования систем земледелия на ландшафтной основе» [173], разработаны во ВНИИЗ и ЗПЭ «Методика разработки систем земледелия на ландшафтной основе» [143]; «Концепция формирования гибких технологий в ландшафтном земледелии» [174]. Совершенствование методологии земледелия на ландшафтной основе разрабатывается школой А.Н. Каштанова [141, 142, 144, 145].

Проектирование элементов ландшафтов проводится под руководством М.И. Лопырева. Методологические подходы к проектированию агроландшафтов успешно реализуются на практике, если их снабдить имеющимися материалами экспериментальных агрономических исследований по подбору культур, сортов, приемов обработки почвы на различных элементах ландшафта при условии их агроэкологической типизации [20, 213, 214, 291].

Ландшафтное земледелие решает не только противоэрозионные задачи. Необходимо обратиться к рассматриваемой проблеме с позиций задач, связанных с сохранением равновесия в экосистемах и созданием условий для их

саморегуляции и воспроизводства ресурсов. Но не следует отвергать интенсификацию земледелия. Проблема аграрного реформирования должна решаться адекватной в ключе экологизации всей хозяйственной деятельности агропромышленного комплекса, направленной на сохранение природных ресурсов и биоразнообразия, упорядочение природопользования на основе рациональной системы экологического нормирования, биологизацию технологических процессов. Первоочередная задача заключается в оптимизации использования земельных ресурсов. Это рациональное размещение угодий и сельскохозяйственных культур; вывод из активного оборота деградированных, солонцовых, засоленных, заболоченных и т.п. земель; оптимизация структуры посевных площадей; рационализация организации территории с помощью землеустройства на ландшафтной основе; упорядочение лугопастбищного хозяйства; создание устойчивых агроландшафтов; адаптивная интенсификация технологий возделывания сельскохозяйственных культур, т. е. дифференциация в соответствии с разнообразными природными условиями, более полное использование адаптивного потенциала растений, их устойчивости к неблагоприятным условиям хозяйствования. Теоретические основы проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия в различных природно-сельскохозяйственных зонах разрабатываются различными авторами: Кирюшин В.И., Иванов А.Л. и другие [80, 110, 114, 154, 158, 162, 164, 165, 381, 389].

Наиболее полное выражение экологизации земледелия достигается в формировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Являясь средством оптимизации агроландшафтов, адаптивно-ландшафтные системы земледелия включают наборы агротехнологий, посредством которых осуществляется управление агроценозами конкретных культур. Создание предпосылок для адаптивной интенсификации сельского хозяйства сопряжено с развитием научно-технологического обеспечения, подготовкой высококвалифицированных специалистов, формированием эффективной системы освоения достижений научно-технического прогресса. Происходит интеграция новейших

достижений науки и народного опыта, создание достаточно интенсивных технологий, максимально соответствующих местным природным и социальным условиям, сбалансированных по экологическим и экономическим критериям [80, 85, 111, 112, 177, 202, 215, 265, 349, 350, 369, 378].

В начале 80-х годов в Амурской области, так же, как и в других регионах, была разработана и осваивалась зональная система земледелия [105]. Она сыграла важную роль в повышении эффективности производства продукции растениеводства. Углубилась специализация земледелия, улучшилась структура посевных площадей, значительно дифференцировались системы обработки почвы. В 2003 году была издана «Система земледелия Амурской области», в которой учитывались социально-экономические преобразования агропромышленного комплекса региона. Значительно приблизить научные рекомендации к природно-производственным условиям позволили разработка систем земледелия для конкретных хозяйств Амурской области: учхоза ДальГАУ и АО «Луч» [64, 329, 331]. В 2016 году издана «Система земледелия Амурской области», разработанная с учетом зональных почвенно-климатических условий, биологических требований культур, современных социально-экономических и технико-технологических особенностей отечественного производства в условиях рыночной экономики, в основу которой положена преемственность исторического опыта Приамурского земледелия, учтены позитивные достижения мировых систем земледелия [330, 360].

Наибольшую практическую значимость, конкретность теоретических позиций и методологических подходов имеют «Федеральные регистры технологий производства продукции растениеводства». Федеральные регистры позволяют сбалансировать все элементы систем земледелия. На этой основе во многих регионах, в том числе и на Дальнем Востоке разработаны системы технологий и машин для растениеводства [107, 113, 185, 336].

Эффективность системы технологий и машин во многом зависит от своевременной корректировки проводимых технологических мероприятий в соответствии с изменениями условий ее функционирования. Производство

продукции растениеводства определяется огромным комплексом агротехнических, экологических и экономических факторов. При планировании подготовки почвы, необходимо учитывать сроки уборки предшественника, тип почвы, тип засоренности, сроки посева. При планировании мер борьбы с сорняками необходимо иметь информацию по засоренности (степень засоренности, тип засоренности, наиболее распространенные сорняки и др.). При разработке системы удобрений необходимо учитывать содержание в почве доступных растениям элементов питания, биологические особенности предшественника, внесение удобрений под предшественник и др. [331].

Всю необходимую информацию необходимо учитывать не только за текущий год, но и за предшествующие годы. Паспорта полей, книги истории полей велись в хозяйствах и прежде [275, 286]. Однако с каждым годом накапливаемая информация должна систематизироваться, чтобы была возможность быстрого ознакомления с данными по каждому полю севооборота. Поэтому современные системы земледелия нуждаются в хорошем компьютерно-информационном обеспечении [293].

В различных регионах разрабатываются информационные системы агропредприятий, базовой составляющей которых являются книги истории полей севооборотов, основанные на ведении паспортов полей: Белоруссия, Воронежская и Липецкая области, Тульская область, в других городах и странах СНГ [45, 38, 259, 274, 284, 342]. С развитием информационных технологий расширяются возможности использования почвенного, экологического мониторинга [5, 6, 70, 159, 292, 388, 389].

Информационные технологии можно использовать для оптимизации системы технологий и машин по агротехническим параметрам.

На современном этапе развития адаптивно-ландшафтных систем земледелия требования к системе технологий и машин углубляются с экологических позиций. Совершенствуются конструкции движителей, создаются комбинированные агрегаты. Расширяется семейство почвообрабатывающих рабочих органов в целях адаптации к разнообразным почвенным условиям; со-

здаются унифицированные машины с набором сменных рабочих органов; применяются орудия с изменяемой шириной захвата; используются машины и орудия как задней, так и передней навески; уменьшается материалоемкость и энергопотребление. Развитие почвообработки имеет ярко выраженное направление минимализации, наиболее полно отвечающее требованиям экологизации, энерго- и ресурсосбережения [103, 237, 296, 304, 328].

Особую значимость представляет решение вопроса о целесообразности замены отвальной обработки почвы безотвальной. Так как отвальная вспашка – наиболее энергоемкий способ основной обработки почвы и наиболее интенсивное вмешательство человека в природные процессы формирования плодородия почвы. Начало научных исследований минимальной обработки почвы в европейских странах относятся к первой половине 19 века: Битсон предлагал культивацию почвы, Ф. Майер считал допустимым посевы без обработки почвы и глубокую обработку раз в три года. В Соединенных Штатах Америки глубокую обработку почвы без оборота пласта применял Д. Киллифер. Первые результаты безотвальной обработки почвы в Канаде относятся к началу 20 века [58, 186]. В России в конце 19 века И.Е. Овсинский отмечал преимущества безотвальной обработки почвы. Но отсутствие удобрений, гербицидов, с.-х. машин и орудий давали отрицательный результат, урожайность культур по безотвальной обработке снижалась. Одновременно продолжалось совершенствование вспашки [22, 115, 176, 364, 386]. Интенсивное развитие эрозионных процессов в Канаде тридцатые годы 20 века привело к более углубленному изучению возможностей минимализации обработки почвы. Э. Фолкнер в середине 20 века обобщил опыт американских фермеров по применению безотвальной обработки [58, 186, 370].

Начало нового этапа в развитии земледелия связано с исследованиями Т.С. Мальцева. Его разработки в середине 20 века получили название Мальцевской системы земледелия, предусматривающей поверхностную обработку почвы луцильниками с периодическим глубоким безотвальным рыхлением. Т.С. Мальцев предложил соответствующий набор почвообрабатывающих

машин [58, 230, 231, 232, 233]. Обработка почвы по методу Т.С. Мальцева давала высокий почвозащитный и влагосберегающий эффект. Отдельные её приемы вошли в системы земледелия различных регионов [58, 144].

После массовой распашки целинных земель в Казахстане и Сибири возникла необходимость разработки почвозащитной системы обработки почвы в связи с развитием дефляционных процессов. Под руководством А.М. Бараева разработана противоэрозионная система земледелия, создан комплекс машин для плоскорезной обработки почвы и посева по стерневым фонам, что спасло пахотные земли от разрушения. В 60-е годы 20 века во всех зонах широко изучалась минимальная обработка почвы. В Полтавской области проведен крупномасштабный эксперимент по разработке региональной системы почвозащитного земледелия [11, 186, 250].

Изучение способов основной обработки почвы актуальны и для современного земледелия [14, 58, 74, 124, 160, 163, 181, 211, 219, 236, 249, 255, 258, 337, 382]. По мнению А.И. Бараева, А.М. Лыкова, В.И. Кирюшина, М.И. Плишко, Н.А. Уразаева и др. использование различных систем основной обработки почвы влечёт за собой изменение её физического состояния, водного, воздушного и теплового режимов [11, 155, 165, 216, 366].

Положительное влияние минимальной обработки почвы на содержание органического вещества в почве отмечено на черноземах Среднего Поволжья [382]. В.Л. Андреевым как один из плюсов минимальной обработки отмечается ресурсосбережение [8]. Однако исследования И.Н. Шаркова свидетельствуют, что минимизация не обеспечивает значительного накопления гумуса в почве [380]. По данным Н.И. Картамышева и других, замена отвальной обработки почвы сплошным мульчирующим рыхлением уменьшает на 30 % темпы минерализации, что свидетельствует о возможности сохранения почвенного плодородия. Плодородие почвы дифференцировано по профилю. При длительном применении безотвальной обработки плодородие верхнего слоя почвы увеличивается [132, 133, 134, 150, 235].

Исследованиями ряда авторов установлено, что плоскорезная обработ-

ка почвы по сравнению со вспашкой способствует большему накоплению влаги в почве к моменту посева сельскохозяйственных культур и является важным средством в борьбе с засухой и ветровой эрозией [88, 152, 191, 204].

Переуплотнение почвы сельскохозяйственной техникой – одна из предпосылок изучения минимальных обработок. Регулирование агрофизического состояния почвы – предмет исследований отечественных и зарубежных учёных [51, 102, 136, 203, 315, 397].

Важным показателем, обеспечивающим оптимальные условия для развития растений, является величина равновесной плотности. Она зависит не только от природных условий, но и от способа обработки почвы. Измеряется в конце вегетации культуры. Под влиянием силы тяжести, атмосферных осадков, колебаний температуры и других факторов почва после основной обработки с осени к весне уплотняется. В течение вегетации происходят процессы самоуплотнения избыточно рыхлой и саморазрыхления переуплотнённой почвы. Равновесная плотность сложения пахотного слоя дерновоподзолистых почв изменяется от 1,3 до 1,6, лесных почв - от 1,1 до 1,4, черноземных - от 1 до 1,3 г/см³. Для большинства культур оптимальная плотность почвы находится в диапазоне 1,1-1,3 г/см³, что соответствует 55-60 % общей пористости. На черноземах лесостепи и серых лесных почвах тяжело- и среднесуглинистого гранулометрического состава оптимальная плотность для зерновых культур изменяется в интервале 1,05-1,3 г/см³, на чернозёмах легкосуглинистого - 1,1-1,4 г/см³. Проникновение корней большинства растений в уплотнённые горизонты с объёмной массой 1,4-1,6 г/см³ затруднено, их развитие угнетается. При плотности 1,5-1,6 г/см³ на долю доступной влаги приходится всего 5-10 % объёма почвы [37, 71, 118, 125, 165, 300, 315].

Равновесная плотность сложения луговых черноземовидных почв в исследованиях В.В. Голубева установлена в пределах 1,3–1,4 г/см³; В.Н. Макарова, С.А. Сергеева – на уровне 1,13 и по исследованиям, проводимым в Дальневосточном ГАУ – определён диапазон 1,18–1,23 г/см³. Оптимальная плотность для развития зерновых по Э. Фолкнеру – 1,3 г/см³, по Н.А. Пенчу-

ковой, А.А, Величко – 1,13 г/см³. Для сои оптимальные условия складываются при плотности почвы 1,1–1,23 г/см³. Растения сои угнетаются при плотности от 1,30 г/см³ и выше [65, 200, 222, 277, 370].

Отвальная вспашка обеспечивает оборачивание пласта, крошение, перемешивание почвы, интенсивное рыхление, позволяет заделывать в почву пожнивные остатки и органические удобрения, уничтожать сорняки, способствует сохранению и накоплению влаги. Вместе с тем, вспашка не всегда необходима и не всегда имеется возможность провести её в осенний период. Если плотность почвы близка к равновесной, нет необходимости в интенсивном ее рыхлении. Безотвальная обработка менее трудо- и энергоёмкая, но негативные последствия заключаются не только в увеличении засорённости, но и в уплотнении почвы [2, 52, 347, 353, 404].

Положительное действие на агрофизические свойства почвы, урожайность, энергосбережение наиболее эффективно обеспечивает комбинированная система разноглубинной мульчирующей обработки. Она представляет собой сочетание глубокого разуплотняющего чизельного рыхления на глубину 38–40 см под пропашные культуры один раз в четыре года и мелкой мульчирующей обработкой на 12–14 см в остальные годы с минимальной мульчирующей обработкой почвы на 6–8 см под озимые культуры [42, 306]. Опыт по изучению способов основной обработки в Центрально-Черноземной зоне выявил, что содержание доступной влаги в 20-сантиметровом слое примерно одинаковое как при вспашке, так и при безотвальной обработке и необработанной почве. Безотвальная обработка приводит к резкому увеличению численности сорняков по сравнению со вспашкой [55].

В условиях северной лесостепи Тюменской области на выщелоченном черноземе рекомендована осенняя дифференцированная обработка почвы (чередовать в севообороте рыхление стойками конструкции СибИМЭ на 20–22 см и вспашку на 28–30 см). Предприятиям с низким уровнем технической обеспеченности возможно снижение глубины обработки (рыхление стойками конструкции СибИМЭ на 12–14 см, вспашка на 14–16 см). Оставление почвы

с осени без обработки приводит к снижению урожайности культур севооборота в среднем на 20 %, увеличению себестоимости на 17 % [56].

В условиях Республики Мордовия установлено, что в вариантах с поверхностной обработкой значительно возрастает плотность почвы в слоях 10-20 и 20-30 см. В варианте со вспашкой оптимальная плотность отмечалась и в слое 20-30 см. В вариантах с поверхностными обработками с нулевой обработкой, плотность почвы превышала оптимальную величину [131]. Исследованиями на тёмно-каштановых среднесуглинистых слабо гумусированных почвах установлено, что по безотвальному рыхлению плотность почвы под посевами нута в слое 0-10 см составляет 1,19-1,23 г/см³, что по сравнению с отвальным способом больше на 0,02 г/см³ [76]. В Тюменской ГСХА установлено, что перед уборкой культур севооборота 0-30 см слой почвы соответствовал плотному сложению: однолетних трав – 1,19-1,25 г/см³, первой и второй пшеницы – 1,15-1,21 г/см³. Наибольший урожай зеленой массы однолетних трав, зерна яровой пшеницы получен по мульчирующей и комбинированной с отвальной вспашкой разноглубинным обработкам почвы [305].

Исследованиями в условиях Оренбургской области выявлено, что плотность увеличивается по мере снижения интенсивности воздействия рабочего органа на почву в следующем порядке: вспашка, рыхление плоскорезом и чизельным плугом на глубину 23-25 см, мелкое рыхление на 12-14 см. Отказ от основной обработки приводит к повышению плотности почвы на 0,01...0,02 г/см³ по сравнению с мелким рыхлением [130].

Исследования И.П. Макарова, К.И. Саранина и других комбинированной (чередование вспашки и плоскорезной обработки) и плоскорезной обработки в севообороте в засушливые годы показали их преимущество перед ежегодной вспашкой за счёт более стабильного увлажнения пахотного слоя и более сбалансированного питания азотом и фосфором [200, 228, 227, 319].

В условиях Пензенской области системы основной обработки при возделывании овса существенно различались по влиянию на плотность сложения в слоях почвы 10-20 и 20-30 см. Зерновые культуры лучше растут и раз-

виваются при плотности сложения в пределах от 1,12 до 1,20 г/см³ [339].

На черноземе выщелоченном в условиях южного Урала минимализация обработки почвы под яровую пшеницу и ячмень способствовала увеличению плотности сложения почвы (на 0,03 – 0,05 г/см³), уменьшению пористости (на 1,3 – 2,8 %) и влагоемкости (полной на 2,5 – 3,9 %, капиллярной на 2,0 – 3,4 %). Использование гербицидов смягчает отрицательное действие минимальной обработки почвы на водно-физические свойства [149].

Полевые опыты на сельскохозяйственной опытной станции Ставропольского ГАУ установлено, что плотность почвы в слое 10-20 см по отвальному и безотвальному способам обработки составила 1,17 г/см³, а по мелкой обработке - 1,38 г/см³. Урожайность озимой пшеницы по безотвальному рыхлению и мелкой обработке снижается по сравнению с отвальной обработкой [50].

Обработка почвы в значительной мере оказывает влияние на засоренность посевов сельскохозяйственных культур. Сорные растения наносят ущерб, выражающийся в снижении урожайности сельскохозяйственных культур и увеличении энергетических и трудовых затрат, сорняки ухудшают качество продукции полеводства и животноводства, являются резервуарами вредителей и болезней культурных растений, снижают эффективность применения удобрений, многие из них отрицательно влияют на здоровье людей и животных. В агрофитоценозах сорные растения конкурируют с культурными за использование воды, света, питательных элементов и других факторов жизни [10, 276, 297, 343, 358, 377]. По мнению многих авторов, плоскорезная обработка и безотвальное рыхление плугами со снятыми отвалами усиливают засоренность посевов [21, 23, 79, 151, 178, 218, 267, 340].

В опытах В.И. Лейфы и В.П. Марченко [209] замена вспашки лущением без применения гербицидов снижала урожайность пшеницы на 15–20%. Исследованиями В.Н. Макарова и Г.С. Потрепаловой [226] установлено, что отвальная обработка почвы в пятипольном севообороте более эффективна по сравнению с дисковой мульчирующей обработкой почвы на глубину 6–10 см.

Некоторые исследователи считают, что использование минимальных обработок почвы позволяет успешно бороться с сорными растениями. При обработке плоскорезными и комбинированными орудиями запасы семян сорняков располагаются в верхнем слое почвы, всходы которых при активной борьбе с ними легко уничтожить и в последующем засорённость посевов снижается [35, 57, 285, 344]. И.И. Исайкин, М.К. Волков считают, что чёрный пар и лущение надёжно очищают поля от сорняков, а отвальная система обработки почвы вредна для почвы и культурных растений [123]. Многие придерживаются мнения, что борьба с сорняками может успешно осуществляться только при сочетании в севообороте глубокой отвальной и безотвальной обработки с поверхностной [197, 262, 281, 305, 355, 363].

Сроки проведения основной обработки почвы зависят от выбранного способа, от климатических особенностей местности и конкретных погодных условий, от фитосанитарного состояния участка. Урожай сои на обработанной и прикатанной с осени зяби больше на 0,37 т/га, чем на необработанной. На полях, засорённых многолетними корневищными сорняками, наиболее эффективно лущение стерни с последующей вспашкой. На полях, засорённых многолетними сорняками, рекомендовалась только вспашка. На чистых от сорняков полях, идущих под сою, допустимо применение безотвальной обработки [63, 356].

В зависимости от почвенно-климатических условий безотвальная обработка показывает различную эффективность. В одних случаях замена вспашки обработкой без оборота пласта повышала урожайность сельскохозяйственных культур, в других – не оказывала существенного влияния или снижала. Исследования, проведенные в Польше на песчаной почве, показали снижение урожая ярового ячменя на 5-4% при проведении культивации вместо вспашки и посева в стерню [402]. На светло-серой лесной почве установлено повышение агрономической и энергетической эффективности чизельной обработки под пшеницу и ячмень по сравнению со вспашкой и плоскорезной обработкой [323]. В многолетнем опыте с различными способами ос-

новой обработки в НИИ сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. Докучаева, выявлено, что наиболее благоприятные условия для жизни растений складываются при вспашке на глубину 20-35 см, в отличие от плоскорезной обработки, безотвальные способы обработки достоверно снижают урожайность культур в севообороте на 4,1–6,1% [314].

Изучением условий эффективного возделывания сои занимались ученые: В.Ф. Кузин, В.Т. Синеговская, В.А. Тильба и др. [44, 46, 72, 97, 128, 166, 193, 194, 229, 264, 282, 324, 325, 326, 327, 354, 355, 356, 376, 396]. Мерам борьбы с вредными организмами в посевах сои посвящены работы М.А. Абазовой, Л.К. Дубовицкой и др. [1, 52]. Вопросами экономической эффективности возделывания сои занималась О.М. Личман и др. [212, 335]. Достижение оптимальных условий корнеобитаемого слоя, которые определяют эффективность применяемых способов обработки почвы, изучались В.В. Голубевым, Е.В. Зинченко и др. [12, 13, 39, 63, 65, 102, 193, 234, 335].

Многие исследователи рекомендуют проводить под сою отвальную обработку почвы [12, 36, 82, 87, 210, 385]. Ю.П. Мякушко, В.Ф. Баранов высказывают мнение о том, что применяя комплекса высокоэффективных гербицидов вместо вспашки достаточно лущения на глубину 12-14 см. При этом урожай зерна не снижается, а затраты на обработку почвы уменьшаются на 36-44% [252]. В пользу глубокой обработки почвы или углубления плугами-глубококорыхлителями высказываются, как зарубежные, так и отечественные исследователи [135, 137, 408].

Исследованиями, проведёнными во ВНИИ сои по изучению эффективности отвальной, безотвальной и комбинированной обработок почвы выявлено, что поверхностная обработка почвы приводит к увеличению засорённости в сравнении с отвальной вспашкой под сою. Наиболее эффективной является комбинированная обработка почвы в севообороте с чередованием поверхностной и глубокой [49, 168, 200, 201, 223, 347, 353].

В.Н. Макаров сделал выводы, что оптимальные условия для роста и развития сои складываются по отвальной вспашке: урожайность сои на 2,3-

3,7 ц/га выше, чем по безотвальной и фрезерной [220]. Н.М. Степкин, А.Н. Гайдученко установили, что в центральной зоне Амурской области целесообразно применение под сою отвальной обработки. Применение плоскорезной обработки в севообороте без чередования с отвальной вспашкой приводит к усилению засоренности посевов [346]. Г.С. Потрепалова и А.А. Пашкин в южной зоне выявили, что разноглубинная система обработки в сочетании с гербицидами, наряду с рекомендованной отвальной вспашкой, позволяет наиболее успешно проводить борьбу с сорняками [289]. М.С. Кузьмин и Н.М. Голиков своими исследованиями установили, что комбинированная система основной обработки в звене севооборота пшеница – соя – пшеница, включающая безотвальную обработку под пшеницу и отвальную под сою, на лугово-черноземовидной почве повышала урожайность пшеницы в третьем поле на 19 – 17% по сравнению с ежегодной отвальной обработкой [198].

Ежегодное применение безотвальной обработки под сою ведет к снижению урожая этой культуры. В севообороте рекомендуется чередовать отвальную обработку почвы с запашкой измельченной соломы под сою и безотвальную под зерновые культуры. При постоянной отвальной вспашке энергонасыщенными тракторами происходит уплотнение пахотного слоя переувлажняемых почв. Применение минимальной обработки почвы позволяет значительно сократить энергозатраты на производство продукции растениеводства [187, 199, 224, 307, 383].

Снижению техногенной нагрузки на почву за счет уменьшения уплотнения тракторами способствует минимализация обработки почвы. Новые технологии обработки почвы расширяют возможности ресурсосбережения и при проведении посева с использованием посевных комплексов.

Исследования в различных почвенно-климатических зонах Омской области показали, что посев комплексом в южной лесостепи посевной комплекс «John Deere-1820» обеспечивал прибавку зерна 0,16 т/га (6,2%) по сравнению с агрегатом К-701 + 6 СКП-2,1М, за счёт более равномерного распределения семян по глубине (93% и 84% соответственно) и повышения по-

левой всхожести. В сравнении с агрегатом К-701 + 6 СКП-2,1М применение посевного комплекса «Morris Concept 2000» не обеспечило повышение урожайности яровой пшеницы, а применение комплекса «Grain Plains» NTA 3510 с дисковыми рабочими органами способствовало повышению урожайности зерна на стерневом фоне до 0,27 т/га, или 16,7% [393].

Исследованиями учёных ГНУ СибНИИСХ установлена эффективность применения посевных комплексов «John Deere 2400» и «John Deere-878» в сравнении с сеялками типа СЗС-2,1. Урожайность зерна по сравнению с сеялкой СЗС-6-12 больше на 18,7%, и на 6% по сравнению с сеялками СКП-2,1 и «Обь-4-3Т» [147, 148].

Применение современных посевных комплексов по чистым парам и непаровым предшественникам озимых культур на каштановых и чернозёмных почвах Волгоградской области позволяет по сравнению с традиционными посевными агрегатами повысить производительность труда и урожайность озимой пшеницы на 0,29...1,22 т/га, уменьшить потребление топлива и себестоимость продукции. Среди изученных образцов лучшие показатели имели импортные комплексы с дисковыми сошниками для рядового и полосного посева [18].

Средняя урожайность пшеницы при посеве ППК-12,4 в сравнении с СЗС-2,1 была выше на 5,6%, что указывает на целесообразность применения технологий минимальной обработки в степной зоне Алтайского края [109].

Основным достоинством посевного комплекса «Кузбасс» ПК-8,5 является одновременное выполнение таких операций, как предпосевная обработка почвы, разбросной полосовой посев с внесением минеральных удобрений, выравнивание и уплотнение почвы, компьютерный контроль над всем технологическим процессом. Исследованиями Д.Н. Раднаева выявлено, что эффективность ресурсосберегающих технологий при одинаковых затратах на семена, удобрения, средства защиты растений ощутимо зависит от затрат труда и расхода топливо-смазочных материалов [299].

Один из основных элементов системы технологий и машин, наряду со

средствами механизации обработки почвы и посева является уборочная техника. Уборка — завершающий этап всех полевых работ по возделыванию сельскохозяйственных культур. Качество уборки зависит от колебаний урожайности, высоты и состояние стеблестоя, засоренности и влажности растений. Погодные условия также изменчивы и не всегда благоприятны в период уборки. Убрать вовремя и без потерь важно для повышения агротехнической эффективности системы технологий и машин [33, 34, 104, 206].

Выбор уборочной техники применительно к различным природно-производственным условиям достаточно широк. Государственными программами развития сельского хозяйства предусматривается динамичное техническое перевооружение отрасли [32, 68, 175, 208].

Парк уборочной техники в Амурской области за последнее десятилетие значительно преобразился, в его составе около 60% машин со сроком службы менее 10 лет. Открыт совместно с белорусским ПО «Гомсельмаш» сборочный участок на заводе «Кранспецбурмаш» города Шимановска. Выпускаются комбайны на резиноармированных гусеницах КЗС-812С «Амур-Палессе», а также колесная модификация этой модели – комбайн КЗС-812-04. Приобретаются комбайны производства ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш». Появились гусеничные версии «Вектор 450 «Track» с жаткой ЖСУ-700. Популярность получили модели «Вектор 410» и «Acros 530». Хорошо зарекомендовали себя на уборке сои комбайны «John Deere» [330].

Современное сельское хозяйство основывается на использовании высокопроизводительных машин с минимальными затратами труда. Процесс совершенствования зерноуборочной техники направлен на повышение производительности комбайнов, мощности их двигателей, вместимости бункера, механизацию процессов регулирования, управления и контроля. Научно-исследовательскими и учебными учреждениями сельскохозяйственного профиля ведется целенаправленная работа в этих направлениях. Существенный вклад в развитие техники для уборки внесли ученые ВИМ, ведутся работы по созданию комбайнов нового поколения [116].

Отделом уборочных машин ДальНИИМЭСХ разработаны, изготовлены и испытаны сменные агрегаты к серийным зерноуборочным комбайнам: измельчитель-разбрасыватель-валкообразователь соломы ИРВС-1200, зерновой шнек со щеточным обрамлением, зерновой шнек с полиэтиленовой спиралью и щеточным обрамлением, объемный скребок к зернопогрузчикам семян ЗПС-100, 120. Изучаются совместно с Дальневосточным ГАУ актуальные для Дальнего Востока вопросы повышения проходимости машин уборочно-транспортного комплекса. Подготовлены рабочие предложения по производству комбайна соезернового на армированных гусеницах СЗК- 1200 РАГ, универсального энергосредства УЭС-150РГ с комплектом сменного технологического оборудования, жатка валковая ЖВС-6РГМ, кузова-перегрузчики СКС-6РГ и СКП- 6РГ. Разработан комплект полугусеничного хода серии ШПР, адаптированный к конструкциям отечественных и зарубежных комбайнов марок «Енисей», «Вектор», «Полесье», «Джон-Дир». В конструкции выпускаемого АО «ШМЗ» Кранспецбурмаш и ПО Гомсельмаш комбайна GS 812S «Палессе» реализованы принципиальная схема и элементы гусеничной тележки с РАГ типа ТГР-3 с модернизированным ведущим мостом и выносными фрикционами разработки ЗАО «ПО Дальсельмаш», ГНУ ДальНИИМЭСХ и ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ. Обоснование режимных параметров комбайна «Джон-Дир», обоснование параметров режущего аппарата комбайна на уборке сои, разработка конструкции пневмотранспортирующих систем зерноуборочного комбайна позволили улучшить качественные характеристики уборочной техники [31, 272, 352].

Проведены испытания отечественной соевой жатки унифицированной ЖСУ-700, предназначенной для агрегатирования с комбайнами VECTOR, ACROS, TORUM в условиях Амурской области в сравнении с ее зарубежными аналогами [268]. Современные гусеничные комбайны Vector 450-Trak, Амур-Палессе GS 812С являются более эффективными на уборке сои в переувлажненных условиях. Следует проводить целенаправленное приобретение эффективных гусеничных комбайнов, доведя их до 50-55% от общей доли

парка комбайнов [278, 279, 317].

Таким образом, задачи системы технологий и машин в области уборочной техники состоят в следующем: адаптация к почвенно-климатическим условиям и биологическим особенностям возделываемых культур (поточно-раздельная уборка, до 60% уборочной техники должны иметь гусеничный резиноармированный ход или опцию полугусеничного хода), сбор незерновой части урожая (в первую очередь половы), управление уборочным процессом должно осуществляться бортовым компьютером.

Анализ литературных источников показывает, что проблема техногенной нагрузки на почву может быть решена за счет уменьшения уплотнения тракторами путем минимализации обработки почвы при использовании комбинированных машин и агрегатов, уменьшения глубины обработки, сокращения количества технологических операций. Новые технологии обработки почвы расширяют возможности ресурсосбережения и при проведении посева. Однако единого мнения о преимуществах отвального или безотвального способа основной обработки почвы не сформировалось. Недостаточно сведений о взаимодействии способов обработки и уплотнения. В связи с модернизацией машинно-тракторного парка сформирована база для внедрения инновационных технологий в обработке почвы, посева и уборке. С появлением возможности приобретения производителями современных средств механизации необходимо научно-обосновано подходить к решению вопроса о применении их в системе технологий возделывания сои и зерновых культур.

1.4 Выводы по первой главе, цель и задачи исследований

1. Анализ исследований, направленных на развитие системы технологий и машин свидетельствует о том, что рационализация использования средств механизации на обработке почвы, посева и уборке, соответствие агротехническим требованиям, биологическим особенностям культур имеет большое значение для обеспечения реализации потенциальных возможно-

стей сортов в местных условиях. Оптимизация системы технологий и машин должна проводиться по агротехническим параметрам, определяющим соответствие требованиям, предъявляемым технологиями возделывания культур.

2. Результаты исследований посвященных воздействию средств механизации на почву и урожайность сельскохозяйственных культур, его негативный характер. Сведений по оценке системы технологий и машин в конкретных агроландшафтных условиях недостаточно для обоснования элементов технологий возделывания зерновых культур и сои.

3. Воздействие средств механизации на почву и урожай изучается теоретически и экспериментально. Экспериментальный метод наиболее эффективный. Лабораторные, полевые модельные опыты позволяют провести сравнительную оценку воздействия движителей на почву. Наиболее информативными, учитывающими многообразие факторов, влияющих на функционирование системы «двигатель-почва-растение» представляются эксперименты, проведенные в производственных условиях или максимально приближенных к производственным. Поэтому целесообразно провести опыты по влиянию системы технологий и машин на урожай сои и зерновых культур в производственных условиях.

4. Определение эффективности производства продукции растениеводства многими исследователями проводится по экономическим, топливно-энергетическим, технологическим и другим показателям. Но они недостаточно раскрывают эффективность взаимодействия средств механизации с живыми биологическими объектами, почвой и растениями. Поэтому необходима комплексная агротехническая оценка системы технологий и машин, включающая показатели по влиянию на почвенные условия жизни растений.

5. Неоднозначность мнений о влиянии отвальных и безотвальных способов обработки на почву, засоренность посевов приводит к необходимости более внимательного подхода к рациональному выбору агротехнических приемов возделывания сои и зерновых культур.

6. В связи с модернизацией машинно-тракторного парка сформирована

база для внедрения инновационных ресурсо-энергосберегающих технологий в обработке почвы, посеве и уборке. С появлением возможности приобретения производителями современных средств механизации необходимо научно-обосновано подходить к решению вопроса о применении их в системе технологий возделывания сои и зерновых культур.

Цель и задачи исследований

Исходя из анализа современного состояния изученности проблемы, природно-производственных условий, определена **цель** – оптимизация системы технологий и машин для производства продукции растениеводства по агротехническим показателям за счет повышения эффективности обработки почвы и посева при снижении уплотняющего воздействия средств механизации на почву и увеличении урожайности сельскохозяйственных культур.

Для ее достижения поставлены следующие **задачи**:

- проанализировать природно-производственные условия, влияющие на эффективность функционирования системы технологий и машин для производства продукции растениеводства;
- разработать структурно-логическую схему формирования системы технологий и машин для производства продукции растениеводства;
- оценить влияние тракторов, используемых в системе технологий и машин, на уплотнение почвы и урожайность сельскохозяйственных культур;
- установить зависимость урожайности сои и зерновых культур от агротехнических приемов основной обработки почвы и посевных агрегатов, перспективных для применения в системе технологий и машин;
- дать агротехническую, агроэнергетическую и экономическую оценку системы технологий и машин для производства продукции растениеводства;
- обосновать модель системы технологий и машин для крупного сельскохозяйственного товаропроизводителя;
- разработать программу управления системой технологий и машин.

Глава 2 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

2.1 Обоснование структурно-логических связей при формировании системы технологий и машин для производства продукции растениеводства

Основным требованием процесса производства сельскохозяйственной продукции является чередование последовательно выполняемых операций согласно технологии выполнения работ. Основная задача заключается в получении продукции с наилучшими показателями, за счет повышения агротехнической эффективности системы технологий и машин в конкретном регионе. Решение этой задачи позволяет выявить оптимальное сочетание средств механизации для данной технологии возделывания сельскохозяйственной культуры. Методологическую оценку вариантов оптимизации произведем по показателям агротехнической эффективности на основе методики изложенной в работе [138].

Из всех возделываемых культур соя и зерновые занимают ведущее место в структуре посевных площадей Амурской области. Высокий урожай может быть достигнут при строгом соблюдении научно обоснованных технологий возделывания и использовании приспособленных к условиям региона районированных сортов.

При обосновании оценки оптимизации системы технологий и машин для производства продукции растениеводства предлагается использовать следующую структурно-логическую схему (рисунок 10).

Как видно из рисунка 10 на формирование показателей агротехнической эффективности большое влияние оказывают входные показатели, которые можно условно разбить на три группы.



Рисунок 10. – Структурно-логическая схема формирования системы технологий и машин для производства продукции растениеводства

Входные показатели: H_r - твердость почвы, МПА; ρ - плотность почвы, $\text{г}/\text{см}^3$; W - влажность почвы, %; K_c - коэффициент структурности; NPK - питательные вещества; ЭН - энергетическое средство; СХМ - сельскохозяйственная машина; q - нормальное давление ходовой системы на почву; ПРУ – природные условия (T - температура, M - количество осадков), ПУ - производственные условия (ИТ - используемая технология, ПМ - посевной материал, ФС – фитосанитарное состояние); АГТ - агротехнические требования (ОАС - оптимальные агротехнические сроки, КР - качество выполненных работ); СУ – система удобрений; СЗР – система защиты растений (гербициды и пр.); Выходные показатели (показатели агротехнической эффективности): УМ - уровень механизации; НРС - нормативные сроки выполнения запланированных работ; ТВХД - техногенное воздействие на объект исследования.

Первая группа – природно-производственные условия: температура, количество осадков, период вегетации, агротехнические требования, используемая технология, посевной материал, оптимальные агротехнические сроки, качество выполненных работ.

Вторая группа – исходное состояние объекта исследования (почва): твердость почвы; влажность почвы; плотность почвы; структурный состав почвы.

Третья группа – средства механизации: обеспеченность тракторами; обеспеченность с.-х. машинами; выдерживание допустимого воздействия ходовой системы на объект воздействия.

К выходным параметрам характеризующих уровень технологии и средств механизации можно отнести показатели агротехнической эффективности: урожайность с.-х. культуры, коэффициент уплотнения, коэффициент структурности, нормативные сроки выполнения запланированных работ, уровень механизации, техногенное воздействие на объект исследования.

Из выше сказанного следует, что на объект исследования оказывают влияние большое количество показателей, поэтому необходимо сделать анализ по оценке значимости каждого из них и определить наиболее весомый при оценке агротехнической эффективности.

2.2 Связь средств механизации с объектами технологического воздействия

В предыдущем разделе затронут вопрос взаимосвязи между объектом воздействия и воздействующим объектом. В представленной проблеме объектом воздействия является почва, воздействующим объектом ходовая часть трактора и сельскохозяйственная машина. Выходными показателями являются измененные физико-механические характеристики почвы (плотность, твердость, структурный состав и т.д.), которые в конечном итоге определяют конечный продукт – урожай возделываемой культуры.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что объединяющую систему зависимость можно представить схемой (рисунок 11).



Рисунок 11 – Схема системы взаимодействия средств механизации с объектами технологического воздействия

Для более детального и подробного рассмотрения процесса взаимосвязи систему, представленную на рисунке 11, разобьём на составляющие подсистемы: ходовая часть - почва; почва – условия жизни растений - возделываемая культура; возделываемая культура – урожай. На основе анализа составляющих подсистем, в целом можно утверждать, что основная взаимосвязь: ходовая система - урожай.

Анализ литературных источников показал, что прямые функциональные зависимости в системе ходовая часть - почва – возделываемая культура - урожай и подсистемах не прослеживаются в виду того, что процессы, происходящие внутри ее, в большинстве случаев носят случайный характер и взаимодействия определяются множеством параметров. Некоторые взаимодействия между отдельными показателями описаны в трудах В.А. Русанова, А.И. Пупонина и др. [26, 24, 190, 301, 294, 390]. Особенность в решении выше перечисленной системы заключается еще и в том, что необходимо учитывать биологическую сущность объектов технологического воздействия.

Если взять во внимание первую составляющую подсистемы ходовая часть - почва основополагающими факторами будут являться плотность, твердость, структурный состав почвы. При этом необходимо не забывать, что в результате взаимодействия ходовой системы с почвой происходят не только изменение почвенных условий жизни растений, но и одновременный контакт с самими растениями и как следствие возможно повреждение корневой системы и стеблей возделываемой культуры.

Возвращаясь к системе взаимодействия входящих и выходящих параметров необходимо отметить, что в настоящей работе будет уделено внимание взаимодействию между ходовой системой – почвой - урожайностью.

Оценку системы взаимодействия ходовая часть - почва будем проводить с помощью следующих основных показателей: плотность, твердость, структурный состав почвы влажность почвы; количество проходов по полю; качество выполнения технологических операций; урожайность и др.

2.3 Показатели оптимизации системы технологий и машин для производства продукции растениеводства

В общем случае для оценки оптимизации системы технологий и машин для возделывания зерновых культур и сои главным критерием является себестоимость единицы продукции, для которой должно выполняться условие:

$$C = \frac{z_i}{Q} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где z_i – общие затраты на производство единицы с.-х. продукции, руб.; Q – объем полученной продукции, т; C - себестоимость единицы полученной продукции, руб./т.

Анализируя выражение 1 отметим, что для достижения условия необходимо снизить общую величину затрат на производство продукции или увеличить объем получаемой продукции. На основании ранее проведенных исследований установлено, что объём получаемой продукции во многом зависит от соблюдения агротехнических требований. Одним из способов повышения урожайности зерновых культур и сои является создание оптимальных условий для их произрастания и в частности величины плотности. Установлено, что между урожайностью зерновых культур и плотностью существует следующая математическая зависимость [92]:

$$U_z = -5,2879\rho + 8,8727 \rightarrow \max, \quad (2)$$

где U_z - урожайность зерновых культур, т/га; ρ - плотность почвы,

г/см³.

Для сои эта зависимость имеет вид уравнения [92]:

$$Ус = -3,5837\rho + 6,1104 \rightarrow \max, \quad (3)$$

где $Ус$ - урожайность сои, т/га; ρ - плотность почвы, г/см³.

Как видно из выражений 2 и 3 урожайность зерновых культур и сои во многом зависит от плотности почвы, которая в общем случае определяется по формуле:

$$\rho = \frac{g_1 - g_2}{V}, \quad (4)$$

где g_1 - масса цилиндра с почвой, г; g_2 - масса цилиндра без почвы, г; V - объем цилиндра, см³.

Для оценки уровня воздействия системы и технологий и машин используем показатель коэффициент уплотнения почвы (Ky), который в общем случае можно определить следующим образом:

$$Ky = \frac{\rho_{п}}{\rho_{оп}}, \quad (5)$$

где $\rho_{п}$ - плотность почвы после использования средств механизации в технологии возделывания культуры, г/см³; $\rho_{оп}$ - плотность почвы оптимальная, г/см³.

Для нашего случая необходимо выполнение следующего условия:

$$Ky = \frac{\rho_{п}}{\rho_{оп}} \rightarrow 1, \quad (6)$$

При этом предпочтение должно отдаваться той системе технологий и машин, у которой данный показатель ближе к единице.

Ранее нами отмечалось, что себестоимость единицы продукции определяется величиной урожайности, которая описывается зависимостями 2 и 3. С учетом работы Б.И. Кашпура [138] другим показателем оценивающим эффективность внедрения системы технологий и машин предлагается использовать коэффициент прибавки урожайности:

$$K_{уу} = \frac{U_{п}}{U_{с}} > 1, \quad (7)$$

$U_{п}$ – урожайность сельскохозяйственных культур после внедрения системы технологий и машин, т/га; $U_{с}$ – урожайность сельскохозяйственных культур до внедрения системы технологий и машин, т/га.

Решая совместно уравнения 2, 3, и 7 получим формулу для определения прибавки урожайности для зерновых культур:

- для зерновых культур

$$K_{ууз} = \frac{U_{зп}}{U_{зс}} = \frac{-5,2879\rho_{пз} + 8,8727}{-5,2879\rho_{сз} + 8,8727} > 1, \quad (8)$$

где $\rho_{пз}$ – плотность почвы после внедрения системы технологий и машин для возделывания зерновых культур, г/см³; $\rho_{сз}$ – плотность почвы до внедрения системы технологий и машин для возделывания зерновых культур, г/см³; $U_{зп}$ – урожайность зерновых после внедрения системы технологий и машин, т/га; $U_{зс}$ – урожайность зерновых до внедрения системы технологий и машин, т/га.

- для сои:

$$K_{уус} = \frac{U_{сп}}{U_{сс}} = \frac{-3,5837\rho_{пс} + 6,1104}{-3,5837\rho_{сс} + 6,1104} > 1, \quad (9)$$

где $\rho_{пс}$ – плотность почвы после внедрения системы технологий и машин для возделывания сои, г/см³; $\rho_{сс}$ – плотность почвы до внедрения системы технологий и машин для сои, г/см³; $U_{сп}$ – урожайность сои после внедрения системы технологий и машин, т/га; $U_{сс}$ – урожайность сои до внедрения системы технологий и машин, т/га.

В общем случае объем полученной продукции после внедрения системы технологий и машин с учетом ранее полученных зависимостей будет равен:

-для зерновых культур

$$Q = -5,2879\rho_{пз} + 8,8727 S_{з} \rightarrow \max, \quad (10)$$

где $S_{з}$ - площадь возделывания зерновых культур, га;

- для сои

$$Q = -3,5837\rho_{пс} + 6,1104 S_{с} \rightarrow \max, \quad (11)$$

где S_c - площадь возделывания сои, га.

Таким образом, оптимизация системы технологий и машин за счет снижения уплотнения почвы после прохода по полю ходовых систем техники позволяет получить дополнительный объем производимой продукции и как следствие, снизить себестоимость единицы продукции.

При воздействии ходовой системы тракторов и сельскохозяйственных машин происходит не только изменение плотности, но и твердости почвы. Вместе с тем известно, что величина твердости влияет на сопротивление обработке и как результат на производительность машинно-тракторных агрегатов. В работе В.А. Русанова [312] приводится зависимость величины твердости (H_p) от плотности (ρ):

$$H_p = -9,507 + 7,3\rho \quad (12)$$

Анализируя зависимость 12 можно отметить, что с увеличением плотности возрастает и твердость почвы. Поэтому для оценки эффективности функционирования системы технологий и машин, используем коэффициент увеличения твердости:

$$K_T = \frac{H_{pп}}{H_{pс}} < 1, \quad (13)$$

где $H_{pп}$ - твердость почвы после прохода тракторов в предлагаемой системе технологий и машин, Па; $H_{pс}$ - твердость почвы после прохода тракторов в существующей системе технологий и машин, Па.

Предлагаемая технология будет функционировать эффективно, если будет соблюдаться условие:

$$K_T = \frac{H_{pп}}{H_{pс}} \rightarrow \min, \quad (14)$$

Таким образом, оптимизация системы технологий и машин за счет снижения уплотнения почвы после прохода по полю ходовых систем техники позволяет получить дополнительный объем производимой продукции, следовательно, снизить себестоимость единицы продукции (формула 15):

$$\Delta C = C_c - C_{п} \rightarrow \max, \quad (15)$$

где C_c - себестоимость единицы продукции полученной в существую-

щей системе технологий и машин, руб./т; $C_{п}$ – себестоимость единицы продукции полученной после внедрения системы технологий и машин, руб./т.

Представленные закономерности – основа оптимизации системы технологий и машин. Методологические основы оценки эффективности должны исходить из обоснования структурно-логических связей при формировании системы технологий и машин, на основе определения показателей, характеризующих эффективность системы технологий и машин. Анализ компонентов системы технологий и машин позволит использовать агротехническую оценку для оптимизации производства продукции растениеводства.

2.4 Агротехнические критерии оценки эффективности системы технологий и машин

Оценивая систему технологий и машин необходимо учитывать соответствие системы машин требованиям технологии возделывания культур, их биологическим особенностям для обеспечения реализации потенциальных возможностей сортов в местных условиях. Соответствие агротехническим требованиям - одно из обязательных условий качественного развития, совершенствования системы машин для комплексной механизации растениеводства. Возрастают требования к ресурсосбережению, увеличению производительности, снижению техногенного воздействия на почву и максимальному выходу продукции. Оценка системы технологий и машин должна проводиться по комплексу экономических, экологических, технологических параметров [270, 269, 273, 280, 303, 367, 375, 90, 271].

Основными требованиями к экономической эффективности системы технологий и машин являются обеспечение снижения издержек производства к сложившемуся в земледелии Амурской области уровню, повышению рентабельности производства, экономии топлива, труда, технологических ресурсов. В качестве нормативных показателей выступают: издержки на 1 тонну продукции, затраты энергии на 1 га севооборотной площади, расход топлива,

затраты труда, рентабельность продукции растениеводства.

Для экологизации производства продукции растениеводства применительно к технологическим системам должны быть выполнены следующие требования: каждая технологическая операция должна содержать необходимые приёмы, обеспечивающие минимизацию ущерба, наносимого природной среде; каждая агротехнология возделывания культуры должна соответствовать природно-климатическим условиям, хозяйственно-экологическим возможностям конкретного хозяйства и должна служить средством управления агроценозом возделываемой культуры; подбор культур и технологий их возделывания в пределах севооборота должен обеспечить реализацию принципов возвратно-экологического земледелия.

Выбор оптимального способа обработки почвы в диапазоне от традиционной отвальной вспашки до нулевой обработки (безотвальная, плоскорезная, разноглубинные рыхления и их комбинации) при различных уровнях минимализации позволяет оптимизировать плотность почвы и её структурное состояние; регулировать водный баланс агроландшафтов; предотвратить эрозию и дефляцию; регулировать режим органических веществ и биогенных элементов; регулировать фитосанитарные условия; создать оптимальные условия для посева и получения дружных всходов. Выбор рационального варианта обработки почвы существенным образом влияет на экономические показатели и энергопотребление технологии.

Общие агротехнические требования к системе технологий и машин изложены в «Системе технологий и машин для комплексной механизации растениеводства Амурской области на 2011-2015 гг.» [335]. Расчет агротехнической эффективности показывает, насколько та или иная система машин соответствует агротехническим требованиям, предъявляемым технологией возделывания той или иной культуры, позволяет дать сравнительную оценку различных систем машин. Б.И. Кашпура предлагает измерители, и показатели агротехнической эффективности объединить в пять групп [60]:

I - измерители и показатели, характеризующие влияние системы машин

на количество и качество продукции растениеводства; II - отражающие влияние количества проведенных работ на конечные результаты; III - характеризующие качество выполнения работ; IV - отражающие степень влияния системы машин на окружающую среду; V - комплексный показатель, объединяющий показатели первых четырех групп.

I группа. Важнейший показатель эффективности внедрения системы машин и оценки рациональности ее использования - урожайность культур. Для определения прибавки урожайности от функционирования системы машин можно пользоваться формулой:

$$\Delta \cdot U_{\gamma}^M = {}_1 \Delta \cdot U_{\gamma 1} - \Delta \cdot U_{\gamma}^c + \Delta \cdot U_{\gamma}^a + \Delta \cdot U_{\gamma}^x + \Delta \cdot U_{\gamma}^{\text{мел}}, \quad (16)$$

где ${}_1 \Delta \cdot U_{\gamma 1}$ - общая прибавка урожайности по конкретной культуре;

$\Delta \cdot U_{\gamma}^c$, $\Delta \cdot U_{\gamma}^a$, $\Delta \cdot U_{\gamma}^x$, $\Delta \cdot U_{\gamma}^{\text{мел}}$, $\Delta \cdot U_{\gamma}^M$ - прибавка урожайности от действия факторов интенсификации: сорта, агротехники, химизации, мелиорации, внедрения системы машин. По данным внедрения системы машин в типичных для зоны условиях часть урожайности, гарантируемая ее функционированием при прочих равных условиях, определяется из выражения:

$$\Delta \cdot U_{\gamma}^M = U_{\gamma}^{an} - U_{\gamma}^{ab}, \quad (16)$$

где индексы «н» и «б» обозначают, соответственно новую и базисную систему машин.

Индекс урожайности с внедрением новой системы машин определяется по формуле:

$$J_{u_{\gamma}} = \frac{U_{\gamma}^{an}}{U_{\gamma}^{ab}}, \quad (17)$$

Индекс качества продукции - абсолютный и относительный:

$$J_{ka} = \frac{\gamma B_{\gamma}^{\text{BK}}}{\gamma B_{\gamma}^a}; \quad J_k = \frac{\gamma B_{\gamma}^{\text{BKН}}}{\gamma B_{\gamma}^{\text{BKб}}}, \quad (18)$$

где B_{γ}^{BK} - валовая продукция высшего качества.

Обобщающий показатель агротехнической эффективности системы машин I группы:

$$K_a^I = V_{u_{\gamma}} \cdot J_{u_{\gamma}} + V_k \cdot J_k, \quad (19)$$

где весомость каждого индекса, $V_{uy}=0,7$; $V_k=0,3$.

II группа. За уровень эффективности этой группы может быть принято отношение фактической плотности механизированных работ к оптимальному ее значению:

$$Y_{\text{арп}}^{II} = \frac{m_{\gamma}}{m_{\gamma}^{\text{опт}}}, \quad (20)$$

Обобщающий показатель определяется из выражения:

$$K_a^{II} = \frac{Y_{\text{арп}}^{IIH}}{Y_{\text{арп}}^{IIб}}, \quad (21)$$

III группа. Показатель уровня обеспечения нормативных сроков выполнения работ:

$$Y_{D_{H\dot{i}\gamma}} = \frac{D_{\phi\dot{i}\gamma}}{D_{H\dot{i}\gamma}}, \quad (22)$$

где $D_{\phi\dot{i}\gamma}$ и $D_{H\dot{i}\gamma}$ - фактические рабочие дни и норматив продолжительности агротехнических сроков выполнения - работы по культуре.

Обобщенный уровень соблюдения оптимальных агротехнических сроков определяется как среднее геометрическое:

$$Y_{\text{арп}}^{oi\gamma} = \sqrt{\frac{Y_{\text{арп}}^{i\gamma}}{Y_{D_{H\dot{i}\gamma}}}}, \quad (23)$$

В качестве частного обобщающего показателя агротехнической эффективности системы машин по срокам выполнения работы, принято отношение обобщенных уровней соблюдения оптимальных агротехнических сроков выполнения работ для новой и базисной систем:

$$K'_{III} = \sqrt{\frac{Y_{\text{арп}}^{oi\gamma H}}{Y_{\text{арп}}^{oi\gamma б}}}, \quad (24)$$

За частный обобщающий показатель по изменениям в обрабатываемом материале в процессе выполнения работы принято отношение коэффициентов эффективности процесса новой и базисной систем:

$$K_{\text{Э}\Delta} = \frac{F_{\text{Э}\Delta}}{F_{\Delta}}, \quad (25)$$

где $F_{\text{Э}\Delta}$, F_{Δ} - эффективная и общая площадь диаграммы кривой распределения частот при определении коэффициента эффективности по техноло-

гическому показателю; для совокупности технологических показателей:

$$K_{\Sigma} = V_{\Delta} \cdot K_{\Delta}, \quad (26)$$

тогда:

$$K_{III}^{II} = \frac{K_{\Sigma}^H}{K_{\Sigma}^6}, \quad (27)$$

Величина частного обобщающего показателя по потерям продукта определяется сравнением потерь при базисной и внедряемой системах машин:

$$K_{III}^{III} = \frac{i \Delta_{ui}^{II}}{i \Delta_{ui}^6}, \quad (28)$$

Обобщающий показатель агротехнической эффективности системы машин III группы определяется с учетом весомости:

$$K_a^{III} = 0,3 \cdot K_{III}^I + 0,3 \cdot K_{III}^{II} + \frac{0,4}{K_{III}^{III}}, \quad (29)$$

IV группа. В условиях внедрения комплексной механизации растениеводства необходимо оценивать системы машин по степени влияния на окружающую среду. Уровень положительного и отрицательного влияния определяется по каждому фактору из выражения:

$$Y_{\Pi,0}^{\Delta} = \frac{\Pi_{\Phi\Delta}}{\Pi_{\Pi\Delta}}, \quad (30)$$

Обобщающий показатель агротехнической эффективности системы машин IV группы:

$$K_a^{IV} = \frac{Y_{\text{арп}}^{IVH}}{Y_{\text{арп}}^{IV6}}, \quad (31)$$

Б.И. Кашпура предлагает уровень влияния на окружающую среду определять по коэффициенту на пахотные и непахотные работы, по площади улучшенных земель, по удельному сопротивлению почвы. Уровень отрицательного влияния им не установлен. Представляется, что уровень отрицательного влияния на окружающую среду может быть определен по уплотнению почвы движителями тракторов. Величиной, определяющей почвенные условия развития растений, является объемная масса почвы. Она в значительной степени отражает уровень воздействия на нее техники. От нее зависит формирование урожая возделываемых культур. Поэтому нами предложено

но определять уровень влияния системы машин на окружающую среду по отклонению фактической плотности почвы от оптимальной:

$$Y_o = \frac{P_{\Phi}}{P_o}, \quad (32)$$

V группа. Комплексный показатель агротехничности системы машин определяется из выражения, включающего обобщающие показатели по каждой группе факторов:

$$K_a = \sqrt[4]{K_a^I \cdot K_a^{II} \cdot K_a^{III} \cdot K_a^{IV}}, \quad (33)$$

или с учетом весомости каждого показателя:

$$K_a = 0,4 \cdot K_a^I + 0,2 \cdot K_a^{II} + 0,25 \cdot K_a^{III} + 0,15 \cdot K_a^{IV}, \quad (34)$$

Предлагаемые формулы можно использовать при оценке системы машин в хозяйствах, чтобы отметить ее эффективность при изменении состава машинно-тракторного парка; при сравнении эффективности машин в различных хозяйствах, а также при определении воздействия системы машин на окружающую среду и при сравнительной оценке системы машин с различными тракторами при возделывании культур в севообороте.

2.5 Выводы по второй главе

1. Методологические основы оценки эффективности системы технологий и машин для производства продукции растениеводства должны исходить из обоснования структурно-логических связей при формировании системы технологий и машин, на основе определения показателей, характеризующих эффективность системы технологий и машин.

2. Оценка эффективности должна проводиться комплексно, включая показатели экономической, энергетической, агротехнической эффективности. Анализ компонентов системы технологий и машин позволит оценить эффективность их взаимодействия и использовать агротехническую оценку для оптимизации производства продукции растениеводства.

Глава 3 ПРОГРАММА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Задачи экспериментальных исследований

Развитие агропромышленного комплекса предусматривает модернизацию машинно-тракторного парка, что дает новые возможности для внедрения инновационных технологий. В современных условиях актуально совершенствование обработки почвы в направлении ресурсо- и энергосбережения, адаптации к природно-производственным условиям. В связи с развитием материально-технической возникает необходимость оптимизации системы технологий и машин для производства продукции растениеводства за счет совершенствования обработки почвы, снижения отрицательного воздействия движителей тракторов на свойства почвы.

Перед экспериментальными исследованиями поставлены следующие задачи:

- экспериментально установить уплотняющее воздействие тракторов на почву;
- в полевых опытах исследовать систему технологий и машин для основной обработки почвы под сою и зерновые культуры;
- оценить агрегаты для посева зерновых культур и сои по агротехническим параметрам;
- обосновать модель системы технологий и машин для крупного сельскохозяйственного товаропроизводителя;
- разработать программу управления системой технологий и машин.

3.2 Объекты экспериментальных исследований

Характеристика изучаемых культур и технологии их возделывания.

Соя – ценная белково-масличная культура мирового значения. Она да-

ет важное промышленное сырье, пищевые продукты и высокобелковый корм для животных, имеет большое агротехническое значение. Производству сои в Российской Федерации уделяется большое внимание. Потребность России в соевых бобах оценивается в 12 млн. тонн, из которых 8,3 – на кормовые цели, 3,2 – на пищевые цели, 0,5 – на семена. Эти объемы производства могут быть достигнуты в 2020 году. Амурская область в составе Дальневосточного Федерального округа вносит весомый вклад в производство растительного белка в Российской Федерации [3]. Увеличению производства сои в Амурской области способствует реализация государственной программы развития сельского хозяйства [68]. Соя – основа современного сельского хозяйства Амурской области. Однако урожайность этой ценной культуры за последние 5 лет составила 1,22 т/га. Это значительно ниже потенциальной урожайности современных сортов, составляющей по данным сортоучастков области 2,5 – 3,5 т/га. Повышению урожайности и увеличению валовых сборов должны способствовать оптимизация доли сои в структуре посевных площадей; совершенствование системы семеноводства; использование интегрированной системы защиты растений; оптимизация питания за счет использования современной системы удобрения, применения биостимуляторов, фиторегуляторов; совершенствование ресурсо-энергосберегающей системы обработки почвы на основе минимализации и адаптации к природно-производственным условиям. Повышению конкурентоспособности и эффективности отрасли соеводства должны способствовать крупные современные проекты по инновационному развитию сельскохозяйственного производства области: строительство завода по глубокой переработке сои, зерноочистительного завода, семенного завода, завода по производству комбикормов. Переработка более миллиона тонн сои ежегодно на масло, белковые концентраты, изоляты, сбалансированные высокопитательные корма обеспечит эффективность сельского хозяйства Амурской области [330].

По ботанической классификации соя относится к семейству *Leguminosae* (бобовые) подсемейству *Papilionaceae* (мотыльковые), роду *Glycine*

(соя), виду *Glycine hispida* (соя культурная). В развитии сои отмечают следующие фазы: всходы, образование первого тройчатого листа, ветвление, бутонизация, цветение, формирование бобов, налив бобов, начало их пожелтения, созревание. Соя - культура муссонного климата. Успешное ее возделывание возможно при 500-600 мм осадков (летом – 300 мм). Чувствительна к избытку влаги в почве при прорастании, в период всходов, от цветения до налива зерна. Легче переносит избыточное увлажнение, чем засуху. Оптимальная влажность почвы для сои – 70-80% от предельной полевой влагоемкости, воздуха – 70-75%. Соя - культура теплолюбивая. Для созревания требуется сумма активных температур 1600-3000°С при среднесуточных температурах 16-17°. Минимальная температура прорастания семян – 6-7°С, оптимальная 20-22°С. При 12-14° всходы появляются через 6-7 дней. Переносит кратковременные весенние заморозки (минус 1-2,5°С). Лучшая температура для роста 18-22°С. Соя - светолюбивое растение короткого дня. В процессе роста и развития потребляет неодинаковое количество элементов питания. В период всходы-бутонизация усваивает 10-15%, бутонизация-цветение 30-35%, цветение-бобообразование 40-50% азота, фосфора и калия. Критический период всходы-цветение, максимальное поглощение в июле-августе [9, 193, 194, 261, 345].

Технология возделывания сои базируется на использовании районированных сортов, применении высокопроизводительных машин, эффективных средств защиты растений и оптимальных доз минеральных удобрений, на строгом соблюдении сроков и качества проведения всех технологических приемов. Одним из основных предшественников являются зерновые культуры. От уборки зерновых до замерзания почвы проходит 2-2,5 месяца, что позволяет тщательно бороться с сорняками. Зяблевая обработка почвы проводится немедленно вслед за уборкой предшественника на полную глубину пахотного слоя, затем 2-3 раза дискование или культивация в перекрестных направлениях. Каждая последующая работа проводится через 10-15 дней после массового появления всходов сорняков. Весной - закрытие влаги, две

культивации, глубокое рыхление, тщательное выравнивание поверхности поля. В борьбе с сорняками основное внимание обращается на своевременное и качественное проведение полевых работ в сочетании с внесением гербицидов. Обработка почвы направлена на обеспечение сое наилучших условий произрастания, хорошего водно-воздушного режима. При широкорядном способе посева включаются междурядные обработки сои, при рядовом способе посева борьба с сорняками осуществляется при помощи гербицидов. Большое значение имеет внесение в почву при основной обработке измельченной соломы зерновых. Ресурсы интенсификации используются применительно к метеорологическим, почвенно-экологическим условиям и особенностям ландшафтов, зон и микрозон соосеяния. Внесение различных видов удобрений под сою определяется агрохимическими характеристиками почв и результатами растительной диагностики. Существенным является ее способность фиксировать азот из воздуха, что предполагает бактеризацию клубеньковыми бактериями, применяемыми в виде нитрагина. Целям стимуляции азотфиксации служит обработка семян молибденом [64, 105, 107, 351].

В связи с тенденцией почвообработки к минимализации традиционная технология возделывания сои претерпевает изменения. Отвальная обработка почвы заменяется безотвальной, широкорядный способ посева – сплошным рядовым, в системе защиты растений от сорняков преобладает химический метод. Применяется современный комплекс машин, многообразие марок которых обуславливает необходимость изучения эффективности их использования [253, 325, 330, 335, 352, 355, 356].

В Амурской области доля соя в структуре посевных площадей составляет более 70%. При этом нарушается оптимальный период возврата сои на прежнее место возделывания. Для поддержания хорошего фитосанитарного состояния посевов допустимым считается насыщение соей севооборотов до 50%. В связи с этим большой интерес представляет повышение эффективности ресурсосберегающего возделывания предшественников сои. Хорошие предшественники – зерновые культуры, поэтому являются наряду с соей

объектами исследования.

Зерновые культуры. Пшеница – относится к семейству *Poaceae Barnh. (Gramineae Juss.)* – мятликовые (злаковые). Возделываемые в Амурской области сорта пшеницы относятся к виду пшеницы мягкой (*Triticum Aestivum L.*). Это ведущая продовольственная культура, однако, из-за недостаточно высоких показателей качества зерна, её используют на фураж.

Ячмень – одна из важнейших кормовых и технических культур. Благодаря своим биологическим особенностям, ячмень является хорошей культурой полевого севооборота. По ботанической классификации ячмень относится к семейству *Poaceae Barnh. (Gramineae Juss.)* – мятликовые (злаковые), роду *Hordeum Z.* (гордеум), виду *Hordeum sativum* (ячмень культурный).

В процессе жизненного цикла растения зерновых культур проходят следующие фазы роста и развития: прорастание семян, всходы, кущение, выход в трубку, колошение, цветение, формирование и созревание зерна. Критической является фаза выхода в трубку – начала формирования репродуктивных органов, фаза максимального потребления основных элементов питания и воды – образование и созревание семян. Ранние зерновые культуры высевают в апреле. Они относятся к культурам длинного дня, нетребовательны к теплу. Минимальная температура прорастания 1,0 – 3,0°C. Всходы переносят непродолжительные заморозки до –6°C. Расход питательных веществ, запасаемых в семени, повышается при оптимальных температурах, но более эффективно расходуются они на построение тела проростка при более низких температурах. Дружные и крепкие всходы можно получить на 6 – 10 суток от посева при среднесуточной температуре 8 – 15°C. В этом температурном оптимуме пшеница проходит стадию яровизации, у нее хорошо развивается корневая система и снижается поражение пыльной головней. Для ярового ячменя стадия яровизации обязательна, поэтому ячмень высевается первым из ранних зерновых культур. Оптимальная температура для формирования и налива зерна 22 – 25°C. По отношению к влаге ранние зерновые являются мезофитами. Корневая система формируется в пахотном слое при засу-

хе, что характерно для мая-июня. В это время, когда растения находятся в критической фазе (идет закладка репродуктивных органов), они страдают от недостатка влаги. Влага является лимитирующим фактором при формировании продуктивности ранних зерновых. Транспирационный коэффициент варьирует от 400 до 600. Особенностью метеоусловий Амурской области являются муссонные дожди с середины июля по август. В этот период идёт созревание, наступает уборка зерна. Это оказывает существенное влияние на качество семенного и товарного зерна, уровень потерь.

В технологии возделывания зерновых культур основная обработка - зяблевая вспашка или безотвальная обработка. Основной предшественник - соя убирается поздно, до замерзания почвы остается короткий период. Обработка почвы проводится в сжатые сроки, без разрыва во времени, так как вегетация сорняков уже закончилась. Весной поле боронят поперек или по диагонали к направлению вспашки. Посев проводится узкорядным или диагонально-перекрестным способами сразу после предпосевной подготовки почвы. Посев необходимо закончить до 1 мая. Нормы высева семян ячменя 5 – 6, пшеницы – 6 – 7 млн. всхожих зерен на гектар. На плодородных почвах южной зоны применяются нижние пределы нормы высева, в центральной и северной зонах норма высева максимальна. Глубина заделки семян на легких почвах 4 – 5 см, на тяжелых – 3 – 4 см. Способы посева: рядовой, узкорядный. Для получения дружных всходов необходимо поле прикатать до или после посева. Для борьбы с сорняками проводится боронование посевов и применяются гербициды. Уборка в фазу восковой спелости раздельным способом или прямым комбайнированием при полной спелости зерна [4, 19, 28, 48, 330, 362, 394, 395, 398].

Характеристика средств механизации, участвовавших в экспериментальных исследованиях [15, 171, 172, 248]. Плуг отвальный ПЛН-8-40, агрегатировался в опыте с трактором К-701. Предназначен для основной обработки почвы на глубину до 30 см (рисунок 12, таблица 3). Дискатор БДМ-8х4, агрегатировался в опыте с трактором Buhler Versatile. Предназначен для

обработки почвы на глубину до 18 см, уничтожения сорняков, измельчения пожнивных остатков (рисунок 13, таблица 4).

Таблица 3 – Плуг ПЛН-8-40

Показатель	Характеристика
Тип агрегатирования	навесной
Производительность, га/ч	до 2,80
Конструктивная ширина захвата плуга, м	2,8±0,05
Количество корпусов, шт.	8
Масса сухая конструктивная, кг	1860±56
Габаритные размеры, мм: ширина/высота/длина	7000±200/1710±50/3890±100
Глубина пахоты, см	до 30
Глубина пахоты предплужника, см	до 12
Рабочая скорость движения, км/ч	до 10
Расстояние от опорной плоскости корпусов до нижней плоскости рамы не менее, мм	620
Расстояние между корпусами по ходу плуга, мм	800±25
Тип корпуса	культурный
Ширина захвата, мм: корпуса / предплужника	350±15/230
Дорожный просвет не менее, мм	300
Транспортная скорость, км/ч	до 12
Срок службы, лет	8
Агрегатирование	трактор тягового класса 5 (К-701, К-700А, К-744Р и др.)

Таблица 4 – Дискатор БДМ 8х4

Показатель	Характеристика
Тип агрегатирования	прицепной
Производительность за смену, га	45-75
Рабочая скорость, км/ч	12-20
Транспортная скорость, км/ч	не более 25
Влажность почвы:	
Без шлейф-катка, % к объему почвы	до 40
Со шлейф-катком, % к объему почвы	до 20
Ширина захвата, мм	8200
Масса (без шлейф-катка), кг	5550±50
Масса шлейф-катка, кг	1350
Габариты, мм: ширина/высота/длина со шлейф-катком	8000 / 1615 / 5750± 50
Транспортные габариты, мм	2450x8000x1610
Количество режущих узлов, шт.: в ряду/ всего	20/ 80
Количество рядов, шт.	4
Диаметр рабочих органов, мм	560
Расстояние между дисками, мм	400
Расстояние между рядами дисков, мм	700
Угол атаки дисков, град.	от 0 до 30
Глубина обработки, см	до 18
Агрегатирование	трактора тягового класса 6, мощность двигателя не менее 400 л.с.

Культиватор посевного комплекса Morris Concept 2000, агрегатировался в опыте с трактором Buhler Versatile (рисунок 14). Посевной комплекс Morris Concept 2000 предназначен для обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур. В стандартной комплектации оснащается стрельчатymi лапами сплошного перекрытия для отдельного внесения семян и удобрений. Универсальный агрегат используется для посева, а так же для сплошной культивации при традиционной и минимальной обработке почвы.

В экспериментальных исследованиях принимали участие тракторы и посевные агрегаты (рисунок 15, таблицы 5 и 6).

Таблица 5 – Характеристика тракторов, участвовавших в опытах

№ п/п	Тип двигателя	Давление трактора на почву, кПа		Тяговый класс	Масса, т	Ширина следа колеса/гусеницы, мм
		среднее	максимальное			
1	гусеничный	40-45	110	4	8,4	420
2	гусеничный	45-50	125	3	6,5	390
3	гусеничный	45-50	135	6	13,8	460
4	гусеничный	50-55	150	3	8,0	450
5	гусеничный	50-55	160	3	8,1	415
6	гусеничный	75-80	215	10	15,6	500
7	колесный	80-85	140	1,4	3,8	330
8	колесный	120-125	200	3	8,1	530
9	колесный	130-135	250	5	13,5	720

Таблица 6 – Характеристика посевных агрегатов, участвовавших в экспериментальных исследованиях

№ п/п	Состав агрегата	Ширина захвата, м	Ширина междурядий, см	Емкость бункера, л	Тип сошника
1	Buhler Versatile+ Sunflower	9,2	19,5	8000 (на 2 бункера)	дисковый
2	Buhler Versatile+ Morris Concept 2000	12,2	23,0	5270 (зерновой), 3460 (туковый)	стрельчатая лапа
3	Buhler Versatile+ Salford 4050	12,2	16,0	8400 (на 2 бункера)	стрельчатая лапа
4	MT3-80 + C-6ПМ1	6,0	12,5	1400 (зерновой), 200 (туковый)	дисковый
5	Foton TG 1454/ T-150K + Amazone 09-60 Super	6,0	12,5	1200 (без насадки), 1720 (с насадкой)	дисковый
6	BT-175/ДТ-75М + ЗСЗ-3,6	10,8	15,0	3 в агрегате: 453 (зерновой), 212 (туковый)	дисковый



Рисунок 12 – К-701 + ПЛН-8-40



Рисунок 13 – Buhler Versatile + БДМ-8х4



Рисунок 14 – Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000



Buhler Versatile + Sunflower



Buhler Versatile +
Morris Concept 2000



MT3-80 + C-6ПМ1



Buhler Versatile + Salford 4050



T-150K + Amazone 09-60 Super



DT-75M + 3 C3-3,6

Рисунок 15 – Посевные агрегаты, участвовавшие в экспериментальных исследованиях

3.3 Методика и условия проведения экспериментальных исследований

3.3.1 Методика и условия проведения экспериментальных исследований по уплотняющему воздействию тракторов на почву

Опыт 1. Лабораторный. Влияние плотности на пористость луговой черноземовидной почвы. Варианты плотности почвы: 0,8 г/см³; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7 г/см³. Объем патронов – 250 см³. Повторность трехкратная.

Опыт 2. Микрополевой. Зависимость урожайности сои и зерновых культур от плотности почвы. Опытное поле Дальневосточного ГАУ, почва луговая черноземовидная среднemoshная; опытное поле ХНИИСХ (г. Хэйхэ, КНР), почва бурая лесная; 1994-1997 гг. Варианты: равновесная плотность (P_{100%}); почва уплотнена на 10% (P_{110%}); почва уплотнена на 20% (P_{120%}); почва разрыхлена на 10% (P_{90%}); почва разрыхлена на 20% (P_{80%}). Разрыхление и уплотнение вручную. Площадь делянки – 0,25м². Повторность пятикратная.

Опыт 3. Полевой модельный. Влияние уплотнения почвы тракторами на урожайность сои и ячменя. Варианты: без уплотнения, одно-, трех-, пяти-, семикратное уплотнение тракторами со средним давлением на почву от 40 до 135 кПа (таблица 5). Уплотнение делянки достигалось путем прохождения трактора по следу соответствующее количество раз. Площадь делянки – 48 м².

Опыт 4. Дифференциация агрофизических свойств почвы на расстоянии от колеи трактора. Ячмень (1988 – 1990 гг.), соя (1985 – 1993 гг.). На закрепленных площадках по экспериментальным участкам тракторов в производственных условиях отдела семеноводства Дальневосточного ГАУ (по схеме опыта 6) проводились наблюдения по следу трактора, рядом с колеей, на расстоянии 1,5 м от внешнего края колеи.

Опыт 5. Полевые опыты с целью выявления возможности снизить от-

рицательное влияние уплотнения почвы тракторами на урожайность сои организованы методом расщепленных делянок: междурядная культивация проведена поперек делянок с уплотнением (по схеме опыта 3), часть площади делянок с уплотнением оставлена без культивации почвы в междурядьях. Посев в третьей декаде мая – начале июня ленточным способом с шириной междурядий 51x15 см. Культивация посевов в третьей декаде июня – первой декаде июля.

Опыт 6. Изучение оптимизации системы технологий и машин для возделывания сои и зерновых культур проводились в производственных условиях в полевом севообороте площадью 1256,7 га. Схема севооборота: пар, ячмень, соя, ячмень, соя. Поля севооборота (средняя площадь поля – 251 га) разделены на экспериментальные участки, обрабатываемые тракторами тяговых классов 3 – 5 (таблица 5). Основные технологические операции по обработке почвы, посеву и уходу за посевами выполнялись одним трактором, закрепленным за участком.

Опыты 3 – 6 проводились в 1985 - 2004 гг. на базе отдела семеноводства Дальневосточного ГАУ. Технология возделывания сои и ячменя – базовая на основе отвальной обработки почвы (таблицы 1 и 2). Схемы опытов разрабатывались с учетом программ и методик проведения экспериментальной проверки технологий производства продукции растениеводства и по изучению влияния ходовых систем тракторов на почву [239, 243, 290, 310].

3.3.2 Методика и условия проведения исследований по выбору рациональных вариантов обработки почвы и посева сои

Опыт 7. Полевой опыт по использованию сельскохозяйственных машин для основной обработки почвы в технологии возделывания сои проведен в 2007-2010 гг. в производственных условиях ОАО «Димское» Тамбовского района Амурской области. Почвы луговые черноземовидные среднемощные.

Предшественник – ячмень. Основная обработка почвы осенью по схеме опыта (таблица 7). Весной боронование почвы, посев рядовой (20-25 мая, сорт Даурия, норма высева 630 тыс. всхожих семян на гектар), удобрения при посеве 80 кг/га аммофоса, боронование до всходов и по всходам, обработка гербицидом в фазу 3-4 листьев баковой смесью Пульсар + Соната.

Таблица 7 – Схема опыта по использованию сельскохозяйственных машин для основной обработки почвы в технологии возделывания сои

№ п/п	Агротехнический срок (фактор А)	Агрегат для обработки почвы (фактор В)	Технологическая операция
1	непосредственно после уборки предшественника	Buhler Versatile + БДМ-8х4	дискование на глубину 10 см
2	непосредственно после уборки предшественника	Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000	культивация на глубину 15 см
3	непосредственно после уборки предшественника	К-701 + ПЛН-8-40	вспашка на глубину 20 см
4	через 2 недели после уборки предшественника	Buhler Versatile + БДМ-8х4	дискование на глубину 10 см
5	через 2 недели после уборки предшественника	Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000	культивация на глубину 15 см
6	через 2 недели после уборки предшественника	К-701 + ПЛН-8-40	вспашка на глубину 20 см

Опыт 8. Полевой опыт по изучению влияния прямого посева на урожайность сои проведен в 2012 – 2016 гг. в производственных условиях АО «Луч» Ивановского района Амурской области. Почва луговая черноземовидная, типичная для южной зоны Амурской области. Схема опыта: 1) прямой посев (Buhler Versatile + Amazone Primera DMC-12000); 2) отвальная вспашка К-701 + ПЛН-8-35; 3) глубокое рыхление Buhler Versatile + Salford 9715 CTS; 4) культивация К-701 + КУП-6 (конструкция ДальНИИМЭСХ); 5) дискование К-701 + БДМ-8х4П. Урожай сои в опыте получен в 2013, 2015, 2016 годах. В 2012, 2014, 2015 годах проведена основная обработка почвы под посев сои в 2013, 2015, 2016 годах. В 2013 году почва не обрабатывалась вследствие переувлажнения, поэтому в 2014 году посев сои по схеме опыта не

проводился.

Опыт 9. Влияние дополнительной обработки почвы после распашки многолетних трав на урожайность сои. Полевой опыт проведен в 2007 – 2008 гг. в производственных условиях ОАО «Димское» Тамбовского района. В опыте проведена распашка донника желтого. Схема: 1) срок 1 без дополнительной обработки; 2) срок 1 + дополнительная обработка Buhler Versatile + культиватор Morris со стрелчатými лапами; 3) срок 1 + дополнительная обработка дискатором Buhler Versatile + БДМ-8; 4) срок 2 без дополнительной обработки; 5) срок 2 + дополнительная обработка Buhler Versatile + культиватор Morris со стрелчатými лапами; 6) срок 2 + дополнительная обработка дискатором Buhler Versatile + БДМ-8. Срок 1 – первая декада июля, срок 2 – первая декада августа, дополнительная обработка первая декада октября. Посев сои в третьей декаде мая.

Оценка агрегатов для посева сои по агротехническим параметрам проведена в 2007 г. в ОАО «Димское» Тамбовского района Амурской области (Buhler Versatile + Sunflower; Buhler Versatile + Salford 4050; МТЗ-80 + С-6ПМ1; ДТ-75М + ЗСЗ-3,6). В 2008 гг. на полях ЗАО «Агрофирма АНК» Благовещенского района (Foton + Amazone 09-60-Super; Buhler Versatile + Salford AC 240; Buhler Versatile + Salford T 1200).

3.3.3 Методика и условия проведения исследований по выбору рациональных агротехнических приемов возделывания зерновых культур

Опыт 10. Полевой модельный. Уплотнение почвы тракторами по отвальной и безотвальной обработке почвы под ячмень. На фоне отвальной и безотвальной обработки почвы путем сплошного укатывания делянок тракторами тягового класса 1,4 – 3 (таблица 5) проведено однократное, трехкратное, пятикратное уплотнение почвы. Повторность пятикратная. Размещение делянок рендомизированное в один ярус. Опытное поле Дальневосточного

ГАУ (2005, 2007, 2008 гг.). Площадь делянки 80 м². Почва луговая черноземовидная среднетяжелая.

Опыт 11. Влияние дополнительной обработки почвы после распашки многолетних трав на урожайность зерновых культур. Полевой опыт проведен в 2007 – 2008 гг. в ОАО «Димское» Тамбовского района Амурской области. Схема распашки и дополнительной обработки почвы после многолетних трав аналогична опыту 9. Посев пшеницы в третьей декаде апреля.

Оценка агрегатов для посева пшеницы по агротехническим параметрам проведена в 2007 г. в ОАО «Димское» Тамбовского района Амурской области (MT3-80 + C-6ПМ1; Buhler Versatile + Sunflower; Buhler Versatile + Salford 4050; Buhler Versatile + Morris Concept). Площадь участков 40 га. Посев 27 апреля, пшеница Арюна, 3-я репродукция. Предшественник – соя. Уборка предшественника комбайном с измельчителем соломы. Обработка почвы осенью – Buhler Versatile + культиватор с долотообразными лапами в один след. Весной до посева боронование – 24 апреля. Установленная норма высева 240 кг/га, глубина заделки семян 5 см. Норма внесения удобрений при посеве 0,5 ц/га аммиачной селитры.

Оценка агрегатов при прямом посеве пшеницы по стерне сои проведена в 2007 г. в ОАО «Димское» (Buhler Versatile + Morris Concept; Buhler Versatile + Salford 4050; ДТ-75М + ЗСЗ-3,6).

Оценка агрегатов для посева пшеницы по агротехническим параметрам проведена в 2008 гг. на полях ЗАО «Агрофирма АНК» (Т-150К + Amazone 09-60-Super; Buhler Versatile + Salford; ВТ-175 + ЗСЗ-3,6). Площадь делянок 0,48 га, рассчитывалась исходя из ширины захвата агрегатов и возможностей уборочной техники. Почвы лугово-черноземовидные среднетяжелые, типичные для южной зоны Амурской области. Посев 19 апреля, пшеница Амурская 1495. Предшественник – соя. Обработка почвы осенью – Buhler Versatile + культиватор Salford, затем боронование БЗСС. Весной до посева боронование БЗСС.

Характеристика почв. Опыты 1-6 и 10 проводились на среднетяжелой

луговой черноземовидной почве второй надпойменной террасы Зейско-Буреинской равнины (опытное поле Дальневосточного ГАУ). Почва участка типичная для южной зоны Амурской области. Содержание гумуса – 3-4% реакция почвенного раствора близкая к нейтральной – pH_{KCl} 5,6-6,0; содержание фосфора - среднее (5-10 мг/100 г почвы). Степень насыщенности основаниями высокая и составляет 84,6-96,0%. Содержание поглощенных оснований среднее – 20,0-21,8 мг.экв./100 г почвы. Соотношение кальция к магнию равно трем, что типично для глинистых луговых черноземовидных почв. Агрофизические свойства почвы благоприятны для роста и развития растений, но они значительно ухудшаются в подпахотном горизонте. При выпадении обильных осадков пахотный горизонт переувлажняется, в результате чего ухудшается режим питания растений, затрудняется проведение полевых работ.

Почвы участков под опыты 7, 9, 11 луговая черноземовидная средне-мощная, типичная для южной зоны Амурской области. Рельеф - пологоволнистая равнина. Пахотный слой 20-30 см. Естественное плодородие высокое, содержание гумуса от 4,1 до 6,0%. Реакция среды от кислой до близкой к нейтральной, pH_{KCl} составляет 4,7-6,0. Гидролитическая кислотность повышенная. Сумма поглощенных оснований высокая – 18,5-26,0 мг.экв./100 г почвы.

На опытном поле ХНИИСХ (г. Хэйхэ) почва под опыт 2 буроземного типа (по русской классификации - бурая лесная). Почвы тяжелые, глинистые. Содержание подвижных форм азота - 8,38 мг/100 г почвы, P_2O_5 - 2,5 мг/кг, K_2O - 15,75 мг/100 г, pH - 5,73.

Метеорологические условия в годы проведения исследований были от засушливых до избыточно влажных, по температуре - нормальные и теплые. Для зерновых культур особенно сухими были 1985, -86, -96, 2005, -07, -14, -15 гг., избыточно увлажненными - 1990, - 97, - 98, 2006, -09, -10, -13 гг. Особенно засушливым апрель был в 1985, - 86, - 92, - 93, - 94, - 97, 2007, -09, -11, -14, -15 гг., семена зерновых культур заделывались в слабо увлажненную

почву, что снизило их полевую всхожесть. Избыточное увлажнение в июле и августе 1985, -87, -90, -94, -97, 2006, -10, -12, -13 гг. затрудняло уборку. Для сои особенно сухими были 1986, - 96, 2005, -07, -08, -14, -15 гг.; избыточно увлажненными - 1990, - 94, - 97, 2013 гг. В период посева сои недостаток влаги особенно ощущался в 1985 - 87, - 89, - 91, - 92, 2006, -10, -12 гг. Избыток влаги создавал трудности при посеве в 1988, - 94, - 97, - 98, 2007, -11, -13, -16 гг. В сентябре 1990, - 92, - 94, - 95, 2012, -13, -16 гг. переувлажнение сдерживало полевые работы. Отклонение метеорологических условий от оптимальных значений привели к формированию урожая в отдельные годы на разном уровне. Количество осадков и температура воздуха по декадам приведены в таблице А.1.

3.3.4 Методика обоснования модели системы технологий и машин для крупного сельскохозяйственного предприятия

Методика проведения исследований по обоснованию системы технологий и машин для сельскохозяйственного предприятия (на примере АО «Луч») основывается на анализе следующих материалов: бухгалтерская и статистическая отчетность колхоза за 1986-2001 гг.; результаты сортоиспытания на ГСУ и опытном поле АО «Луч»; карты засоренности полей; фитосанитарные паспорта полей; данные агрохимического обследования. В 1999 - 2001 гг. проведены обследование полей на засоренность, частичное агрохимическое обследование, фитопатологическая оценка посевов и семян. На основании этих данных разработан проект системы земледелия хозяйства. Модель системы технологий и машин – один из важных элементов этого проекта. При проектировании учтены рекомендации, содержащиеся в «Системе земледелия Амурской области» и «Системе технологий и машин для комплексной механизации растениеводства Амурской области» [329, 336].

Использование средств механизации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур адаптировано к местным природно-

производственным условиям. Климат Ивановского района, на территории которого расположено АО «Луч», в целом отражает основные особенности, описанные в разделе 1.2.1., имеет конкретизацию по некоторым параметрам. Годовое количество осадков – 445-470 мм. Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха $+10^{\circ}\text{C}$ составляет 129 дней, сумма положительных температур – 2172°C . Продолжительность безморозного периода 127-148 дней. Переход температуры воздуха через 5°C отмечается 21 апреля. Заморозки в воздухе кончаются 14 мая. Период активной вегетации культур начинается с 12 мая, когда среднесуточная температура переходит через 10°C , и заканчивается 22 сентября. Сумма осадков за этот период составляет 374 мм. Климатические условия района благоприятны для выращивания районированных сортов, возделываемых в хозяйстве сельскохозяйственных культур. Агротехнические мероприятия должны корректироваться с учетом складывающихся погодных условий. Почвенный покров пашни колхоза «Луч» представлен в основном луговыми черноземовидными различной мощности (75%), лугово-бурыми (13%) и бурыми лесными (12%) почвами. Почвы имеют тяжелый гранулометрический состав, низкое содержание гумуса от 2 до 4%, среднекислые или слабокислые. Емкость поглощения катионов – 24-30 мг.экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями высокая – 86-96%. Обеспеченность фосфором повышенная и высокая – 56-125 мг/кг. Содержание обменного калия среднее и повышенное от 81 до 170 мг/кг почвы. Картофельный севооборот и часть кормового севооборота размещены на бурых лесных почвах, имеющих супесчаный или легкосуглинистый гранулометрический состав, очень низкое содержание гумуса (1,4-2,0%), слабо кислую или близкую к нейтральной реакцию среды (pH_{KCl} 5,6-6,5), низкую поглотительную способность к катионам (10-15 мг.экв./100 г почвы), высокую степень насыщенности основаниями (84-94%). Содержание доступных растениям форм фосфора – 86-250 мг/кг почвы, обменного калия от низкого (50-80) до высокого (170-200 мг/кг почвы). Почвы хозяйства име-

ют сложную пестроту почвенного покрова по величине показателей агрофизических и агрохимических свойств пахотного слоя.

3.3.5 Методика разработки информационной системы «Паспорт поля»

Информационная система «Паспорт поля» разработана на основе приложения Microsoft Access. Программа составлена для создания базы данных о поле (площадь, тип почвы, гранулометрический состав, агрохимическая характеристика и др.); о возделываемых культурах (сорт, урожайность); о засоренности посевов (тип засоренности, балл, преобладающие сорняки и их характеристика); о болезнях и вредителях. Включает перечень технологических операций и состав агрегатов для их выполнения; информацию о нормах высева, внесения пестицидов, дозах удобрений и т.д.

Апробация информационной системы проведена в ЗАО «Агрофирма АНК». Собрана следующая информация для заполнения книги истории полей: данные агрохимического обследования 1987, 1999 гг.; данные обследования посевов на засоренность 1988, 2002, 2006, 2007 гг.; данные фитосанитарного обследования посевов 1990, 1991, 2001, 2006 гг.; сведения по размещению культур, обработке почвы, внесению удобрений, обработке гербицидами за предшествующие годы; сведения о размещении культур и проводимых агротехнических мероприятиях в текущем году. Информационная система «Паспорт поля» может быть использована в любом сельскохозяйственном предприятии.

3.3.6 Методики проведения анализов и статистической обработки экспериментальных данных

Агрофизические исследования почвы проводились согласно методикам А.Ф. Вадюниной и З.А. Корчагиной [40] и В. В. Голубева [60]. Влаж-

ность, полевая влагоемкость, плотность, максимальная гигроскопическая влагоемкость, удельная масса твердой фазы почвы определялись на глубину до 50 см по десятисантиметровым слоям в четырехкратной повторности. Структурное состояние почвы определялось по слоям 0-10 и 10-20 см. Твердость почвы - на глубину до 30 см в десятикратной повторности. Химический анализ почвы выполнялся по следующим методикам: pH_{KCl} - ионометрически, ГОСТ 26483 - 90; гидролитическая кислотность по Каппену в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26122 - 89; обменный аммоний по методу ЦИНАО, ГОСТ 26489 - 90; нитраты - ионометрически, ГОСТ 26951 - 91, подвижные формы фосфора и калия по Кирсанову в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26207 - 89; гумус по Тюрину в модификации Никитина [66, 67].

Учет засоренности проводился количественно-весовым методом по методике кафедры земледелия МСХА им. Тимирязева наложением рамки в пятикратной повторности по каждому варианту. Оценка степени засоренности – по шкале Мальцева А.И. с поправками по Чесалину Г.А. [78]. Фенологические наблюдения за растениями на закрепленных площадках по методике Госсортосети. Фотосинтетическая деятельность посевов по Ничипоровичу А.А. [260, 371]. Учет корневых остатков и клубеньков на корнях сои - методом монолита [287]. Структура урожая определялась по методике Госсортосети [207]. Учет биологического урожая проводился площадками по 1 м² в 5-10 повторениях согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [238]. Качественный анализ зерна осуществлялся методом ИК - спектрометрии с применением ИК сканера NIR-4250. Результаты учетов и анализов обрабатывались статистически методами дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов по Б.А. Доспехову и А.В. Ваулину с использованием программы для работы с электронными таблицами Microsoft Excel, программами для дисперсионного, корреляционного анализов: REGKAP и др. [43, 77].

Экономическая оценка выполнена на единой информационной базе в программе АИС «Агро». Агроэнергетический анализ системы технологий и

машин с применением методик, разработанных ВИМ и др. и использованием нормативно-справочного материала [240, 241, 242, 244, 245, 288, 357].

При определении качества посева равномерность глубины заделки семян оценивали по коэффициенту выровненности, равномерность распределения семян на поверхности поля оценивали по коэффициенту вариации количества семян в рядке и другим агротехническим показателям [78].

Глава 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ТРАКТОРОВ НА ПОЧВУ И УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

4.1 Результаты лабораторного опыта по влиянию плотности на пористость почвы

Опыт проведен с целью установить влияние плотности на пористость почвы (схема опыта 1, раздел 3.3.1). Для заполнения патронов луговая черноземовидная среднemocная почва, типичная для Амурской области, отобрана в полевых условиях в слое 0-20 см.

Выявлено, что при увеличении плотности почвы от 0,8 до 1,7 г/см³ пористость общая уменьшается в полтора раза. Корреляционная зависимость сильная. Корреляционные связи существенные. Уравнение регрессии: $Y = -36,80x + 98,48$. При увеличении плотности почвы на 0,1 г/см³ пористость общая уменьшается на 3,68%. Пористость капиллярная изменяется прямо пропорционально плотности почвы, $r = 0,851$. Корреляционная зависимость сильная. Уравнение регрессии: $Y = 15,65x + 31,16$. При увеличении плотности почвы на 0,1 г/см³ пористость капиллярная увеличивается на 1,57%. Пористость некапиллярная изменяется обратно пропорционально плотности, $r = -0,962$. Зависимость сильная, корреляционные связи существенные. Уравнение регрессии: $Y = -69,90x + 84,10$. При увеличении плотности на 0,1 г/см³ пористость некапиллярная уменьшается на 6,99% (рисунок 16).

Отмечено, что при плотности 1,3 г/см³ и более при насыщении почвы влагой происходит сильное набухание, при 0,8 г/см³ – оседание. Изменение плотности влияет на строение и водно-воздушный режим почвы. Минимальное содержание воздуха для ячменя 15-20%, для сои 20-25% к объему почвы. При насыщении 100% полевой влагоемкости все поры заполнены водой при плотности почвы 1,3 г/см³ и более. Минимальное содержание воздуха составляет для ячменя при плотности 1,7 г/см³, если насыщение влагой состав-

ляет 37%, для сои – 28% полевой влагоемкости.

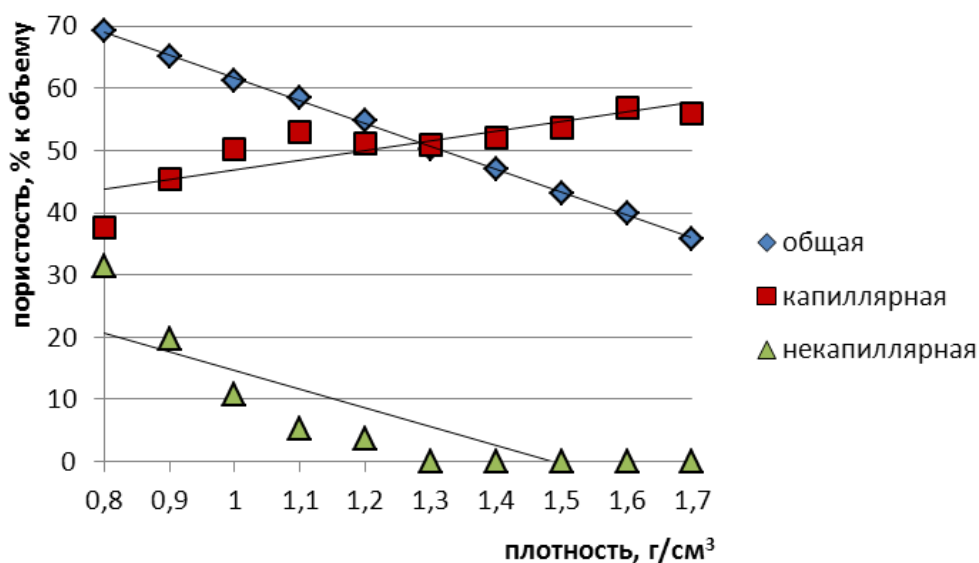


Рисунок 16 – Зависимость пористости от плотности луговой черноземовидной почвы

При плотности 1,6 г/см³ – 44,5% (ячмень) и 35,5% (соя); 1,5 г/см³ – 52,3 и 43,0%; 1,4 г/см³ – 61,7 и 52,1%; 1,3 г/см³ – 69,0 и 59,2%; 1,2 г/см³ – 77,9 и 68,2%; 1,1 г/см³ – 81,9 и 72,4%; 1,0 г/см³ – 91,6 и 81,7%. При плотности луговой черноземовидной почвы 0,9 и 0,8 г/см³ хорошая аэрация корнеобитаемого слоя наблюдается даже при насыщении более 90% полевой влагоемкости.

Таким образом, при насыщении почвы влагой 60% полевой влагоемкости ячмень может нормально развиваться при плотности корнеобитаемого слоя до 1,4 г/см³, соя – до 1,3 г/см³. В полевых условиях диапазон оптимальной плотности будет зависеть от фактического соотношения капиллярной и некапиллярной пористости.

4.2 Результаты микрополевых опытов по выявлению зависимости урожайности сои и зерновых культур от плотности почвы

Микрополевые опыты проведены с целью установить зависимость урожайности сои и зерновых культур на примере ячменя от плотности почвы (схема опыта 2, раздел 3.3.1). Равновесная плотность в слое 0-20 см под посе-

вами сои составила $1,24 \text{ г/см}^3$. Под посевами ячменя плотность, близкая к равновесной $1,23 \text{ г/см}^3$ устанавливалась в конце вегетации (рисунок 17).

Под посевами ячменя пористость общая к концу вегетации уменьшалась по всем вариантам; под посевами сои в варианте с равновесной плотностью оставалась без изменений, в вариантах в 80 и 90% уменьшалась, 110 и 120% от равновесной увеличивалась. Аэрация достаточна для нормального развития ячменя. Для сои в варианте с плотностью почвы 120% от равновесной аэрация почвы недостаточная (рисунок 18).

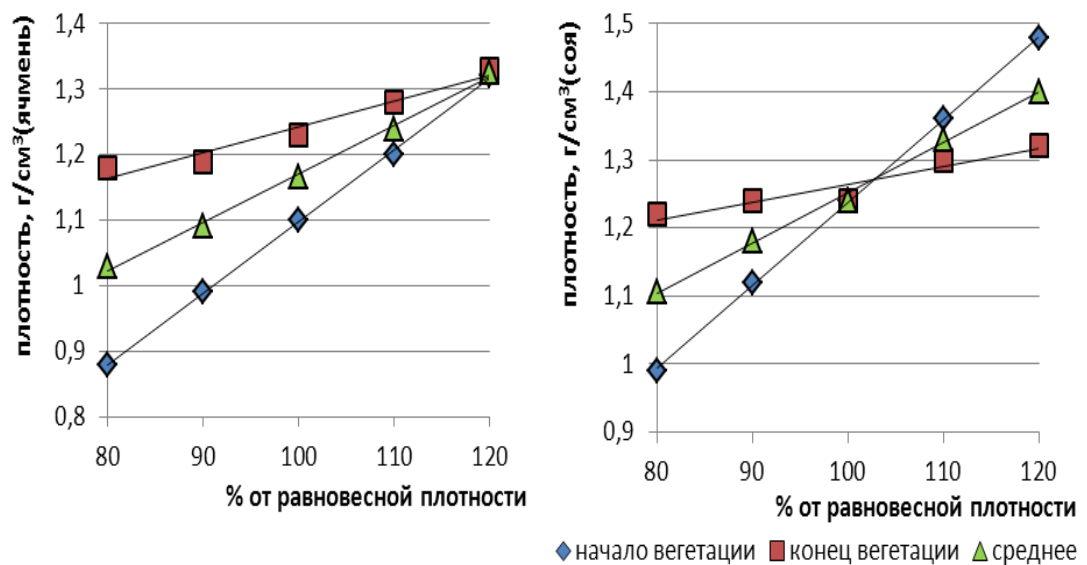


Рисунок 17 – Изменение плотности почвы в слое 0-20 см

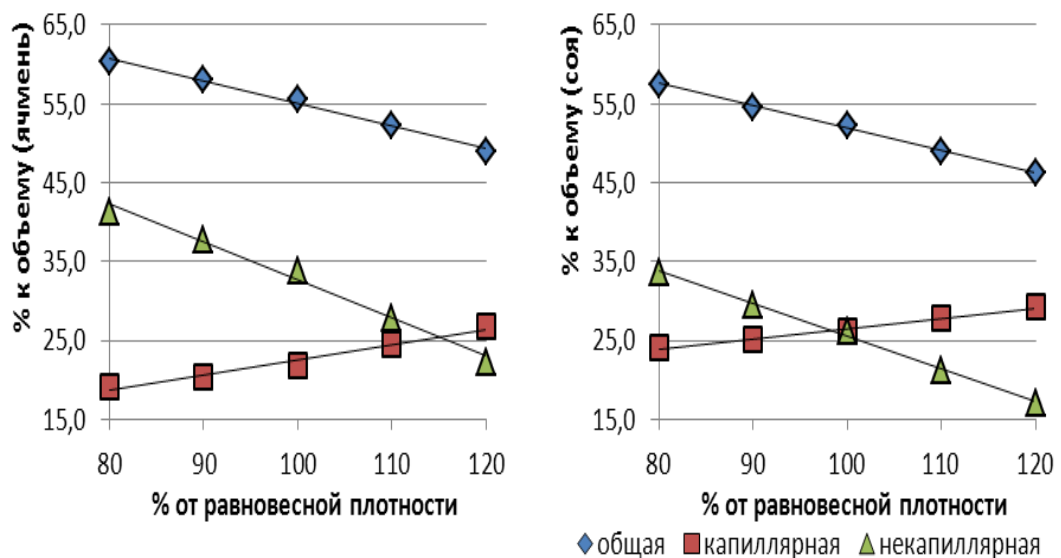


Рисунок 18 – Пористость почвы в слое 0-20 см при различной плотности

Содержание доступной влаги в слое 0-20 см под посевами ячменя от 5,6 % до 9,4 %; под посевами сои от 11,0 до 15,7 % к объему. Количество недоступной влаги с увеличением плотности почвы до 120% от равновесной увеличилось на 4%. В слое почвы 20-50 см запасы доступной влаги изменялись незначительно. С увеличением плотности почвы ухудшается структура пахотного слоя. Содержание агрегатов размером 0,25-10,00 мм при мокром просеивании снизилось под посевами ячменя от 61,4 (P₈₀) до 50,8 % (P₁₂₀). Под посевами сои, соответственно – от 81,9 до 61,6 %. Коэффициент структурности уменьшился на ячмене в 2,15 раза, на сое – в 1,65 раза. Коэффициент водопрочных агрегатов уменьшился на ячмене в 1,09, на сое – в 1,37 раза.

Растения лучше развивались в вариантах с равновесной плотностью и 90% от равновесной (таблицы 8, 9).

Таблица 8 – Структура урожая и качество зерна ячменя в зависимости от плотности в микрополевым опыте (1994, 1996, 1997 гг.)

Плотность, % от равновесной	Количество, шт./м ²			Кустиность		Высота растений, см	Длина колоса, см	Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Содержание, %	
	растений	стеблей	с колосом	общая	продуктивная					жир	белок
80	501	807	578	1,6	1,2	70,0	6,2	15,0	47,3	2,91	11,38
90	515	700	544	1,4	1,0	77,7	6,3	17,0	49,3	3,06	11,77
100	504	667	552	1,3	1,1	82,6	6,8	17,0	49,3	3,11	12,30
110	506	894	559	1,8	1,1	78,0	6,8	17,0	48,9	2,45	11,31
120	510	886	579	1,7	1,1	76,6	6,5	16,0	47,3	2,61	11,32

К уборке в варианте 120 % от равновесной наименьшая высота растений сои, количество бобов и семян. Количество белка и жира в зерне ячменя наибольшее было в варианте с равновесной плотностью, в семенах сои наименьшее – в варианте с плотностью 120 % от равновесной. Урожай ячменя существенно снижался в вариантах с плотностью почвы 80 и 120 % от равновесной, сои - 80, 110 и 120 % от равновесной (рисунок 19).

Таблица 9 – Структура урожая и качество семян сои в зависимости от плотности в микрополевоом опыте (1994, 1996 гг.)

Плотность почвы, % от равновесной	Количество растений, шт./м ²	Высота, см		Количество на одном растении, штук			Масса 1000 семян, г	Содержание, %	
		растения	прикрепления нижнего боба	ветвей	бобов	семя		жир	белок
80	74	53,1	12,2	1,1	10,0	20,0	135,7	20,71	38,93
90	76	54,0	13,4	1,0	10,0	20,0	137,2	20,60	38,60
100	80	51,1	12,0	1,0	12,0	19,0	141,4	20,48	38,28
110	76	49,1	13,3	1,1	10,0	18,0	142,0	20,44	38,19
120	70	48,8	11,2	1,0	10,0	15,0	135,6	20,40	38,10

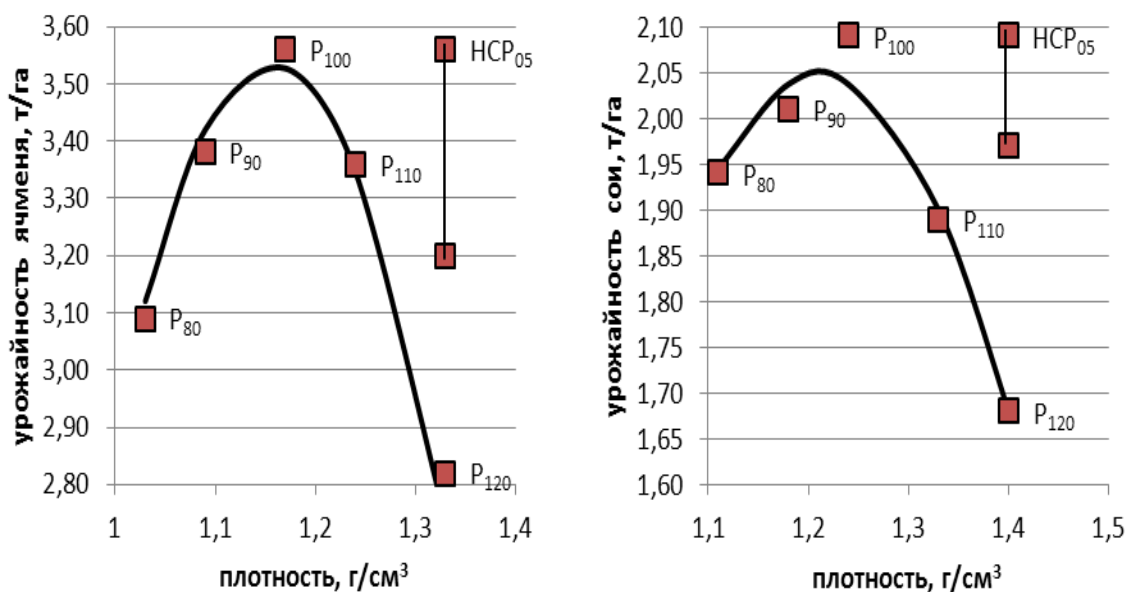


Рисунок 19 – Зависимость урожайности от плотности почвы в слое 0-20 см

Аналогичные исследования проведены в 1996, 1997 гг. в Хэйхэйском НИИ сельского хозяйства Академии сельскохозяйственных наук провинции Хэйлунцзян (г. Хэйхэ, КНР). Опытное поле ХНИИСХ (г. Хэйхэ) расположено на расстоянии около 30 км от опытного поля Дальневосточного ГАУ. При разрыхлении почвы на 10% от равновесной была оптимальная для роста и развития сои плотность – 1,20 г/см³. Влажность почвы по вариантам существенно не отличалась. Результаты биометрической обработки растений в период уборки, представленные в таблице 10, показывают, что наибольшее угнетающее воздействие на развитие сои оказало уплотнение почвы на 20% от равновесной. Высота растений по сравнению с вариантом с равновесной

плотностью была меньше на 8 см, уменьшается высота прикрепления нижнего боба, масса 1000 семян. Разрыхление на 20% и уплотнение на 10 и 20% оказали неблагоприятное влияние на формирование урожая сои. Наибольшая урожайность достигнута в варианте с равновесной плотностью почвы – 3,31 т/га и в варианте с разрыхлением на 10% – 3,29 т/га. В вариантах с уплотнением на 10 и 20% урожайность сои существенно ниже (таблица 11).

Таблица 10 – Структура урожая сои в зависимости от плотности бурой лесной почвы в слое 0-20 см (1996, 1997 гг.)

Плотность почвы, % от равновесной	Количество растений, шт./м ²	Высота, см		Количество на одном растении, шт.			Масса 1000 семян, г
		растений	прикрепления нижнего боба	ветвей	бобов	семян	
80	41,0	64,4	15,8	0,56	18,8	34,3	171,0
90	46,0	64,0	15,7	0,32	17,8	34,4	170,0
100	38,0	69,4	15,6	0,28	16,9	34,5	170,0
110	38,5	67,5	15,7	0,60	18,9	33,5	171,1
120	38,5	61,6	14,6	0,20	16,7	36,6	161,7

Таблица 11 – Влияние плотности бурой лесной почвы в слое 0-20 см на урожайность сои (1996, 1997 гг.)

Плотность почвы, % от равновесной	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
		т/га	%
80	2,83	-0,48	-14,5
90	3,29	-0,02	-0,6
100	3,31	контроль	
110	2,56	-0,75	-22,6
120	2,53	-0,78	-23,6
НСР ₀₅		0,52	

По результатам микрополевого опыта установлено, что для получения наибольшей урожайности ячменя луговую черноземовидную почву необходимо поддерживать в состоянии плотности от 1,04 до 1,27 г/см³, сои от 1,12 до 1,30 г/см³ в слое 0-20 см. Для бурой лесной почвы оптимальной для получения наибольшей урожайности сои можно считать плотность в корнеобитаемом слое от 1,0 до 1,3 г/см³. Изменение плотности почвы выше и ниже оптимальных пределов приводит к ухудшению водно-воздушного режима и других условий роста и развития растений, существенно снижается урожай ячменя и сои.

4.3 Результаты полевых модельных опытов по уплотнению почвы тракторами

В разделе представлен анализ полевых модельных опытов с ячменем и соей (схема опыта 3, раздел 3.3.1), проводившихся в 1995 – 2004 гг. на луговой черноземовидной почве (Дальневосточный ГАУ) и на бурой лесной почве (ХНИИСХ, КНР). В различные годы схема корректировалась по набору участвовавших в опыте тракторов с удельным давлением на почву от 40 до 125 кПа. Уплотнение создавалось путем прохождения тракторов по следу различной кратности.

Анализ данных за 1996-2001, 2003 гг. показал, что в слое почвы 0-20 см наименьшая плотность в варианте без уплотнения, наибольшая – при пятикратном уплотнении трактором с удельным давлением на почву 120-125 кПа. Глубже плотность по вариантам не отличалась. Химический анализ почвы выявил, что с увеличением уплотнения снижается потребление калия и фосфора. Кислотность почвенного раствора остается без изменения.

Анализ результатов исследований выявил изменения плотности и пористости почвы в зависимости от числа проходов тракторов по следу (рисунок 20).

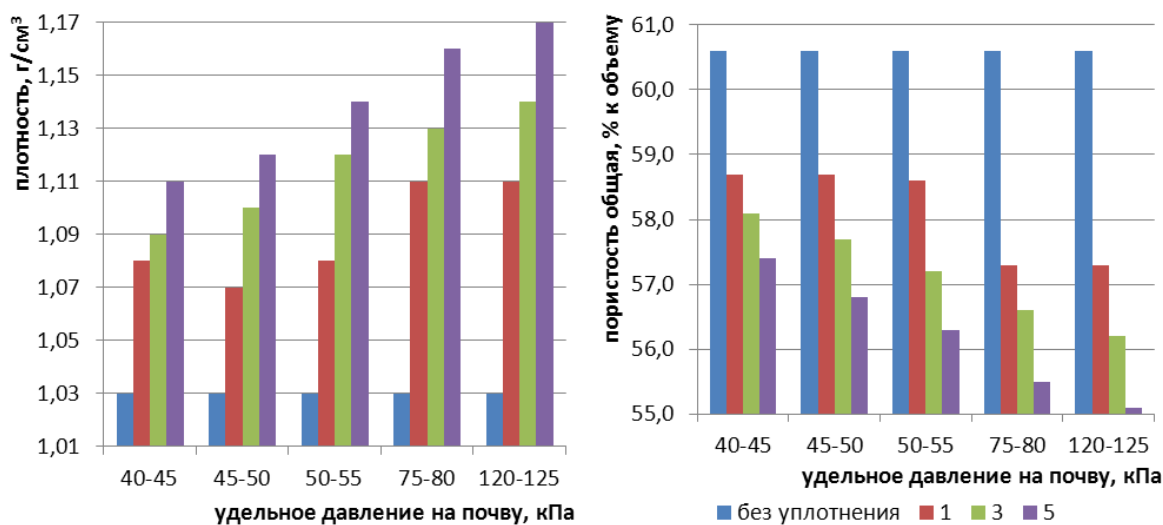


Рисунок 20 – Влияние уплотнения тракторами на плотность и пористость общую в слое почвы 0-20 см, ячмень (1996-1998 гг.)

Плотность почвы увеличивалась на величину от 2% при однократном воздействии трактором, оказывающим удельное давление на почву 45 – 50 кПа до 26% (пятикратное воздействие трактором с удельным давлением 120-125 кПа). Подпахотный горизонт не подвергался уплотняющему воздействию тракторов, так как посев ячменя проводится в период, когда почва оттаяла только в верхних слоях. Удельная масса твердой фазы почвы не зависит от уплотнения тракторами. В слое 0-20 см она равна 2,6 г/см³, в слое 20-50 см – 2,7 г/см³. Полевая влагоемкость почвы с увеличением кратности уплотнения по всем тракторам в пахотном слое уменьшается. Общая пористость пахотного слоя почвы при однократном уплотнении уменьшилась на величину от 0,8% при однократном воздействии трактором, оказывающим удельное давление на почву 45 – 50 кПа до 8,5% при пятикратном воздействии трактором с удельным давлением 120-125 кПа (рисунок 20). Условия аэрации почвы в период вегетации ячменя были удовлетворительными для развития растений. Содержание доступной влаги в пахотном слое наименьшее было в варианте без уплотнения в период посева и фазы кущения. С увеличением уплотнения содержание доступной влаги увеличивалось. Структурное состояние почвы с увеличением уплотняющего воздействия тракторов ухудшалось. В вариантах без уплотнения и при однократном уплотнении тракторами, оказывающими удельное давление на почву 40 – 50 кПа, пахотный слой был в отличном структурном состоянии. В вариантах с пятикратным уплотнением трактором, оказывающим удельное давление на почву 75-80 и 120-125 кПа, структурное состояние почвы было удовлетворительное, в остальных вариантах – хорошее. В вариантах без уплотнения и при однократном уплотнении всеми тракторами, а также при трехкратном уплотнении тракторами, оказывающими удельное давление на почву 40 – 50 кПа почва комковатая. В остальных вариантах – распыленная. С увеличением кратности уплотнения и давления тракторов на почву снижаются коэффициенты структурности и водопрочности.

В 1999 году наибольшие различия плотности наблюдались в слое почвы 0-20 см. В начале вегетации ячменя в варианте без уплотнения $1,30 \text{ г/см}^3$. При однократном уплотнении тракторами с удельным давлением на почву 40-45 и 45-50 кПа она увеличилась на $0,10 \text{ г/см}^3$. При пятикратном уплотнении трактором с удельным давлением на почву 120-125 кПа – на $0,18 \text{ г/см}^3$. В 2000 году наименьшая плотность почвы в слое 0-20 см отмечена в варианте без уплотнения в начале вегетации – $1,16 \text{ г/см}^3$. Наибольшая – в варианте с пятикратным уплотнением трактором с удельным давлением на почву 120-125 кПа – $1,44 \text{ г/см}^3$. В 2001 году в опыте участвовало наибольшее количество тракторов. Наименьшая плотность в слое 0-20 см в варианте без уплотнения – $1,20 \text{ г/см}^3$, при пятикратном уплотнении трактором с удельным давлением на почву 45-50 кПа – увеличение на $0,12 \text{ г/см}^3$. Общая пористость без уплотнения составила 54,1% к объему, при пятикратном уплотнении трактором с удельным давлением на почву 45-50 кПа меньше на 4,6%. Предельная полевая влагоемкость, соответственно, на 49,2% - 2,9%. Запасы доступной влаги хорошие. Аэрация удовлетворительная при однократном уплотнении трактором с удельным давлением на почву 120-125 кПа, трех- и пятикратном тракторами с удельным давлением на почву 45-50 и 120-125 кПа. В остальных вариантах – повышенная.

Засоренность посевов учитывали в середине июля, когда видовой состав сорняков наиболее полный. Тип засоренности – малолетний. Преобладали *Echinochloa crus-galli* L. (просо куриное), *Avena fatua* L. (овсюг обыкновенный), *Chenopodium album* L. (марь белая), *Acalypha australis* L. (акалифа южная), *Galeopsis bifida* Boenn (пикульник двунадрезанный). Встречались многолетние сорняки: *Sonchus arvensis* L. (осот полевой), *Egisetum arvense* L. (хвощ полевой), *Elytrigia repens* L. (пырей ползучий). Посевы ячменя в 1996 – 1998 гг., 2002 – 2004 гг. в варианте без уплотнения засорены в сильной степени. В остальных вариантах – очень сильная степень. Наименьшую долю в структуре агрофитоценоза сорные растения составляли в варианте без уплотнения. При уплотнении почвы тракторами доля сорняков в структуре агро-

фитоценоза возрастала, что свидетельствует о снижении конкурентоспособности ячменя вследствие ухудшения условий жизни (рисунок 21, таблицы Б.1, Б.2).

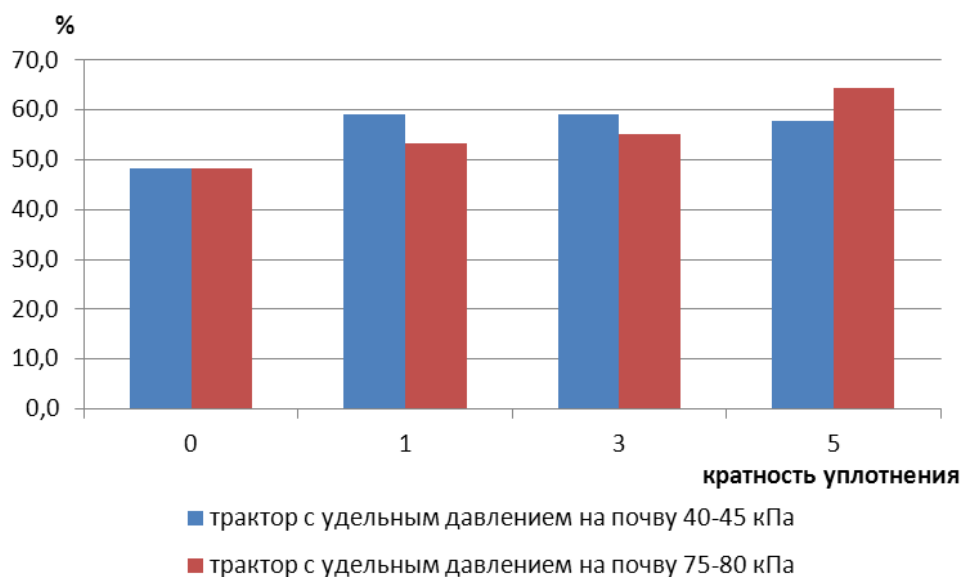


Рисунок 21 – Доля сорняков в структуре ячменного агрофитоценоза в зависимости от уплотнения почвы тракторами, % от общего количества растений (1996 – 1998, 2002 – 2004 гг.)

Биометрическая обработка растений ячменя в период уборки выявила отставание растений по высоте при уплотнении почвы тракторами. На неуплотненной почве высота растений была 93,8 см в 1996-1998 гг.. При однократном уплотнении трактором с удельным давлением на почву 45-50 кПа растения были ниже на 2,6 см, при пятикратном уплотнении трактором с удельным давлением на почву 120-125 кПа – на 18,7 см. В 2001 – 2004 гг. растения при пятикратном уплотнении были ниже на 37%. Наибольшее количество растений к уборке было в варианте без уплотнения, наименьшее при пятикратном уплотнении (таблицы Б.3, Б.4).

Общая кустистость с увеличением уплотнения возрастает. Стеблей с колосом на неуплотненной почве было 370,0 шт./м² в 1996-1998 гг. С увеличением уплотнения их количество уменьшается. Меньше всего стеблей с колосом в варианте с пятикратным уплотнением трактором с удельным давлением на почву 120-125 кПа – 271,4 шт./м² или на 26,6 % меньше, чем в вари-

анте без уплотнения. Отношение соломы к зерну в 2001-2004 гг. при пятикратном уплотнении трактором с удельным давлением на почву 120-125 кПа больше, чем в варианте без уплотнения на 0,27.

Наибольшая длина колоса, количество зерен в колосе и масса 1000 зерен наблюдалось в варианте без уплотнения. Длина колоса на неуплотненной почве была 8,5 см. С увеличением уплотняющего воздействия тракторов длина колоса уменьшилась до 6,2 см (пятикратное уплотнение трактором с удельным давлением на почву 120-125 кПа). Наибольшее содержание в зерне белка отмечено в варианте без уплотнения – 11,28 %. Наименьшее – в варианте с пятикратным уплотнением трактором с удельным давлением на почву 75-80 кПа – 10,31 %. По содержанию жира в зерне зависимости от уплотнения тракторами не выявлено (таблицы Б.3, Б.4).

Наибольшая урожайность в опыте получена в варианте без уплотнения (таблицы 12, Б.5). Дисперсионный анализ биологической урожайности ячменя показал, что в вариантах без уплотнения и при однократном уплотнении (фактор В) существенно больше средней по опыту, существенно меньше при трех- и пятикратном уплотнении. По фактору А существенных различий не наблюдалось.

Таблица 12 – Урожайность ячменя (т/га) в зависимости от уплотнения почвы тракторами. 1996-2001, 2003 гг.

Удельное давление трактора на почву, кПа (фактор А)	Кратность уплотнения (фактор В)				Средние (фактор А)
	0	1	3	5	
40-50	2,79	2,51	2,13	1,78	2,30
45-50	2,79	2,48	2,13	1,77	2,29
120-125	2,79	2,02	1,80	1,66	2,07
Средние (фактор В)	2,79	2,34	2,02	1,74	2,22
НСР ₀₅ = 0,09 (А); НСР ₀₅ = 0,08 (В); НСР ₀₅ = 0,16 (частные различия)					

Наименьшая урожайность отмечена при пятикратном уплотнении трактором с удельным давлением на почву 120 – 125 кПа. Во всех вариантах с уплотнением урожайность при НСР₀₅ для частных различий 0,16 т/га существенно меньше, чем в варианте без уплотнения. Средняя урожайность по

опыту – 2,22 т/га. По вариантам трактора с удельным давлением на почву 120-125 кПа урожайность существенно меньше средней по опыту на 0,09 т/га. При трех- и пятикратном уплотнении урожайность существенно меньше средней по опыту на 0,08 т/га.

Установлена сильная корреляционная зависимость урожайности от кратности уплотнения почвы тракторами. Корреляционные связи существенные. Регрессионная зависимость урожайности ячменя от плотности луговой черноземовидной почвы в слое 0-20 см выражается уравнениями, представленными на рисунке 22.

Установлена сильная корреляционная зависимость урожайности от плотности $r=0,926$. Корреляционные связи существенные. Регрессионная зависимость урожайности ячменя от плотности луговой черноземовидной почвы в слое 0-20 см выражается уравнением $y=-6,21x+9,87$ (рисунок 23).

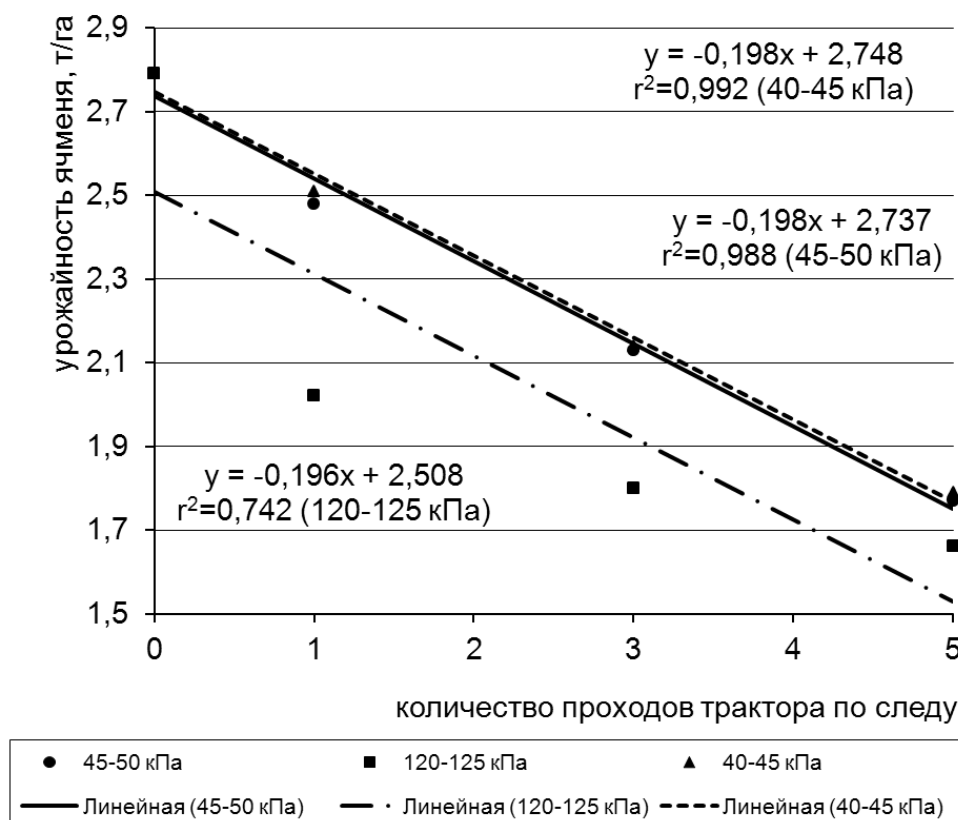


Рисунок 22 – Урожайность ячменя в зависимости от количества проходов по следу тракторов с различным удельным давлением на почву (1996-2001, 2003 гг.)

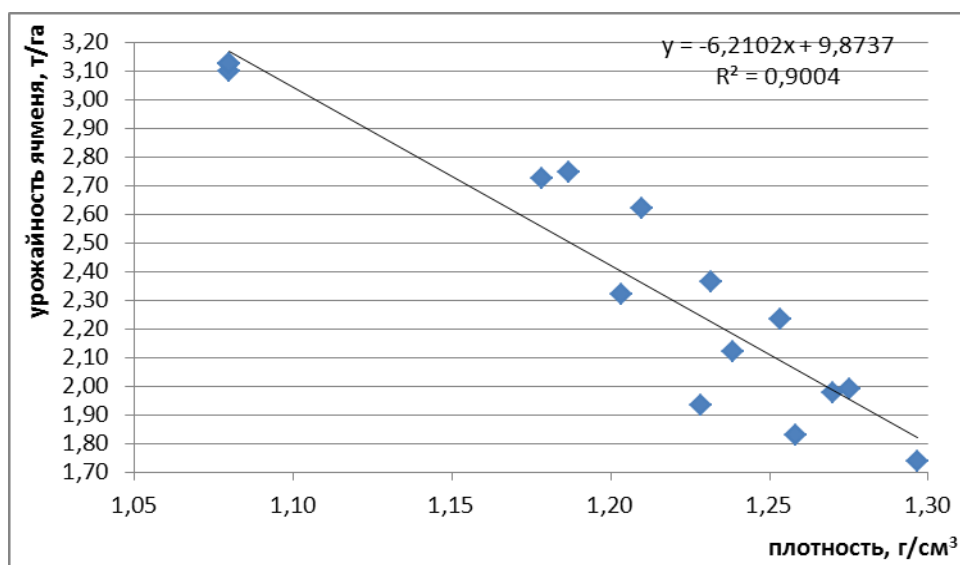


Рисунок 23 – Зависимость урожайности ячменя от плотности почвы, 1996-2001 гг.

В полевом модельном опыте по изучению влияния уплотнения почвы тракторами на урожайность сои наименьшую плотность в начале вегетации культуры в среднем за 1995, 1996, 1998-2004 гг. наблюдали в варианте без уплотнения – 1,19 г/см³. При однократном уплотнении гусеничными тракторами с удельным давлением на почву 40-45 и 45-50 кПа плотность увеличилась на 0,08-0,09 г/см³. Наибольшая плотность почвы наблюдалась в варианте с пятикратным уплотнением колесным трактором с удельным давлением на почву 120-125 кПа – 1,41 г/см³. В 1999 г. при пятикратном уплотнении этим трактором плотность была больше на 0,26 г/см³. За 2001 – 2004 гг. наибольшие отклонения от варианта без уплотнения отмечены при пятикратном уплотнении колесным трактором с удельным давлением на почву 80-85 кПа в слое почвы 0-10 см – на 0,24 г/см³, в слое почвы 10-20 см увеличение на 0,10 г/см³ (таблица Б.6). Глубже 20 см отклонения по вариантам незначительные. В период от посева до уборки плотность почвы в варианте без уплотнения увеличивалась, в остальных вариантах – уменьшалась. Плотность была оптимальная в вариантах без уплотнения и при однократном уплотнении гусеничными тракторами с удельным давлением на почву от 40 до 80 кПа. В остальных вариантах почва в течение вегетации была среднеплотная и плотная (рисунок 24).

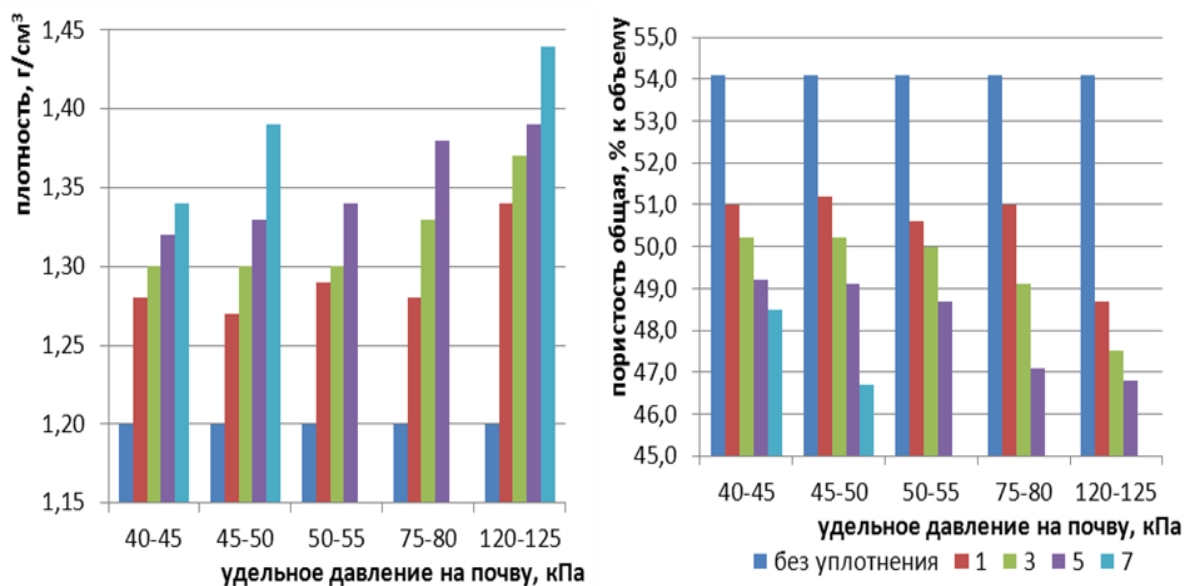


Рисунок 24 – Влияние уплотнения тракторами на плотность и пористость общую в слое почвы 0-20 см под посевами сои (1995, 1996, 1998 гг.)

Общая пористость в слое 0-20 см снижается на 2,8 % при однократном уплотнении трактором с удельным давлением на почву 45-50 кПа и на 9,2 % при пятикратном уплотнении трактором с удельным давлением на почву 120-125 кПа. Для нормального роста и развития сои содержание воздуха в почве должно составлять 20-25% от объема. За период вегетации оптимальные условия аэрации наблюдались в вариантах без уплотнения и при одно-, трехкратном уплотнении тракторами с удельным давлением на почву от 40 до 80 кПа. В начале вегетации достаточная аэрация отмечена в вариантах без уплотнения и при однократном уплотнении гусеничными тракторами с удельным давлением на почву 45-50 и 50-55 кПа. К концу вегетации аэрация в пахотном слое увеличилась. В слое почвы 20-50 см скважность аэрации была менее 20%.

Уплотнение почвы движителями тракторов оказывает отрицательное влияние на структурное состояние почвы (рисунок 25). Содержание в пахотном слое частиц почвы размером 0,25-10,00 мм, определенное при сухом просеивании, наибольшее было в варианте без уплотнения – 81,5%. При однократном уплотнении содержание агрономически ценной фракции снижается на 1,1 % (трактор с удельным давлением на почву 45-50 кПа) – 7,0 %

(трактор с удельным давлением на почву 120-125 кПа). Последующие два прохода тракторов по следу снижают содержание этой фракции еще на 3%. Содержание частиц почвы размером менее 0,25 мм при мокром просеивании было на неуплотненной почве 29,2%. С увеличением числа проходов тракторов по следу содержание этой фракции увеличивается. Коэффициент структурности снижается при однократном уплотнении на 6% (трактор с удельным давлением на почву 45-50 кПа) – 37% (трактор с удельным давлением на почву 120-125 кПа), при трехкратном на 23-40%, при пятикратном на 34-48%, при семикратном - на 43-54%, соответственно. Химический анализ показал, что с увеличением уплотнения снижается доступность растениям фосфора и калия, несколько увеличивается содержание в пахотном слое аммиачного азота, реакция среды остается без изменения.

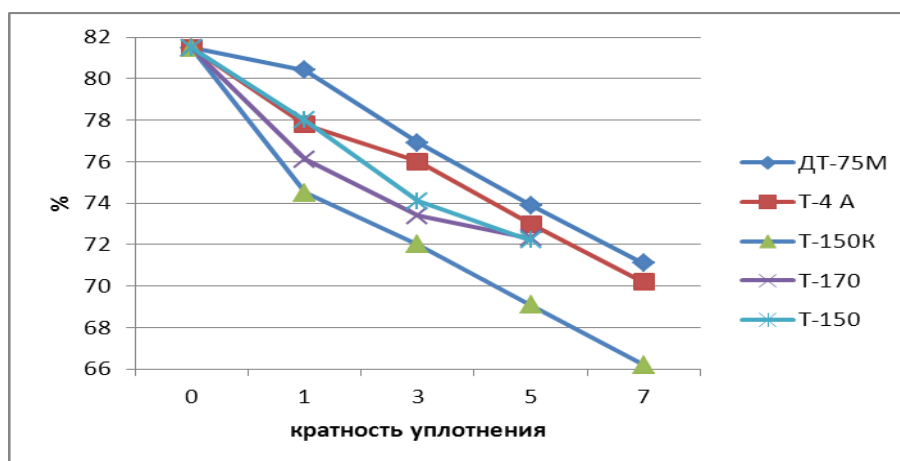


Рисунок 25 – Влияние уплотнения почвы тракторами на содержание в слое почвы 0-20 см частиц, размером 0,25-10,00 мм; соя (1995, 1996, 1998 гг.)

В опыте выявлено, что при уплотнении почвы тракторами доля сорного компонента в структуре соевого агрофитоценоза увеличивается. Засоренность посевов сои очень сильная по всем вариантам. Тип засоренности – малолетний, преобладающие сорняки: *Echinochloa crus-galli* L. (просо куриное), *Amaranthus retroflexus* L. (щирца запрокинутая), *Chenopodium album* L. (марь белая), *Acalypha australis* L. (акалифа южная). Наименьшую долю в структуре агрофитоценоза сорные растения занимали в варианте без уплотнения (таблица Б.7).

Наблюдения за развитием растений и формированием урожая показали, что уплотнение почвы движителями тракторов действует угнетающе на растения и снижает урожай сои. Биометрическая обработка растений в период уборки показала, что уплотнение почвы движителями тракторов не влияет на высоту прикрепления нижнего боба и количества ветвей. Количество бобов наибольшее было в варианте без уплотнения – 16 шт. на 1 растении, наименьшее – при пяти- и семикратном уплотнении. Значительные различия отмечаются в количестве семян на одном растении. В варианте без уплотнения их было 27 шт. Наименьшее количество – в варианте с семикратным уплотнением – 17 шт. По крупности семян отмечается некоторое уменьшение в содержании фракции 5-7 мм на уплотненных участках в сравнении с неуплотненными. По содержанию в семенах белка и жира различия в вариантах незначительные (таблица Б.8). Наибольшее количество растений к уборке в 2001 – 2004 гг. отмечено в варианте без уплотнения, наименьшее при пятикратном уплотнении трактором с удельным давлением на почву 45-50 кПа. Наибольшая высота растений, количество бобов, семян – при однократном уплотнении трактором с удельным давлением на почву 80-85 кПа, наименьшие при пятикратном уплотнении трактором с удельным давлением на почву 45-50 кПа. Увеличение уплотняющего воздействия тракторов на почву привело к увеличению отношения соломы к семенам сои (таблица Б.9).

Дисперсионный анализ данных урожайности сои (таблицы 13, Б.10, Б.11) показал, что все варианты с уплотнением дают существенное снижение урожая сои в сравнении с вариантом без уплотнения. В 1998 г. отмечен высокий уровень урожая сои, существенное снижение урожая в сравнении с вариантом без уплотнения было в вариантах с трех- и пятикратным уплотнением трактором с удельным давлением на почву 120-125 кПа трактором с удельным давлением на почву 120-125 кПа и пятикратным уплотнением тракторами с удельным давлением на почву 40-45 и 50-55 кПа. В сравнении с трактором с удельным давлением на почву 45-50 кПа при одинаковом количестве проходов по следу в 1995 и 1998 гг. существенное снижение урожая сои от-

мечено в вариантах с трех-, пяти-, семикратным уплотнением трактором с удельным давлением на почву 120-125 кПа; в 1996 году - по всем вариантам с уплотнением, кроме трехкратного уплотнения трактор с удельным давлением на почву 40-45 кПа. По фактору А существенно превышают средний урожай варианты с тракторами с удельным давлением на почву 40-45 и 45-50 кПа, существенно снижают урожай сои варианты с тракторами с удельным давлением на почву 75-80 и 120-125 кПа. По фактору В существенно превышают среднюю варианты без уплотнения и однократное уплотнение; пяти- и семикратное существенно снижают. В 1999 г. наибольшая урожайность получена в варианте без уплотнения – 1,05 т/га. По сравнению с вариантом без уплотнения существенно снижают урожайность сои варианты с однократным уплотнением тракторами с удельным давлением на почву 50-55 кПа и 120-125 кПа, с трехкратным уплотнением – тракторами с удельным давлением на почву 40-45, 45-50, 50-55 и 120-125 кПа; с пятикратным уплотнением – всеми тракторами. В 2000 г. среднюю по опыту урожайность существенно превышали по фактору А варианты с тракторами 40-45 и 45-50 кПа, существенно снижали варианты с давлением на почву 75-80 и 120-125 кПа. По фактору В существенно превышают среднюю урожайность варианты без уплотнения и однократное уплотнение, существенно ниже в вариантах с трех- и пятикратным уплотнением. Дисперсионный анализ данных биологической урожайности сои показал, что в 2001 – 2004 гг. урожайность существенно больше средней по опыту в вариантах с трактором с удельным давлением на почву 80-85 кПа. Без уплотнения и при однократном уплотнении – существенно больше средней по опыту. При трех- и пятикратном уплотнении – существенно меньше средней по опыту. По сравнению с вариантом без уплотнения урожайность во всех вариантах с уплотнением существенно меньше.

В среднем за годы исследований наибольшая урожайность отмечена в варианте без уплотнения – 1,67 т/га, наименьшая – при пятикратном уплотнении трактором с удельным давлением на почву 120-125 кПа. Во всех вариантах с уплотнением урожайность существенно меньше, чем в варианте без

уплотнения. Средняя урожайность по опыту - 1,31 т/га. По вариантам с трактором с удельным давлением на почву 120-125 кПа урожайность существенно меньше средней по опыту на 0,04 т/га (таблица 13).

Таблица 13 – Урожайность сои в зависимости от уплотнения почвы тракторами, т/га (1995, 1996, 1998-2003 гг.)

Удельное давление трактора на почву, кПа (фактор А)	Кратность уплотнения (фактор В)				Среднее (фактор А)
	0	1	3	5	
45-50	1,67	1,41	1,25	1,11	1,36
120-125	1,67	1,20	1,06	0,89	1,21
40-45	1,67	1,38	1,27	1,14	1,37
Среднее (фактор В)	1,67	1,33	1,19	1,05	1,31
НСР ₀₅ = 0,04 (А); НСР ₀₅ = 0,03 (В); НСР ₀₅ = 0,06 (частные различия)					

Установлена сильная корреляционная зависимость урожайности от кратности уплотнения почвы тракторами. Корреляционные связи существенные. Уравнения регрессии представлены на рисунке 26.

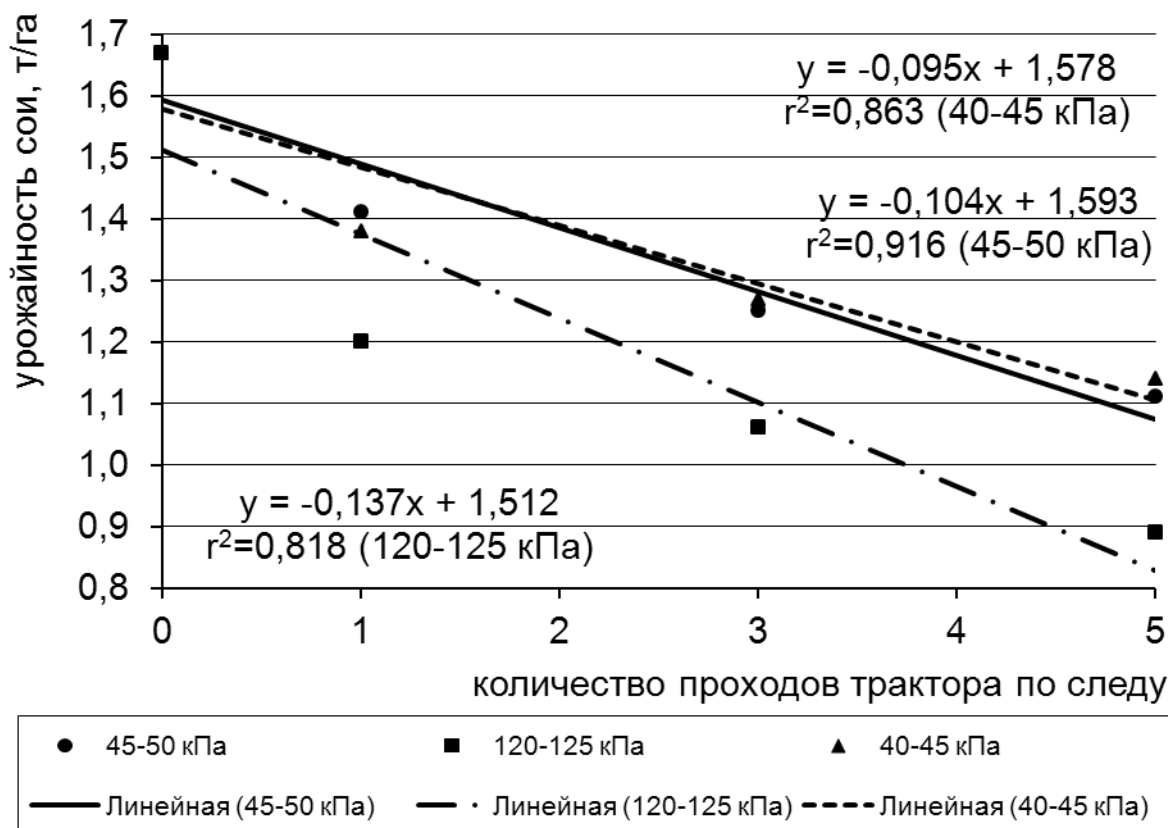


Рисунок 26 – Урожайность сои в зависимости от количества проходов по следу тракторов с различным удельным давлением на почву (1995, 1996, 1998-2003 гг.)

Регрессионная зависимость урожайности сои от плотности почвы в слое 0-20 см выражается уравнением $y = -3,0791x + 5,299$. Корреляционная зависимость сильная, $r = 0,954$. Корреляционные связи существенные (рисунок 27).

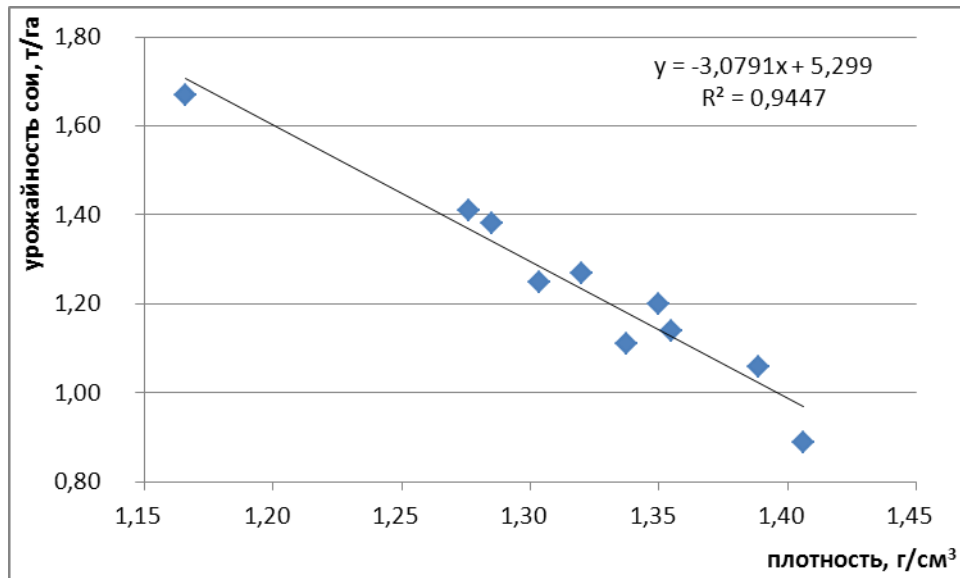


Рисунок 27 – Зависимость урожайности сои от плотности почвы, (1995, 1996, 1998-2003 гг.)

Опыт по изучению влияния уплотнения бурой лесной почвы на формирование урожая сои проведен с гусеничным трактором с удельным давлением на почву 45-50 кПа в 1996-1997 гг. на опытном поле Хэйхэйского НИИ сельского хозяйства при Академии сельскохозяйственных наук провинции Хэйлунцзян (КНР). Плотность почвы в слое 0-20 см в варианте без уплотнения составила 1,22 г/см³. При однократном уплотнении она увеличилась на 10,6%, при трехкратном – на 13,1%, при пятикратном – на 14,8%. Полевая влагоёмкость почвы наибольшая была в варианте без уплотнения. Содержание влаги в почве больше на уплотненных делянках. С увеличением кратности уплотнения ухудшаются условия жизни растений, что отражается на их росте и развитии. Биометрическая обработка растений в период уборки выявила изменения в структуре урожая на уплотненных делянках. Высота рас-

тений в варианте без уплотнения была 78,2 см, при однократном уплотнении растения были ниже на 4,4 см, при трехкратном – на 15,4 см, при пятикратном – на 13,4 см. Количество семян на одном растении в варианте без уплотнения было 71,6 шт., при однократном уплотнении меньше на 12,3 шт., при трехкратном уплотнении – на 16,2 шт., при пятикратном – на 25,2 шт. Масса 1000 семян при пятикратном уплотнении уменьшилась от 170,7 (без уплотнения) до 162,3 г (таблица 14).

Таблица 14 – Структура урожая сои в зависимости от уплотнения бурой лесной почвы трактором. Опытное поле ХНИИСХ, КНР (1996, 1997 гг.)

Кратность уплотнения	Количество растений, шт./м ²	Высота, см		Количество на 1 растении, шт.			Масса 1000 семян, г
		растения	прикрепления нижнего боба	ветвей	бобов	семян	
Без уплотнения	19,0	78,2	10,4	0,49	30,6	71,6	170,7
Однократное	18,0	73,8	11,8	0,68	26,5	59,3	170,5
Трехкратное	15,5	62,8	9,9	0,73	25,3	55,4	170,5
Пятикратное	19,0	64,8	14,8	0,40	19,4	46,4	162,3

Биологическая урожайность сои в варианте без уплотнения составила в среднем за два года 2,28 т/га. При однократном уплотнении урожай был ниже на 1,3%, разница незначительная. Существенное снижение урожая сои отмечается в вариантах с трехкратным и пятикратным уплотнением почвы трактором с удельным давлением на почву 45-50 кПа (таблица 15).

Таблица 15 – Зависимость урожайности сои от уплотнения бурой лесной почвы трактором. Опытное поле ХНИИСХ, КНР (1996, 1997 гг.)

Кратность уплотнения	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
		т/га	%
Без уплотнения	2,28	контроль	
Однократное	2,25	-0,03	-1,3
Трехкратное	2,10	-0,18	-7,9
Пятикратное	1,48	-0,80	-35,1
НРС ₀₅		0,20	

По результатам полевых модельных опытов установлено, что увеличение числа проходов тракторов по следу на единицу соответствует снижению

урожая ячменя на величину от 0,11 (трактор с удельным давлением на почву 40-45 кПа) до 0,22 т/га (трактор с удельным давлением на почву 75-80 кПа), сои на величину от 0,09 т/га (трактор с удельным давлением на почву 40-45 кПа) до 0,12 т/га (трактор с удельным давлением на почву 120-125 кПа).

На бурой лесной почве выявляются подобные закономерности влияния плотности почвы на урожай сои, что и на луговой черноземовидной почве. Плотность почвы в слое 0-20 см в варианте без уплотнения составляла 1,22 г/см³. При однократном уплотнении трактором с удельным давлением на почву 45-50 кПа она увеличивалась на 10,6%, при трехкратном - на 13,1%, при пятикратном – на 14,8%. Увеличение кратности уплотнения почвы до трех и более раз существенно снижает урожай сои.

Установлена сильная корреляционная зависимость урожайности от плотности почвы в слое 0-20 см: $r=0,926$ (ячмень), $r=0,954$ (соя). Корреляционные связи существенные. Регрессионная зависимость урожайности от плотности луговой черноземовидной почвы выражается уравнениями: $y=-6,21x+9,87$ (ячмень), $y=-3,0791x+5,299$ (соя). Эти уравнения описывают закономерности в диапазоне плотности от 1,08 до 1,30 г/см³ (под посевами ячменя), от 1,17 до 1,41 г/см³ (под посевами сои).

4.4 Дифференциация агрофизических свойств почвы на расстоянии от колеи трактора

Для изучения распространения уплотняющего воздействия тракторов по ширине захвата агрегата на свойства почвы, развитие растений и формирование урожая ячменя и сои на закрепленных площадках по участкам тракторов в полях севооборота проводились наблюдения по колее, рядом с колеей, на расстоянии 1,5 м от следа трактора (схема опыта 4, раздел 3.3.1).

Уплотняющее воздействие движителей тракторов по ширине захвата агрегата распространяется неравномерно. На расстоянии 1,5 м от колеи плотность почвы по участкам тракторов находилась в пределах, оптимальных для

роста и развития ячменя и сои – 1,16-1,25 г/см³. При однократном прохождении тракторов в период предпосевной обработки на полях ячменя плотность пахотного слоя почвы на расстоянии 1,5 м от колеи находилась в пределах от 1,18 до 1,23 г/см³. По колее увеличивалась на 0,03 г/см³ (гусеничный трактор тягового класса 3 массой 6,5 т) – 0,13 г/см³ (колесный трактор тягового класса 5 массой 13,5 т). На полях сои в 1,5 м от колеи плотность сложения почвы в пахотном слое была в пределах от 1,16 до 1,25 г/см³. Рядом с колеей увеличивалась на 0,01-0,06 г/см³. По колее увеличивалась на 0,09 г/см³ (гусеничный трактор тягового класса 3 массой 8,0 т) – 0,16 г/см³ (колесный трактор тягового класса 3 массой 8,1 т). Наибольшее изменение полевой влагоемкости, пористости общей скважности и аэрации по колее отмечено на участках колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т (ячмень) и колесного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т (соя), наименьшее у гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т (ячмень) и у гусеничного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т (соя). Отмечается приток влаги в область рядом с колеей.

Твердость пахотного слоя почвы на сое в слое 0-20 см рядом с колеей была 15,6 кг/см², по колее на 3,6 кг/см² больше. Наибольшее увеличение твердости отмечено по колее колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т, наименьшее – по колее гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т. Максимальная твердость почвы на расстоянии 1,5 м от колеи – 20 кг/см² наблюдалась по гусеничному трактору тягового класса 3 массой 6,5 т на глубине 14 см. По колее колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т максимальная твердость почвы – 21 кг/см² наблюдалась уже на глубине 6 см (таблица Б.12).

Содержание в пахотном слое агрегатов размером 0,25-10,00 мм на расстоянии 1,5 м от колеи в период предпосевной обработки почвы на ячмене составляло 70,2%, по колее на 6,2% больше. На сое за период вегетации на расстоянии 1,5 м от колеи - 69,9%, рядом с колеей - на 3,6% меньше; по колее - на 5,0% меньше.

Коэффициент структурности перед посевом ячменя на расстоянии 1,5 м от колеи составил 2,51; по колее – на 0,92 больше. На сое за период вегетации на расстоянии 1,5 м от колеи коэффициент структурности составил 2,33; рядом с колеей он был на 0,36 меньше; по колее – на 0,48 меньше.

Наибольшее изменение коэффициента структурности отмечено рядом с колеей колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т, наименьшее – рядом с колеей гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т. По колее наибольшее снижение коэффициента структурности отмечено по колесному трактору тягового класса 5 массой 13,5 т, наименьшее – по гусеничному трактору тягового класса 3 массой 6,5 т.

Биометрическая обработка растений сои показала, что к уборке лучше были развиты растения, находившиеся на расстоянии 1,5 м от колеи, чем те, которые находились в рядах рядом с колеей. Высота растений на расстоянии 1,5 м от колеи к уборке – 79 см, рядом с колеей – 78 см. По участкам тракторов разница в высоте составляла 1-2 см.

Высота прикрепления нижнего боба на расстоянии 1,5 м от колеи – 12,4 см, рядом с колеей – 11,4 см. Количество ветвей 1,3 и 1,1 штук на одном растении. Количество бобов 23,8 и 20,6 шт., количество семян – 48,5 и 40,8 штук на одном растении. Масса 1000 зерен у растений, выросших на расстоянии 1,5 м от колеи – 179,6 г, у растений в рядах рядом с колеей – на 6,6 г меньше.

Количество растений к уборке составляло на расстоянии 1,5 м от колеи 39,2 шт./м², рядом с колеей на 3 шт. меньше. Урожай сои на расстоянии 1,5 м от колеи составил 31,5 т/га, рядом с колеей – 4,3 т/га меньше. По всем тракторам урожайность сои рядом с колеей меньше, чем на расстоянии 1,5 м от колеи. Различия в снижении урожая по тракторам несущественные (таблица 16).

Таблица 16 – Урожай сои и его структура на разном расстоянии от колеи трактора (1986, 1992 гг.)

Тяговый класс, тип движителя*, масса трактора, т	Место отбора образца	Количество растений, шт./м ²	Высота, см		Количество, шт., на 1 растении			Масса, г		Биологический урожай, т/га
			растения	прикрепления нижнего боба	ветвей	бобов	семян	семян на одном растении	1000 семян	
3 Г 6,5	рядом с колеей	42,0	79,0	12,0	0,6	15,0	30,0	4,7	167,6	2,30
	1,5 м от колеи	45,4	80,0	13,0	1,0	17,0	32,0	5,0	174,5	2,68
4 Г 8,4	рядом с колеей	38,8	73,0	12,0	1,2	21,0	44,0	6,9	183,0	2,68
	1,5 м от колеи	41,6	75,0	13,0	1,5	25,0	51,0	7,6	188,6	3,16
3 К 8,1	рядом с колеей	37,3	81,0	13,0	1,5	22,0	45,0	7,2	178,4	2,68
	1,5 м от колеи	40,0	82,0	14,0	1,5	26,0	53,0	7,9	184,6	3,16
5 К 13,5	рядом с колеей	39,0	78,0	10,0	1,5	26,0	50,0	8,2	180,8	3,20
	1,5 м от колеи	41,0	79,0	12,0	1,6	30,0	64,0	8,8	186,8	3,53
3 Г 8,1	рядом с колеей	31,3	82,0	12,5	1,1	23,5	44,5	6,9	174,2	3,03
	1,5 м от колеи	35,0	84,0	11,5	1,2	26,0	50,0	8,1	181,2	3,52
3 Г 8,0	рядом с колеей	29,0	75,0	9,0	0,8	16,0	31,0	4,9	154,0	2,42
	1,5 м от колеи	32,0	74,0	11,0	1,1	19,0	41,0	5,8	162,0	2,86

* Г – гусеничный, К – колесный

В производственных условиях на закрепленных площадках по экспериментальным участкам тракторов в полях севооборота проводили наблюдения по колее, рядом с колеей, на расстоянии 1,5 м от колеи. Выявлена дифференциация агрофизических свойств почвы на расстоянии от колеи трактора. На расстоянии 1,5 м от колеи плотность почвы оптимальная для роста и развития ячменя и сои. Уплотняющее воздействие тракторов в значительной степени проявляется рядом с колеей, плотность почвы на 0,06 г/см³ больше, чем на расстоянии 1,5 м от колеи. При прохождении агрегатов в период предпосевной обработки почвы под ячмень плотность по колее на 0,03 (трактор с удельным давлением на почву 45-50 кПа) – 0,13 г/см³ (трактор с удельным давлением на почву 120-125 кПа) больше, чем на расстоянии 1,5 м от колеи. На полях сои плотность почвы в течение вегетации по колее больше

на 0,09 (трактор с удельным давлением на почву 50-55 кПа) – 0,16 г/см³ (трактор с удельным давлением на почву 120-125 кПа), чем на расстоянии 1,5 м от колеи. Ухудшение физических свойств почвы в области, прилегающей к колее, отрицательно сказывается на развитии растений. Урожай сои в рядках, расположенных рядом с колеей, на 14% меньше, чем на расстоянии 1,5 м от колеи.

4.5 Результаты исследований на экспериментальных участках по рациональному использованию тракторов в системе технологий и машин

Наблюдения проводились по участкам тракторов в севообороте (схема опыта 6, раздел 3.3.1). Установлено, что плотность почвы в слое 0-20 см по всем участкам была в пределах оптимальной для развития ячменя и сои – 1,18-1,22 г/см³ в среднем за вегетацию. В период посева – от 1,10 по участку гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т до 1,15 г/см³ по участку колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т (ячмень); от 1,09 по участку гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т до 1,16 г/см³ по участку колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т (соя). К уборке почва уплотнилась до 1,24 г/см³. В слое 20-50 см плотность почвы около 1,44 г/см³, отклонения по вариантам незначительные. Удельная масса твердой фазы составила в слое 0-20 см – 2,6 г/см³, в слое 20-50 см – 2,7 г/см³.

Общая пористость в начале вегетации в слое 0-20 см на ячмене от 55,8 % к объему (участок колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т) до 57,7 % к объему (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т); на сое – от 55,4 % к объему (участок колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т) до 58,1 % к объему (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т). К концу вегетации уменьшилась по всем вариантам и была около 52 % к объему. В слое почвы 20-50 см общая скважность по вариантам изменялась незначительно. Пористость аэрации по всем участ-

кам в течение вегетации была высокая. Большое значение для роста и развития ячменя и сои имеет содержание влаги в почве. Запасы доступной влаги в слое 0-20 см под посевами ячменя составляли в период прорастания от 10,4 % к объему (участок колесного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т) до 15,6 % к объему (участок колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т и гусеничного тягового класса 4 массой 8,4 т). В период всходов от 9,1 (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т) до 10,4 (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т). В период кущения от 9,2 (участок колесного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т) до 11,5 (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т). В период колошения от 6,2 (участок колесного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т) до 11,4 (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т). В период созревания от 10,9 (участок колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т) до 16,2 % к объему (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т). Под посевами сои запасы доступной влаги в слое 0-20 см в период всходов составляли от 7,4 (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т) до 10,4 (участок колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т). В период появления первого тройчатого листа от 16,6 (участок колесного трактора тягового класса 5 и массой 13,5 т) до 24,3 (участок гусеничного трактора тягового класса 3 и массой 8,1 т). В период цветения от 8,2 (участок колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т) до 21,5 (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 8,0 т). В период боообразования от 11,9 (участок колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т) до 19,3 (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т). В период созревания от 17,1 (участок колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т) до 20,0 % к объему (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т).

Структурное состояние пахотного слоя почвы по всем вариантам опыта оценивается как хорошее. Структура почвы - комковатая, содержание фракции менее 0,25 мм не превышает 35%. Коэффициенты структурности и водо-

прочности по вариантам изменяются незначительно. Зависимость изменения твердости почвы от функционирования системы машин с тракторами различных классов в севообороте не выявлена.

Содержание нитратного азота в период кушения ячменя составляло от 10,5 (участок гусеничного трактора тягового класса 4 массой 8,4 т) до 15,2 мг/кг почвы (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т). Содержание NH_4 - от 17,3 (участок колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т) до 20,5 мг/кг почвы (участок гусеничного трактора тягового класса 4 массой 8,4 т, участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 8,0 т). Реакция почвенного раствора – слабокислая на границе с близкой к нейтральной. По участкам тракторов pH_{KCl} от 5,4 (участок колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т) до 5,6 (гусеничного тягового класса 3 массой 6,5 т и колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т). Гидролитическая кислотность – от 3,4 (участки гусеничного трактора тягового класса 4 массой 8,4 т и колесного тягового класса 5 массой 13,5 т) до 3,7 (участок колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т). Содержание гумуса было близкое к среднему – от 3,78 (участок гусеничного трактора тягового класса 4 массой 8,4 т) до 3,91 % (участок колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т). Обеспеченность фосфором средняя – от 68 (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т) до 90 мг/кг почвы (участок колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т); калием высокая – от 155 (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т) до 181 мг/кг почвы (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т).

В период всходов сои содержание нитратного азота в слое почвы 0-20 см составляло от 13,2 (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т) до 18,1 мг/кг почвы (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т). К уборке сои содержание нитратного азота значительно уменьшилось по всем вариантам. Содержание NH_4 в период всходов составляло от 20,5 (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т) до 25,6 мг/кг почвы (участок колесного трактора тягового класса 5 массой

13,5 т). К периоду уборки содержание NH_4 уменьшилось по всем вариантам. Реакция почвенного раствора слабокислая, pH_{KCl} 5,4 на участке участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т, на остальных участках – 5,3. Содержание гумуса от 3,06 (участок гусеничного трактора тягового класса 4 массой 8,4 т) до 3,77 % (участок колесного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т). Обеспеченность фосфором средняя, калием – высокая по всем участкам. Анализируя результаты агрохимического обследования почв по участкам, можно отметить, что система машин с различными тракторами при возделывании ячменя и сои в севообороте не оказывает существенного влияния на агрохимические характеристики луговой черноземовидной почвы.

Засоренность посевов была высокая по всем вариантам опыта. Общая засоренность посевов ячменя составила 101-132 шт./м², сои – 77-96 шт./м² (таблица 17). Однолетние сорняки в посевах ячменя составили 74-81% от общей засоренности, в посевах сои – 68-85%; многолетние, соответственно, – 19-26% и 15-32%. Преобладающие сорняки: *Artemisia vulgaris* L. (полынь обыкновенная), *Sonchus arvensis* L. (осот полевой), *Galeopsis bifida* Boenn (пикульник двунадрезанный), *Galeopsis bifida* Boenn (просо куриное).

Таблица 17 – Засоренность посевов на экспериментальных участках тракторов, 1986-1996 гг.

Тяговый класс; тип движителя*; масса трактора, т	Всего сорняков, шт./м ²	Однолетние		Многолетние	
		шт./м ²	%	шт./м ²	%
Ячмень					
3 Г 6,5	109	88	81	21	19
4 Г 8,4	132	100	76	32	24
3 К 8,1	126	93	74	33	26
5 К 13,5	110	89	81	21	19
3 Г 8,1	101	78	77	23	23
3 Г 8,0	115	90	78	25	22
Соя					
3 Г 6,5	89	62	70	27	30
4 Г 8,4	96	82	85	14	15
3 К 8,1	77	54	70	23	30
5 К 13,5	87	59	68	28	32
3 Г 8,1	77	65	84	12	16

* Г – гусеничный, К - колесный

Густота посевов, полевая всхожесть и сохранность к уборке по вариантам опыта существенно не отличаются (таблица 18).

Таблица 18 – Густота посевов ячменя и сои на экспериментальных участках тракторов, 1985-1996 гг.

Тяговый класс; тип движителя*; масса трактора, т	Полные всходы, шт./м ²	Перед уборкой, шт./м ²	Полевая всхо- жесть, %	Сохранность к уборке, %
Ячмень				
3 Г 6,5	391,0	320,0	78,2	81,8
4 Г 8,4	393,1	325,2	78,6	82,7
3 К 8,1	381,0	307,1	76,2	80,6
5 К 13,5	390,2	323,0	78,0	82,8
3 Г 8,1	394,1	320,1	78,8	81,2
3 Г 8,0	387,0	305,0	77,4	78,8
Соя				
3 Г 6,5	66,1	49,3	82,6	74,6
4 Г 8,4	66,2	49,8	82,8	75,2
3 К 8,1	65,7	49,3	82,1	75,0
5 К 13,5	64,0	47,4	80,0	74,1
3 Г 8,1	66,1	47,0	82,6	71,1
3 Г 8,0	65,6	48,0	82,0	73,2

* Г – гусеничный, К - колесный

Существенных различий в структуре урожая этих культур по участкам тракторов нет. Число стеблей с колосом – от 499,9 (участок колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т) до 517,5 шт./м² (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т).

Продуктивная кустистость составила от 1,32 (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т) до 1,64 (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 8,0 т). По высоте растений колебания от 71,2 (участок колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т) до 75,0 см (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т). Длина колоса, количество зерен в колосе и масса 1000 зерен по вариантам существенно не различаются (таблица 19).

Таблица 19 – Структура урожая и качество зерна ячменя на экспериментальных участках тракторов, 1985-1996 гг.

Тяговый класс; тип двигателя*; масса трактора, т	Количество, шт./м ²			Кустистость		Отношение соломы к зерну	Высота растений, см	Длина колоса, см	Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Содержание, % (1995,96гг.)	
	растений	стеблей		общая	продуктивная							белок	жир
		общее	с колосом										
3 Г 6,5	325,0	625,4	517,5	1,92	1,59	3,1	72,5	6,6	16	41,9	616,4	12,92	3,36
4 Г 8,4	329,9	622,1	502,2	1,89	1,52	2,0	71,5	6,2	15	41,4	607,3	12,66	3,18
3 К 8,1	308,8	603,0	500,0	1,95	1,62	1,9	74,1	6,3	16	41,8	616,4	13,10	3,34
5 К 13,5	325,2	620,9	499,9	1,91	1,54	1,8	71,2	6,3	15	42,5	619,3	11,96	3,00
3 Г 8,1	384,4	610,8	505,8	1,59	1,32	3,3	75,0	6,7	16	42,0	626,7	-	-
3 Г 8,0	308,3	612,3	504,7	1,99	1,64	2,4	73,5	6,7	15	41,2	620,0	-	-

* Г – гусеничный, К - колесный

Высота растений сои к уборке была от 65,5 (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 8,0 т) до 67,7 см (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т). На одном растении сформировалось от 15,1 (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 8,1 т) до 17,4 шт. (участок гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т). Масса 1000 семян была от 150,5 (участок колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т) до 154,6 г (участок гусеничного трактора тягового класса 4 массой 8,4 т) (таблица 20). Содержание фракций по размерам семян отличается незначительно. Содержание белка и жира в зерне ячменя и семенах сои по вариантам опыта колеблется незначительно.

Биологический урожай ячменя в среднем составил по участку гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т 2,88 т/га, по участку гусеничного трактора тягового класса 4 массой 8,4 т близок к контролю – 2,90 т/га, по остальным участкам урожай ниже, чем в контроле (таблица 21). Отклонения по вариантам несущественные. Биологический урожай сои в среднем за

годы исследований на участке гусеничного трактора тягового класса 3 массой 6,5 т составил 2,13 т/га. По остальным участкам урожай был ниже, чем в контроле - до 1,86 т/га (участок колесного трактора тягового класса 5 массой 13,5 т). Отклонения от контроля незначительные.

Таблица 20 – Структура урожая и качество урожая сои на экспериментальных участках тракторов, 1985-1996 гг.

Тяговый класс; тип двигателя*; масса трактора, т	Количество растений, шт./м ²	Высота, см		Количество, штук на одном растении			Масса 1000 семян, г	Содержание, % (1994, 1996 гг.)	
		растения	прикрепления нижнего боба	ветвей	бобов	семян		белок	жир
3 Г 6,5	49,3	66,1	12,8	0,8	17,4	34,9	154,1	39,57	18,62
4 Г 8,4	49,8	65,9	10,8	1,2	17,0	36,4	154,6	39,35	18,74
3 К 8,1	49,3	67,0	13,2	0,6	17,0	38,9	152,2	39,66	18,67
5 К 13,5	47,4	66,0	11,4	0,8	15,8	31,0	150,5	39,21	18,41
3 Г 8,1	47,0	67,6	10,0	0,5	15,1	30,0	154,0	-	-
3 Г 8,0	48,0	65,5	11,5	1,1	16,0	29,8	151,7	-	-

* Г – гусеничный, К - колесный

Таблица 21 – Урожайность ячменя и сои на экспериментальных участках тракторов, 1985-1996 гг.

Тяговый класс; тип двигателя*; масса трактора, т	т/га	Отклонение от контроля	
		т/га	%
Ячмень			
3 Г 6,5	2,88	контроль	
4 Г 8,4	2,90	0,02	0,69
3 К 8,1	2,69	-0,19	-6,60
5 К 13,5	2,70	-0,18	-6,25
3 Г 8,1	2,85	-0,03	-1,04
3 Г 8,0	2,71	-0,17	-5,90
НСР ₀₅		0,23	
Соя			
3 Г 6,5	2,13	-	-
4 Г 8,4	2,12	-0,01	-0,47
3 К 8,1	1,97	-0,16	-7,51
5 К 13,5	1,86	-0,27	-12,68
3 Г 8,1	2,08	-0,05	-2,35
3 Г 8,0	2,07	-0,06	-2,82
НСР ₀₅		0,36	

* Г – гусеничный, К – колесный

Исследования по оптимизации системы технологий и машин, проведенные на экспериментальных участках в производственных условиях выявили сильную корреляционную взаимосвязь между плотностью почвы и урожайностью ячменя ($r = -0,74$) и сои ($r = -0,87$). Судя по коэффициенту детерминации, около 54% колебаний урожайности ячменя и 87% сои обусловлено изменениями плотности почвы. Увеличению плотности слоя почвы 0-20 см на $0,1 \text{ г/см}^3$ соответствует уменьшение урожая ячменя на $0,88 \text{ т/га}$ и сои на $0,61 \text{ т/га}$. Уравнения регрессии представлены на рисунке 28. По ним можно рассчитать ожидаемую урожайность ячменя при изменении плотности почвы в слое 0-20 см луговой черноземовидной почвы в диапазоне $1,03-1,22 \text{ г/см}^3$ и сои в диапазоне изменения плотности $1,15-1,43 \text{ г/см}^3$.

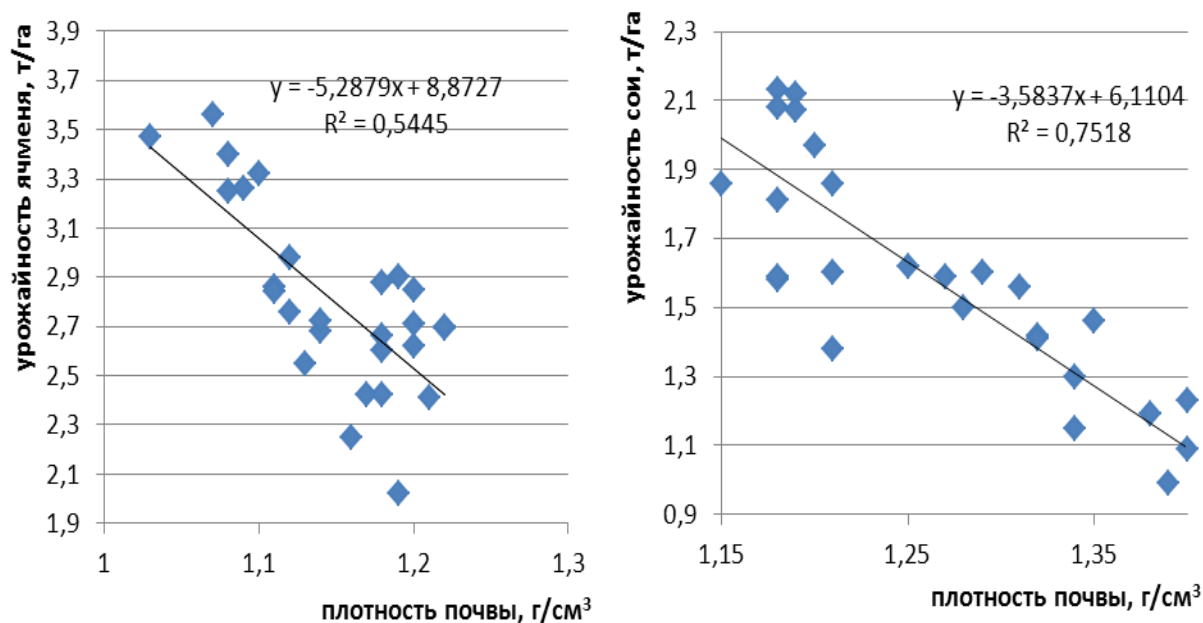


Рисунок 28 – Зависимость урожайности ячменя и сои от плотности почвы в производственных условиях, 1985-1996 гг.

Исследования проведены в производственных условиях на экспериментальных участках площадью 70-80 га, на каждом из которых технологические операции по возделыванию культуры выполнялись агрегатами с определенным трактором тяговых классов 3-5. Наблюдения проводились на закрепленных площадках. Существенных различий по плотности почвы не выявлено. Для выявления и фиксации очагов уплотнения в производствен-

ных условиях на поле и для учета на них урожайности целесообразно использовать методики гис-технологий. Плотность в слое почвы в течение вегетации ячменя находится в пределах от 1,10 до 1,24 г/см³, сои - от 1,09 до 1,25 г/см³, что соответствует оптимальной для роста и развития этих культур. Аэрация пахотного слоя по всем участкам тракторов в течение вегетации высокая, структурное состояние пахотного слоя почвы по всем вариантам хорошее, почва комковатая. Урожай ячменя и сои по вариантам отклоняется незначительно. Для возделывания этих культур можно применять систему машин с любым из исследованных тракторов классов 3-5 кН.

4.6 Результаты исследований по разуплотнению почвы

Тракторы оказывают разное уплотняющее воздействие на почву. Как показали ранее проведенные исследования, чем больше давление трактора на почву, тем его воздействие сильнее. По глубине уплотнение распространяется по-разному. На черноземах уплотнение распространяется на глубину 1 м и более. На дерново-подзолистых почвах отмечают уплотнение до 30 см. Луговые черноземовидные среднеспособные почвы имеют гумусовый горизонт до 30 см. Ниже расположен плотный глинистый слой, несущая способность которого выше, чем верхнего слоя. Учитывая это, можно предположить, что луговая черноземовидная почва уплотняется на глубину около 30 см. Кроме того, почвы относятся к длительно сезонно-мерзлотным. Посев зерновых проводится при оттаивании почвы на глубину около 10 см, значит, уплотняющее воздействие движителей будет распространяться на соответствующую глубину.

При увеличении плотности луговой черноземовидной почвы в корнеобитаемом слое ухудшается водно-воздушный режим, питательный режим, снижается биологическая активность почвы. Как следствие, уменьшается урожайность возделываемых культур. При увеличении давления трактора на почву, а также кратности прохода по одному следу урожайность сельскохо-

зайственных культур снижается еще больше.

Снижение урожая культур от воздействия техники на почву зависит не только от интенсивности уплотнения, но и от площади поля, подвергшейся уплотнению. Базовая технология возделывания ячменя, основанная на отвальной обработке включает 12 операций, сои – 19. Минимализация обработки почвы путем сокращения технологических операций возможна при использовании многооперационных машин, позволяющих провести одновременно предпосевную обработку почвы, посев и послепосевную обработку. Это значительно уменьшает количество проходов трактора полю. При этом поле уплотняется неравномерно. При возделывании ячменя некоторая часть площади уплотняется до 6 раз, сои – до 10 раз, часть площади поля остается неуплотненной (рисунок 29).

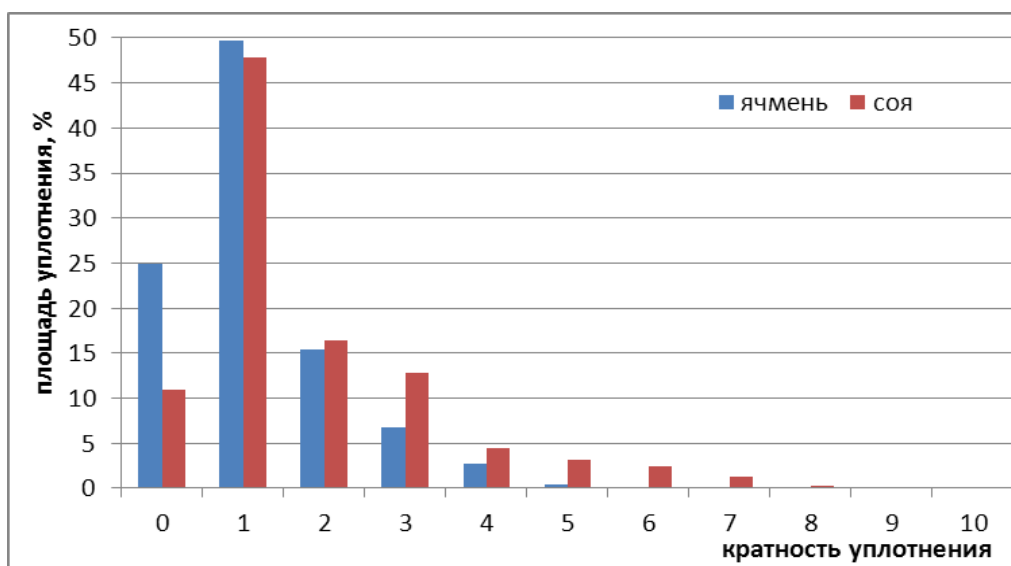


Рисунок 29 – Площадь поля, подвергшаяся уплотнению различной кратности движителями трактора тягового класса 3 с шириной следа гусеницы 390 мм

Графически определена площадь поля, подвергшаяся уплотняющему воздействию движителей различной кратности по всем технологическим операциям, исходя из ширины захвата агрегата и ширины следа трактора. К уборке ячменя неуплотненной площади меньше всего остается при работе трактора тягового класса 5 с шириной следа колеса 720 мм, больше всего – трактора тягового класса 3 с шириной следа колеса 530 мм. К уборке сои

меньше всего уплотненной площади остается при работе трактора тягового класса 3 с шириной следа гусеницы 390 мм, больше всего – трактора тягового класса 3 с шириной следа гусеницы 415 мм (рисунок 30, 31).

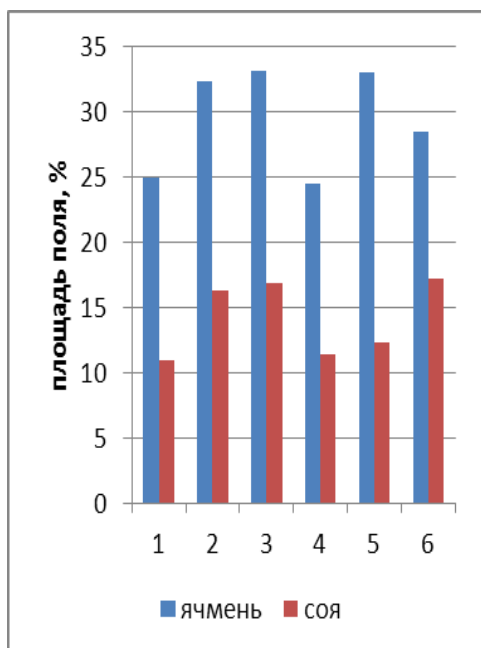


Рисунок 30 – Площадь поля, остающаяся уплотненной (тяговый класс трактора; тип движителя: Г-гусеничный, К – колесный; ширина следа гусеницы/колеса, мм: 1-3;Г;390, 2-4;Г;420, 3-3;К;530, 4-5;К;720, 5-3;Г;415, 6-3;Г;450)

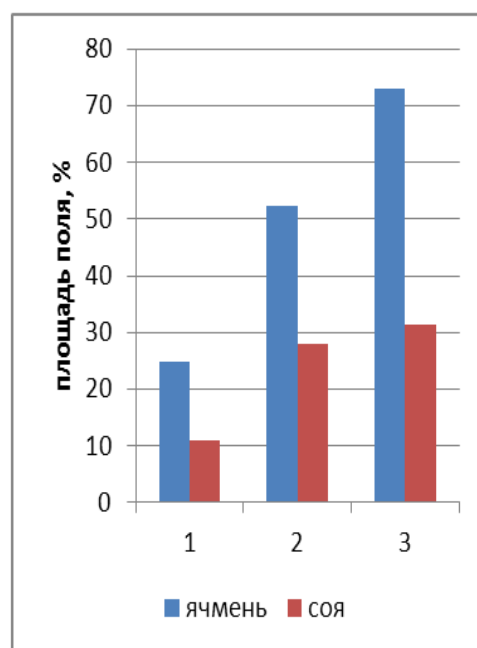


Рисунок 31 – Уплотненная площадь: 1-отвальная, 2-безотвальная осенняя, 3-безотвальная весенняя обработка почвы

В 2000, 2001 гг. проведены опыты с уплотнением почвы трактором тягового класса 1,4 с шириной колеса 330 мм в один, три, пять следов на фоне отвальной вспашки ПЛН-5-35 и безотвальной культивации КПЭ-3,8. По безотвальной обработке плотность в слое 0-20 см в среднем была больше, чем по отвальной, но находилась в оптимальных для ячменя пределах. В начале вегетации в 1,2 раза больше доступной влаги. Это дало возможность получить более дружные и равномерные всходы. В варианте без уплотнения разница в урожайности при различных способах основной обработки составила 0,17, при однократном уплотнении – 0,33; при трехкратном – 0,35; при пятикратном – 0,41 т/га. В среднем урожайность ячменя по безотвальной обработке – существенно выше средней по опыту (рисунок 32).

Полевые опыты с целью выявления возможности снизить отрицательное влияние уплотнения почвы тракторами на урожайность сои (схема опыта 5, раздел 3.3.1) организованы методом расщепленных делянок: междурядная культивация проведена поперек делянок с уплотнением, часть площади делянок с уплотнением оставлена без культивации почвы в междурядьях с уничтожением сорняков гербицидами [89]. Посев в конце мая – начале июня ленточным способом с междурядьями 51x15 см. Культивация посевов в конце июня – начале июля. На рисунке 33 представлены данные по трактору тягового класса 3 с шириной следа гусеницы 390 см. По остальным тракторам наблюдалась подобная зависимость.

После междурядной культивации плотность почвы под посевами сои была на фоне одно - пятикратного уплотнения на $0,01 - 0,10 \text{ г/см}^3$ меньше, чем без культивации. Улучшились и другие агрофизические показатели, увеличились запасы доступной влаги. В вариантах без культивации урожайность сои существенно ниже, с междурядной культивацией - существенно выше, чем средняя по опыту (рисунок 33).

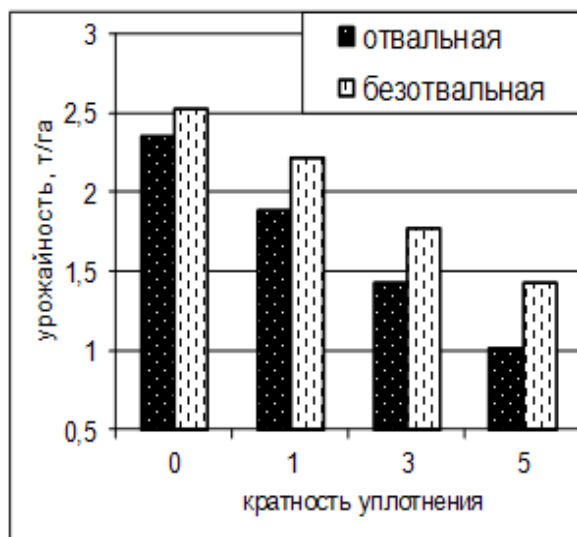


Рисунок 32 – Влияние способов основной обработки почвы на урожайность ячменя (2000, 2001 гг.)
НСР₀₅, т/га: 0,16 для фактора А (способ обработки почвы); 0,22 для фактора В (кратность уплотнения); 0,32 для частных различий.

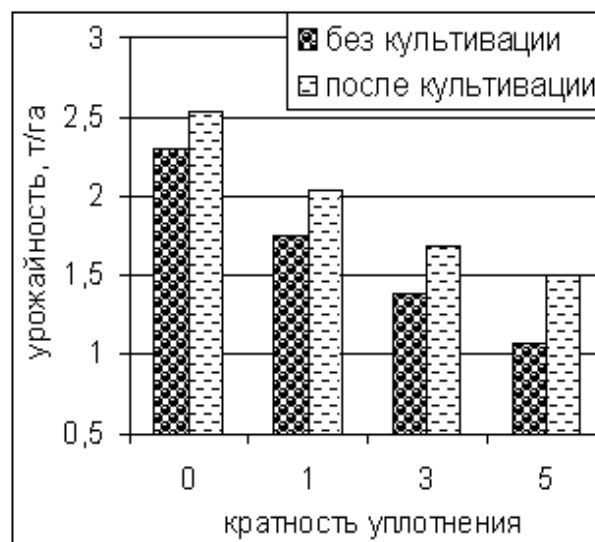


Рисунок 33 – Влияние междурядной культивации на урожайность сои (1999, 2000 гг.)
НСР₀₅, т/га: 0,08 для фактора А (уход за посевами); 0,07 для фактора В (кратность уплотнения); 0,13 для частных различий.

Площадь поля в процессе возделывания ячменя и сои уплотняется неравномерно. Используя расчетно-графический метод определено, что уплотненной площади к уборке больше всего остается при работе тракторов тягового класса 3 с шириной следа гусеницы 415 мм и шириной следа колеса 530 мм. При возделывании ячменя меньше всего однократному уплотнению почва подвергается при работе трактор тягового класса 3 с шириной следа гусеницы 415 мм, трактора тягового класса 3 с шириной следа колеса 530 мм и трактора тягового класса 5 с шириной следа колеса 720 мм; двукратному и трехкратному - при работе тракторов тягового класса 3 с шириной следа гусеницы 415 мм и шириной следа колеса 530 мм; четырех-, пяти-, шестикратному - трактора тягового класса 5 с шириной следа колеса 720 мм. При возделывании сои при работе трактора тягового класса 5 с шириной следа колеса 720 мм значительно сокращается площадь, подвергшаяся одно-, семи-, восьми-, девятикратному уплотнению, десятикратное отсутствует. При работе агрегатов с трактором трактора тягового класса 3 с шириной следа колеса 530 мм сокращается двух- и трехкратное уплотнение. Существенное снижение (до 43% -ячмень, до 50% - соя) урожайности следует ожидать на площади поля, занимаемой уплотнением в три и более следов (10% - ячмень, 26% - соя).

Применение безотвальной обработки почвы позволяет сократить площадь, уплотняемую в три и более следов в 1,65 раз (ячмень) и 1,2 раза (соя). После междурядной культивации плотность почвы под посевами сои была на фоне одно – пятикратного уплотнения на $0,01 - 0,10 \text{ г/см}^3$ меньше, чем без культивации. Улучшились и другие агрофизические показатели, увеличились запасы доступной влаги. В вариантах без культивации урожайность сои существенно ниже, с междурядной культивацией – существенно выше, чем средняя по опыту. При междурядной культивации сои плотность почвы уменьшается на $0,05 - 0,16 \text{ г/см}^3$, повышается аэрация корнеобитаемого слоя. Улучшение почвенных условий жизни приводит к более интенсивному росту сои. Увеличение урожайности сои составляет 26% при трехкратном и 49%

при пятикратном уплотнении по сравнению с вариантами без культивации (уничтожение сорняков при помощи гербицидов). Безотвальную обработку почвы под ячмень и междурядную культивацию сои можно рассматривать как эффективные элементы адаптивной ресурсосберегающей системы технологий возделывания этих культур.

4.7 Выводы по четвертой главе

1. При насыщении почвы влагой 60% полевой влагоемкости ячмень может нормально развиваться при плотности корнеобитаемого слоя до $1,4 \text{ г/см}^3$, соя – до $1,3 \text{ г/см}^3$. В полевых условиях диапазон оптимальной плотности зависит от фактического соотношения капиллярной и некапиллярной пористости. Для получения наибольшей урожайности ячменя луговую черноземовидную почву необходимо поддерживать в состоянии плотности от $1,04$ до $1,27 \text{ г/см}^3$, сои от $1,12$ до $1,30 \text{ г/см}^3$ в слое 0-20 см. Для бурой лесной почвы оптимальной для получения наибольшей урожайности сои можно считать плотность в корнеобитаемом слое от $1,0$ до $1,3 \text{ г/см}^3$. Изменение плотности почвы выше и ниже оптимальных пределов приводит к ухудшению водно-воздушного режима и других условий роста и развития растений, существенно снижается урожай ячменя и сои.

2. По результатам полевых модельных опытов установлено, что увеличение числа проходов тракторов по следу на единицу соответствует снижению урожая ячменя на величину от $0,11$ (трактор с удельным давлением на почву 40-45 кПа) до $0,22 \text{ т/га}$ (трактор с удельным давлением на почву 75-80 кПа), сои на величину от $0,09 \text{ т/га}$ (трактор с удельным давлением на почву 40-45 кПа) до $0,12 \text{ т/га}$ (трактор с удельным давлением на почву 120-125 кПа). На бурой лесной почве при однократном уплотнении трактором с удельным давлением на почву 45-50 кПа плотность увеличивается на 10,6%, при трехкратном – на 13,1%, при пятикратном – на 14,8%. Увеличение кратности уплотнения почвы до трех и более раз существенно снижает урожай-

ность сои. Установлена сильная корреляционная зависимость урожайности от плотности почвы в слое 0-20 см: $r=0,926$ (ячмень), $r=0,954$ (соя). Корреляционные связи существенные. Регрессионная зависимость урожайности от плотности луговой черноземовидной почвы выражается уравнениями: $y=-6,21x+9,87$ (ячмень), $y=-3,0791x+5,299$ (соя). Эти уравнения описывают закономерности в диапазоне плотности от 1,08 до 1,30 г/см³ (под посевами ячменя), от 1,17 до 1,41 г/см³ (под посевами сои).

3. Выявлена дифференциация агрофизических свойств почвы на расстоянии от колеи трактора. На расстоянии 1,5 м от колеи объемная масса почвы оптимальная для роста и развития ячменя и сои. Уплотняющее воздействие тракторов в значительной степени проявляется рядом с колеей, плотность почвы на 0,06 г/см³ больше, чем на расстоянии 1,5 м от колеи. При прохождении агрегатов в период предпосевной обработки почвы под ячмень плотность по колее на 0,03 (трактор с удельным давлением на почву 45-50 кПа) – 0,13 г/см³ (трактор с удельным давлением на почву 120-125 кПа) больше, чем на расстоянии 1,5 м от колеи. На полях сои плотность почвы по колее больше, чем на расстоянии 1,5 м от колеи на 0,09 (трактор с удельным давлением на почву 50-55 кПа) – 0,16 г/см³ (трактор с удельным давлением на почву 120-125 кПа). Урожай сои в рядках, расположенных рядом с колеей, на 14% меньше, чем на расстоянии 1,5 м от колеи вследствие ухудшения агрофизических свойств почвы в области, прилегающей к колее, отрицательно сказывающегося на развитии растений.

4. Для возделывания сои и зерновых культур можно применять систему машин с тракторами тяговых классов 3-5. Исследованиями, проведенными в производственных условиях, выявлено, что на экспериментальных участках площадью 70-80 га, на каждом из которых технологические операции по возделыванию культуры выполнялись агрегатами с определенным трактором тяговых классов 3-5, существенных различий по плотности почвы нет. Плотность в слое почвы в течение вегетации ячменя находится в пределах от 1,10 до 1,24 г/см³, сои – от 1,09 до 1,25 г/см³, что соответствует оптимальной для

роста и развития этих культур. Аэрация пахотного слоя по всем участкам тракторов в течение вегетации высокая, структурное состояние пахотного слоя почвы по всем вариантам хорошее, почва комковатая. Урожай ячменя и сои по вариантам отклоняется несущественно.

5. Неуплотненной площади к уборке больше всего остается при работе тракторов тягового класса 3 с шириной следа гусеницы 415 мм и шириной следа колеса 530 мм. Существенное снижение урожайности следует ожидать на площади поля, занимаемой уплотнением в три и более следов (10% - ячмень, 26% - соя). Применение безотвальной обработки почвы позволяет сократить площадь, уплотняемую в три и более следов в 1,65 раз (ячмень) и 1,2 раза (соя).

6. После междурядной культивации плотность почвы под посевами сои на фоне одно - пятикратного уплотнения уменьшается на 0,01 – 0,10 г/см³, увеличились запасы доступной влаги, повышается аэрация корнеобитаемого слоя. Улучшение почвенных условий жизни приводит к более интенсивному росту сои. Увеличение урожайности сои составляет 26% при трехкратном и 49% при пятикратном уплотнении по сравнению с вариантами без культивации (уничтожение сорняков при помощи гербицидов). Безотвальная обработка почвы под ячмень и междурядная культивацию сои – эффективные элементы адаптивной ресурсосберегающей системы технологий возделывания этих культур.

Глава 5 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПОСЕВА В СИСТЕМЕ ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ

5.1 Результаты опыта по использованию сельскохозяйственных машин для основной обработки почвы в технологии возделывания сои

Для оптимизации системы технологий и машин большое значение имеет выбор наиболее эффективных сельскохозяйственных машин для проведения технологических операций по обработке почвы в оптимальные агротехнические сроки. Экспериментальные исследования для решения этих вопросов проведены в ОАО «Димское» Тамбовского района Амурской области (схема опыта 7, раздел 3.3.1) [91, 98, 99, 379]. Обследование почвы на участке под опыт показало, что почва в конце вегетации ячменя, как предшественника сои, среднеплотная ($1,17 \text{ г/см}^3$). Запасы продуктивной влаги в слое 0-20 см удовлетворительные. После проведения технологических операций согласно схеме опыта наибольшие различия в агрофизических свойствах почвы наблюдались на глубине 10 – 20 см. В среднем по глубине почвы от 0 до 20 см существенно меньшая плотность была после обработки агрегатом К-701+ПЛН-8-40. Существенно больше была влажность почвы при обработке через 2 недели после уборки предшественника (таблица В.1). В начальный период развития сои плотность почвы была удовлетворительной, отклонения по вариантам несущественные от $1,01$ до $1,06 \text{ г/см}^3$ в корнеобитаемом слое. Вследствие более глубокой обработки агрегатом К-701+ПЛН-8-40 в почве было накоплено с осени больше запасов влаги, что имеет большое значение в период прорастания сои (таблица В.2).

В опыте выявлены значительные изменения в структуре соевого агрофитоценоза в зависимости от используемых для обработки почвы сельскохозяйственных машин. Обследованием посевов предшественника установлен

малолетний тип засоренности участка. Преобладающий сорняк – *Eriochloa villosa* (Thbg) Kunth (шерстяк волосистый). Его доля в структуре ячменного агрофитоценоза составляет по количеству 26,4% (сильная засоренность). Многолетние сорные растения присутствуют в посевах ячменя в меньшем количестве – 5,1%. На опытном участке произрастают *Equisetum arvense* L. (хвощ полевой) – корневищный сорняк; корнеотпрысковые: *Sonchus arvensis* L. (осот полевой), *Cirsium arvense* (L.) Scop (бодяк полевой), *Mulgedium sibiricum* Less (молокан сибирский); стержнекорневые: *Artemisia absinthium* L. (полынь горькая), *Artemisia vulgaris* L (полынь обыкновенная). В посевах сои степень засоренности возросла до очень сильной, тип засоренности изменился до корневищного, преобладал *Equisetum arvense* L. (хвощ полевой).

Засоренность составляла от 43,0% при использовании агрегата Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000 в агротехнический срок через 2 недели после уборки предшественника до 65,4% с агрегатом Buhler Versatile + БДМ-8х4. Особое значение имеет существенное на пятипроцентном уровне значимости увеличение доли многолетних сорняков в варианте с Buhler Versatile + БДМ-8х4 (таблица 22).

Таблица 22 – Засоренность посевов сои (% к общему количеству растений) в зависимости от используемых для обработки почвы агрегатов, 2008–2010 гг.

Агротехнический срок (фактор А)	Агрегат для обработки почвы (фактор В)			Среднее (фактор А)
	Buhler Versatile + БДМ-8х4	Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000	К-701 + ПЛН-8-40	
Непосредственно после уборки предшественника	46,8	46,2	35,7	42,9
Через 2 недели после уборки предшественника	40,9	21,7	34,0	32,2
Среднее (фактор В)	43,9	34,0	34,9	37,6
НСР ₀₅ = 9,1 (А); НСР ₀₅ = 11,1 (В); НСР ₀₅ = 15,7 (частные различия)				

Увеличение количества корневищных сорняков привело к существенному на пятипроцентном уровне значимости уменьшению урожайности сои в варианте с дискованием Buhler Versatile + БДМ-8х4 (таблица 23).

Таблица 23 – Урожайность сои (т/га) в зависимости от используемых для обработки почвы агрегатов, 2008–2010 гг.

Агротехнический срок (фактор А)	Агрегат для обработки почвы (фактор В)			Среднее (фактор А)
	Buhler Versatile + БДМ-8х4	Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000	К-701 + ПЛН-8-40	
Непосредственно после уборки предшественника	2,45	2,53	2,60	2,53
Через 2 недели после уборки предшественника	2,16	2,93	2,87	2,65
Среднее (фактор В)	2,31	2,73	2,74	2,59
НСР ₀₅ = 0,15 (А); НСР ₀₅ = 0,18 (В); НСР ₀₅ = 0,25 (частные различия)				

В опыте по использованию Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000, Buhler Versatile + БДМ-8х4, К-701 + ПЛН-8-40 на основной обработке почвы в технологии возделывания сои установлено, что все агрегаты, обеспечивают сою удовлетворительными агрофизическими условиями. Плотность почвы в слое 0 - 20 см колебалась по вариантам от 1,00 до 1,06 г/см³, содержание доступной влаги от 23,6 до 40,5 мм, пористость общая от 59,5 до 61,7 % к объёму и содержание воздуха в почве от 28,1 до 38,9 % к объёму, что характеризует показатели пахотного слоя как удовлетворительные и хорошие. Корреляционный анализ результатов экспериментальных исследований выявил, что между урожайностью сои и плотностью почвы, изменяющейся в удовлетворительном для растений диапазоне, определена средняя несущественная зависимость ($r = -0,38$). Наиболее значимое влияние сельскохозяйственные машины при обработке почвы оказали на засоренность посевов. Обработка почвы агрегатом Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000 через 2 недели после уборки предшественника снижает на 27% долю многолетних сорняков в структуре соевого агрофитоценоза по сравнению с обработкой почвы агрегатом Buhler Versatile + БДМ-8х4 непосредственно после уборки предшественника. Корреляционная зависимость урожайности сои от количества сорняков сильная ($r = -0,97$). Корреляционная

связь существенная. Увеличение количества корневищных сорняков привело к существенному на пятипроцентном уровне значимости уменьшению урожайности сои в варианте с дискованием Buhler Versatile + БДМ-8х4.

5.2 Влияние прямого посева на урожайность сои

Влияние прямого посева на урожайность сои исследовано в опытах, проведенных в 2012-2016 годах в производственных условиях базового хозяйства АО «Луч» Ивановского района Амурской области (схема опыта 8, раздел 3.3.1) [256, 257]. Почвенные и растительные образцы отбирали в десяти метрах от края поля, в пятидесяти метрах от края и в центре поля, для того, чтобы учесть пространственную дифференциацию агрофизических свойств почвы. Наибольшее уплотнение ожидается на краю поля на поворотной полосе, где наблюдается наибольшее воздействие на почву сельскохозяйственной техники при поворотах, переездах, транспортировке семян, удобрений, урожая. В десяти метрах от края поля в слое от 0-20 см плотность больше, чем в пятидесяти метрах от края на $0,07 \text{ г/см}^3$, чем в центре – на $0,14 \text{ г/см}^3$. После уборки предшественника проводилась обработка почвы агрегатами: К-701 + ПЛН-8-35, Buhler Versatile + Salford 9715 CTS, К-701 + КУП-6, К-701 + БДМ-8х4П. Делянки под прямой посев (Buhler Versatile + Amazone Primera DMC-12000) оставлены без обработки.

Установлено, что наибольшее разуплотняющее воздействие в процессе основной обработки почвы оказывают глубокое рыхление Buhler Versatile + Salford 9715 CTS и отвальная вспашка К-701 + ПЛН-8-35 по сравнению с культивацией К-701 + культиватор КУП-6 и дискованием К-701 + БДМ-8х4П. В начале вегетации сои плотность почвы по вариантам опыта рыхлая и среднеплотная (рисунок 34). В посевах предшественника перед уборкой степень засоренности – средняя, тип засоренности – малолетне-корневищный. Под посевами сои степень засоренности увеличилась до сильной. Преобладали: *Echinochloa crus-galli* L. (просо куриное), *Equisetum*

arvensis L. (хвощ полевой). Наибольшую долю в структуре агрофитоценоза многолетние сорные растения занимали в вариантах с К-701 + БДМ-8х4П и прямым посевом (рисунок 35).

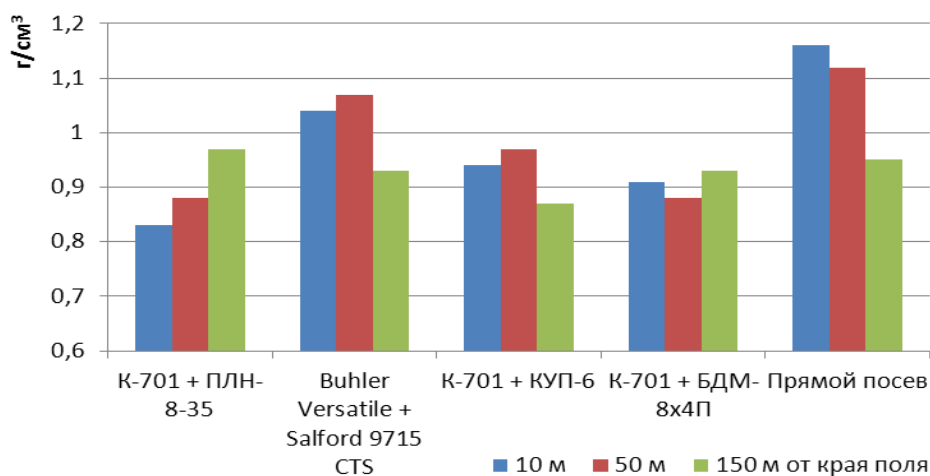


Рисунок 34 – Плотность под посевами сои в зависимости от обработки и расстояния от края поля, слой почвы 0-20 см (2015, 2016 гг.)

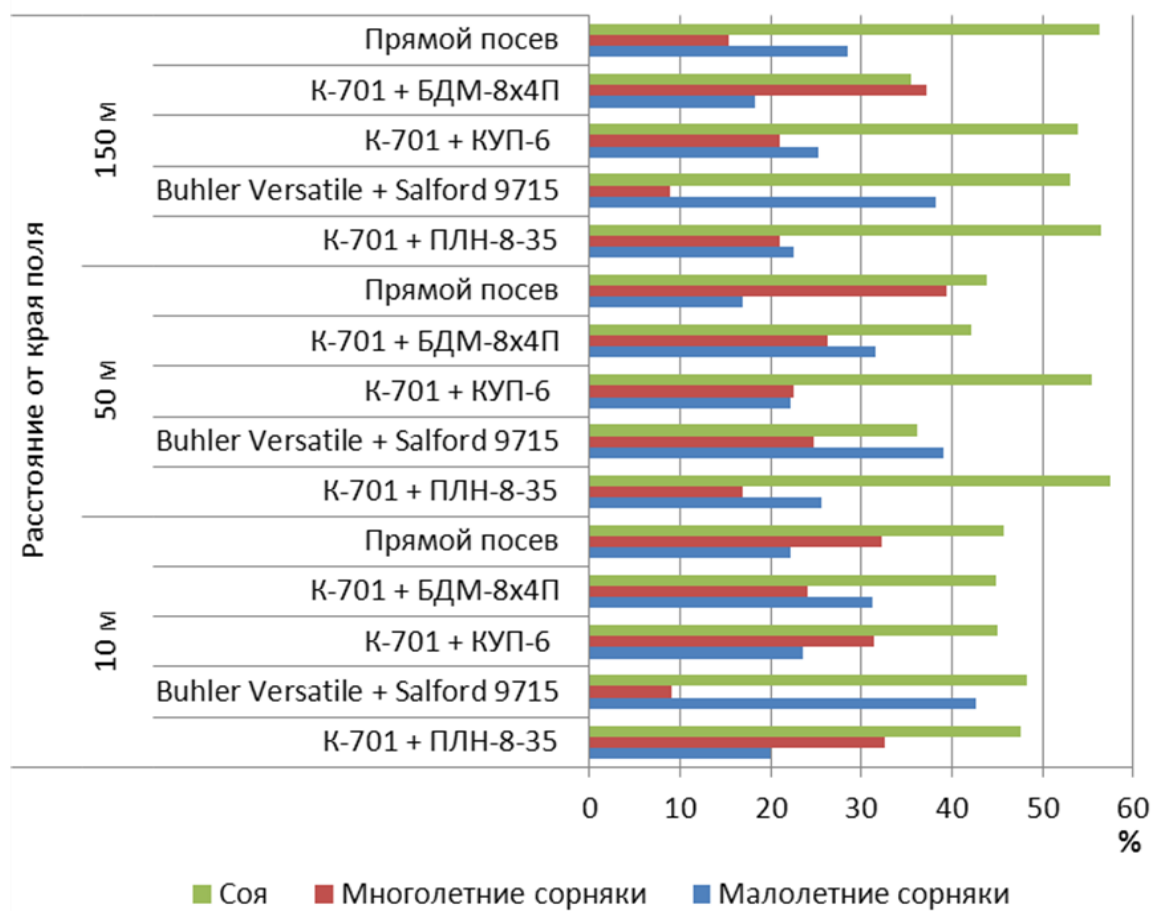


Рисунок 35 – Засоренность посевов сои, % от общего количества растений (2015, 2016 гг.)

По обработке почвы в 2013 году существенных различий в урожайности не выявлено. Существенное увеличение урожайности сои на расстоянии 50 м от края поля.

В среднем по опыту урожайность составила 1,84 т/га. Существенное увеличение урожайности отмечено в вариантах с агрегатом К-701 + ПЛН-8-35. В среднем за годы исследований (таблица 24) существенное увеличение урожайности отмечено в вариантах с отвальной вспашкой.

Таблица 24 – Влияние прямого посева на урожайность сои, т/га (2015, 2016 гг.).

Обработка почвы (фактор А)	Расстояние от края поля (фактор В)			Средние (фактор А)
	10 м	50 м	150 м	
К-701 + ПЛН-8-35	2,42	2,17	2,18	2,26
Buhler Versatile + Salford 9715 CTS	1,82	1,88	1,94	1,88
К-701 + КУП-6 (конструкции ДальНИИМЭСХ)	1,64	1,62	1,59	1,62
К-701 + БДМ-8х4П	2,01	2,00	1,32	1,78
Прямой посев (Buhler Versatile + Amazone Primera DMC-12000)	1,65	1,75	1,57	1,66
Средние (фактор В)	1,91	1,88	1,72	1,84
НСР ₀₅ = 0,24 (А); НСР ₀₅ = 0,19 (В); НСР ₀₅ = 0,42 (частные различия)				

Наибольшее разуплотняющее воздействие в процессе основной обработки почвы оказывают глубокое рыхление Buhler Versatile + Salford 9715 CTS и отвальная вспашка К-701 + ПЛН-8-35 по сравнению с культивацией К-701 + культиватор КУП-6 (конструкция ДальНИИМЭСХ) и дискованием К-701 + БДМ-8х4П. Дискование К-701 + БДМ-8х4П в качестве основной обработки почвы и прямой посев Buhler Versatile + Amazone Primera DMC-12000 приводят к значительному увеличению в структуре агрофитоценоза многолетних сорных растений. Существенное увеличение урожайности сои обеспечивает применение К-701 + ПЛН-8-35 при основной обработке почвы.

5.3 Дополнительная обработка почвы под сою после распашки многолетних трав

Многолетние травы – отличный предшественник для сои. Для характе-

ристики участка под опыт (схема опыта 9, раздел 3.3.1) проведено обследование почвы под посевами многолетних трав. Установлено, что в слое 0-20 см почва плотная, в слое 20-50 см – очень плотная. В корнеобитаемом слое плотность находится в пределах, оптимальных для развития растений. Содержание воздуха - 25,3% к объему почвы, высокая аэрация почвы, удовлетворительные запасы продуктивной влаги. После распашки отмечены изменения агрофизических свойств почвы. Плотность почвы в слое 0-20 см уменьшилась на 0,13 г/см³ (распашка в первой декаде июля) – 0,18 г/см³ (распашка в первой декаде августа). Полевая влагоемкость увеличилась на 1,8-7,2 % к объему почвы. Содержание воздуха увеличилось на 2,6-8,9 % к объему почвы. Объем пор, заполненных влагой, по первому сроку распашки увеличился за счет накопления осадков на 2,3 %. Второй вариант распашки проводился через месяц после первого. В течение этого периода почва находилась в уплотненном состоянии, осадки не накапливались. Запасы продуктивной влаги по первому сроку распашки увеличились на 7,2 мм, по второму остались без изменений и были меньше, чем по первому сроку распашки.

В посевах донника малолетние сорняки занимали незначительную долю: встречается *Avena fatua* L. (овсюг обыкновенный) – 1,43 % от общего количества растений, составляющих агрофитоценоз. Многолетние сорняки составляют большую часть – 79,29 %. Наблюдается очень сильная степень засоренности. Преобладает *Elytrigia repens* L. (пырей ползучий) – 62,14 %. Тип засоренности – корневищный (таблица В.3). После распашки многолетних трав отмечены изменения. В посевах сои после многолетних трав тип засоренности определяется как корневищный, степень засоренности – сильная. В структуре агрофитоценоза сорные растения занимают меньшую долю, чем в структуре агрофитоценоза предшественника. Количество стеблей пырея ползучего уменьшилось в 20 раз. Наименьшая засоренность в варианте с дополнительной обработкой культиватором по первому сроку распашки. Тип засоренности здесь малолетнее-корневищный, степень засоренности – средняя, преобладают *Acalypha australis* L. (акалифа южная) и *Equisetum arvense* L.

(хвощ полевой). Больше всего сорняков в варианте без дополнительной обработки. Тип засоренности – корневищный, степень засоренности очень сильная (таблица В.4).

Установлено, что высота растений сои, посеянной после многолетних трав, распаханых в июле, достоверно превосходит высоту растений второго срока распашки, кроме варианта с дополнительной обработкой дискатором Buhler Versatile+БДМ-8. Высота прикрепления нижних бобов по вариантам варьировала от 9,55 до 16,86 см. Выявлено, что данный показатель в первый срок распашки с дополнительной обработкой Buhler Versatile+БДМ-8 существенно отличался от варианта дополнительной обработки культиватором Buhler Versatile+Morris. Количество узлов на главном стебле варьировало по первому сроку от 8 до 12 шт., по второму от 8 до 9 шт. Количество бобов варьировало от 13 до 28 шт. при первом сроке распашки и от 11 до 17 шт. при втором. При сравнении разных сроков одной и той же обработки отмечена тенденция увеличения количества семян в первый срок при дополнительной обработке культиватором Buhler Versatile+Morris и дискатором Buhler Versatile+БДМ-8.

Полученная при первом сроке распашки урожайность сои во всех вариантах, достоверно превосходит урожайность второго срока на 0,5-0,9 т/га (таблица 25).

Таблица 25 – Влияние агрегатов для дополнительной обработки почвы после распашки многолетних трав на урожайность сои (т/га), 2008 г.

Вариант распашки (фактор А)	Дополнительная обработка в первой декаде октября (фактор В)			Среднее (фактор А)
	без дополнительной обработки	культивация Buhler Versatile+Morris	дискование Buhler Versatile +БДМ-8	
Первая декада июля	2,48	2,37	2,35	2,40
Первая декада августа	1,89	1,84	1,43	1,72
Среднее (фактор В)	2,18	2,11	1,89	2,06
НСР ₀₅ = 0,23 (А); НСР ₀₅ = 0,29 (В); НСР ₀₅ = 0,40 (частные различия)				

Дисперсионный анализ данных опыта показал существенное увеличение урожайности сои, посеянной после многолетних трав, распаханых в первой декаде июля. Урожайность сои, посеянной после дополнительной обработки почвы культиватором Buhler Versatile+Morris, существенно превосходит Buhler Versatile +БДМ-8.

5.4 Оценка агрегатов для посева сои по агротехническим показателям

Машинно-тракторный парк пополняется тракторами и сельскохозяйственными машинами для обработки почвы, посева и уборки. Для того, чтобы наиболее эффективно использовать новые средства механизации, в базовых хозяйствах Амурской области проводится их производственная проверка. По агротехническим параметрам оценивали работу посевных агрегатов в производственных условиях ОАО «Димское» и ЗАО «Агрофирма АНК» в 2007, 2008 гг. [90]. Для более полной оценки работы посевных агрегатов проведены наблюдения за растениями, дана фитосанитарная оценка состояния посевов, учтена урожайность сои.

Одновременность и дружность всходов зависит от качества посева: глубины заделки, равномерности распределения семян. Глубина заделки семян по вариантам варьировала от 4,9 до 6,8 см (таблица 26). Наибольшая выравненность по глубине достигнута при посеве агрегатами Buhler Versatile + Sunflower и Buhler Versatile + Salford 4050.

Удовлетворительная оценка качества заделки семян при посеве Buhler Versatile + Sunflower и Buhler Versatile + Salford 4050, плохая при посеве МТЗ-80 + С-6ПМ1 и ДТ-75М + ЗСЗ-3,6. Коэффициент вариации количества семян в рядке наибольший при посеве Buhler Versatile + Sunflower и ДТ-75М + ЗСЗ-3,6 (53 и 58 %). Наблюдалось очень плохое распределение семян в рядке при работе всех агрегатов.

Таблица 26 – Оценка работы агрегатов на посеве сои по показателям качества, АО «Димское»

Показатель качества посева	Посевной агрегат			
	Buhler Versatile + Sunflower	Buhler Versatile + Salford 4050	МТЗ-80 + С-6ПМ1	ДТ-75М + 3СЗ-3,6
Глубина заделки семян, см	5,7	4,9	5,5	6,8
Коэффициент выравненности по глубине, %	85,4	86,4	84,8	81,6
Оценка качества заделки семян по глубине	удовлетворительно	удовлетворительно	плохо	плохо
Коэффициент вариации количества семян в рядке, %	53,8	40,9	32,4	58,5
Оценка равномерности распределения семян в рядке	очень плохо	очень плохо	очень плохо	очень плохо
Количество незаделанных семян, шт./м ²	16	0	0	0

Сравнительный анализ травмированности семян выявил, что наименьший процент травмированности был в автомобиле 0,85-1,95 %. При перемещении семян в бункер травмированность возросла до 0,99-2,08 %, в сошник до 2,21 – 4,56 % (таблица 27). Меньше всего семена были травмированы в варианте ДТ-75М + 3СЗ-3,6, в зависимости от места отбора от 0,85 до 2,88%. В сошнике варианта Buhler Versatile + Salford 4050 наибольший процент травмированности – 4,5 %.

Таблица 27 – Степень травмированности семян сои при посеве, %

Посевной агрегат	Место отбора образца		
	автомобиль	бункер	сошник
Buhler Versatile + Sunflower	1,95	2,07	2,88
Buhler Versatile + Salford 4050	1,37	2,08	4,56
МТЗ-80 + С-6ПМ1	1,41	1,79	2,21
ДТ-75М + 3СЗ-3,6	0,85	0,99	2,88

Корневая гниль распространена по всем вариантам опыта. Варьирование пораженности от 14,4 до 53,6 % при поражении растений от 1 до 2 баллов, что ниже экономического порога вредоносности, объясняемое засушливыми условиями года.

Засоренность посевов сои, учтенная в первой декаде августа, от 35,03% в варианте Buhler Versatile + Sunflower до 54,20% в варианте ДТ-75М + 3СЗ-3,6. Тип засоренности в варианте Buhler Versatile + Sunflower – малолет-

нее-корневищный (преобладающие сорняки: *Eriochloa villosa* Kunth. (шерстяк волосистый) – яровой ранний и *Elytrigia repens* L. (пырей ползучий) – корневищный), в остальных вариантах – малолетний. В варианте Buhler Versatile + Salford 4050 преобладают яровые поздние; в варианте МТЗ-80 + С-6ПМ1: яровой поздний; в варианте ДТ-75М + ЗСЗ-3,6: яровой ранний, яровой поздний. Многолетние сорняки составляют в структуре агрофитоценоза сои от 8,40 % в варианте с ДТ-75М + ЗСЗ-3,6 до 14,65 % в варианте с Buhler Versatile + Sunflower. Встречаются стержнекорневые сорняки. Корневищные сорняки представлены *Elytrigia repens* L. (пырей ползучий). Среди корнеотпрысковых сорняков встречаются *Cirsium arvense* (бодяк полевой) и *Mulgedium sibiricum* Less. (осот полевой).

Оценка хозяйственно-ценных признаков растений сои, выращенных при разных вариантах посева показала, что более высокорослые растения были в варианте Buhler Versatile + Salford 4050 – 56 см. Самые низкорослые растения отмечены в варианте МТЗ-80 + С-6ПМ1 – 48 см. Растения в вариантах Buhler Versatile + Sunflower и ДТ-75М + ЗСЗ-3,6 были ниже, чем в варианте Buhler Versatile + Salford 4050 на 5 см. Высота прикрепления нижнего боба от 11 до 14 см (таблица 28).

Таблица 28 – Зависимость урожайности и хозяйственно-ценных признаков от посева различными агрегатами, АО «Димское».

Признак	Посевной агрегат				НСР ₀₅
	Buhler Versatile + Sunflower	Buhler Versatile + Salford 4050	МТЗ-80 + С-6ПМ1	ДТ-75М + ЗСЗ-3,6	
Высота растения, см	51	56	48	51	5,0
Высота прикрепления нижнего боба, см	11	14	14	13	2,9
Количество узлов на главном стебле, шт.	7	7	5	6	1,5
Количество бобов, шт.	12	15	8	9	3,3
Количество семян, шт.	22	25	16	17	6,8
Масса семян с 1 растения, г	3,0	3,3	1,8	2,4	0,8
Масса 1000 семян, г	135,5	129,2	135,9	137,1	19,2
Количество растений на 1 м ²	87,2	89,6	108,0	140,8	31,7
Урожайность, т/га	2,6	2,8	1,9	3,1	0,55

Количество бобов положительно коррелирует с количеством семян на растении. По массе семян с одного растения наилучшие варианты: Buhler Versatile + Salford 4050 и Buhler Versatile + Sunflower. Эти варианты достоверно превышали варианты МТЗ-80 + С-6ПМ1 и ДТ-75М + ЗСЗ-3,6 по массе семян с растения на 40 % и 20 %, соответственно. Анализ массы 1000 семян показал, что различия по вариантам незначительные, в пределах ошибки опыта. Масса 1000 семян по вариантам варьировала от 129,2 г до 137,1 г.

Анализ густоты посевов на момент уборки показал, что норма высева семян в некоторых вариантах была завышена. Поэтому целесообразно для оценки эффективности брать продуктивность и урожайность варианта Buhler Versatile + Salford 4050, где с количеством растений на 1 м² 89 шт. масса семян с 1 растения наибольшая 3,3 г и урожайность составила 2,8 т/га.

Качество посева сои сеялкой Amazone 09-60-Super определялось на полях агрофирмы ЗАО «Агрофирма АНК». Средняя глубина заделки семян составила от 3,2 до 5,3 см, что соответствует агротехническим требованиям. Колебания по глубине заделки от 0 до 7,5 см (Buhler Versatile + Salford AC 240). Равномерность глубины заделки семян плохая. Качество посева по равномерности распределения семян в рядке плохое и очень плохое. Наибольшее их количество в варианте Buhler Versatile + Salford T 1200, наименьшее – в варианте Buhler Versatile + Salford AC 240 (таблица В.5).

Засоренность посевов сои составила от 35,1 % в варианте Buhler Versatile + Salford AC 240 до 47,3 % в варианте Foton + Amazone 09-60-Super. Степень засоренности сильная. Тип засоренности в варианте Foton + Amazone 09-60-Super – малолетний, в остальных вариантах – малолетнеекорневищный. Преобладали *Acalypha australis* L. (акалифа южная), *Eriochloa villosa* Kunth. (шерстяк волосистый), *Egisetum arvense* L. (хвощ полевой). Многолетние сорняки составляют от 9,8 % в варианте Foton + Amazone 09-60-Super до 25,8 % в варианте Buhler Versatile + Salford T 1200.

Высота растений в варианте Foton+Amazone 09-60-Super – 58 см, в двух других изучаемых вариантах высота растений была выше на 8,5 %. Досто-

верных различий по высоте прикрепления нижних бобов не установлено. Несмотря на то, что растений в варианте Foton+Amazone 09-60-Super низкорослыми, количество узлов на них образовалось больше по сравнению с другими вариантами на 3-29 %. Существенная разница по количеству семян на 24 % и 33 % отмечена между вариантами Buhler Versatile+Salford T 1200 и Foton+Amazone 09-60-Super; Buhler Versatile+Salford T 1200 и Buhler Versatile+Salford AC 240, соответственно. Количество бобов в вариантах Foton+Amazone 09-60-Super и Buhler Versatile+Salford T 1200 существенно превосходит вариант Buhler Versatile+Salford AC 240 на 33%. Масса семян наибольшая в варианте Buhler Versatile+Salford T 1200, достоверно превосходила другие варианты на 25 % (таблица 29). При разной массе семян с одного растения масса 1000 семян в вариантах Foton+Amazone 09-60-Super и Buhler Versatile+Salford T 1200 была одинаковой и составила 128 грамм. Масса 1000 семян в варианте Buhler Versatile+Salford AC 240 превышала на 4%.

Таблица 29 – Масса семян сои, ЗАО «Агрофирма АНК»

Посевной агрегат	Масса семян на одном растении, г	Масса 1000 семян, г
Foton+Amazone 09-60-Super	3,40	128,98
Buhler Versatile + Salford AC 240	3,07	132,54
Buhler Versatile + Salford T 1200	4,63	128,14
НСР ₀₅	0,99	11,47

Дисперсионный анализ биологической урожайности не выявил существенных различий (таблица 30). Отмечена тенденция к увеличению урожайности в варианте с сеялкой Amazone 09-60-Super.

Таблица 30 – Биологическая урожайность сои, ЗАО «Агрофирма АНК»

Посевной комплекс	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
		т/га	%
Foton+Amazone 09-60-Super	1,78	контроль	
Buhler Versatile + Salford AC 240	1,72	-0,06	-3,4
Buhler Versatile + Salford T 1200	1,73	-0,05	-2,8
НСР ₀₅		0,35	

При движении по недостаточно хорошо выровненной поверхности исследуемые посевные комплексы не обеспечивают хорошее качество заделки семян сои. Затруднен контроль поступления семян в сошники, особенно часто семяпроводы забиваются в посевном комплексе Buhler Versatile + Morris Concept. Наименьшая травмированность семян в сошнике СЗ-3,6; наибольшая Salford 4050. Наибольшая биологическая урожайность сои в варианте ДТ-75М + ЗСЗ-3,6 3,1 т/га. Наименьшая урожайность в варианте МТЗ-80 + С-6ПМ1 - 1,9 т/га. Различия существенные на пятипроцентном уровне значимости. В вариантах Buhler Versatile + Salford 4050 и Buhler Versatile + Sunflower урожайность несущественно меньше варианта ДТ-75М + ЗСЗ-3,6 и существенно больше варианта МТЗ-80 + С-6ПМ1.

Посев агрегатом Foton + Amazone 09-60-Super позволяет получить более высокий урожай сои по сравнению с посевом агрегатами Buhler Versatile + Salford AC 240 и Buhler Versatile + Salford T 1200. Средняя глубина заделки семян составила от 3,2 до 5,3 см, что соответствует агротехническим требованиям. Колебания по глубине заделки от 0 до 7,5 см (Buhler Versatile + Salford AC 240). Оценка равномерности глубины заделки семян характеризовалась как плохая. Качество посева по равномерности распределения семян в рядке плохое и очень плохое. Наибольшее количество семян, оставшихся на поверхности в варианте Buhler Versatile + Salford T 1200, наименьшее – в варианте Buhler Versatile + Salford AC 240.

5.5 Выводы по пятой главе

1. В опыте по использованию на основной обработке почвы в технологии возделывания сои Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000, Buhler Versatile + БДМ-8х4, К-701 + ПЛН-8-40 установлено, что все агрегаты, обеспечивают сою удовлетворительными агрофизическими условиями. Плотность почвы в слое 0-20 см колеблется от 1,00 до 1,06 г/см³, содержание доступной влаги от 23,6 до 40,5 мм, пористость общая от 59,5 до 61,7 % к

объёму и содержание воздуха в почве от 28,1 до 38,9 % к объёму, что характеризует показатели пахотного слоя как удовлетворительные и хорошие. Обработка почвы агрегатом Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000 через 2 недели после уборки предшественника снижает на 27% долю многолетних сорняков в структуре соевого агрофитоценоза по сравнению с обработкой почвы агрегатом Buhler Versatile + БДМ-8х4 непосредственно после уборки предшественника. Корреляционная зависимость урожайности сои от количества сорняков сильная ($r = -0,97$). Корреляционная связь существенная. Увеличение количества корневищных сорняков привело к существенному на пятипроцентном уровне значимости уменьшению урожайности сои в варианте с дискованием Buhler Versatile + БДМ-8х4.

2. Наибольшее разуплотняющее воздействие в процессе основной обработки почвы оказывают глубокое рыхление Buhler Versatile + Salford 9715 CTS и отвальная вспашка К-701 + ПЛН-8-35 по сравнению с культивацией К-701 + культиватор КУП-6 (конструкция ДальНИИМЭСХ) и дискованием К-701 + БДМ-8х4П. Дискование К-701 + БДМ-8х4П в качестве основной обработки почвы и прямой посев Buhler Versatile + Amazone Primavera DMC-12000 приводят к значительному увеличению в структуре агрофитоценоза многолетних сорных растений. Существенное увеличение урожайности сои обеспечивает применение К-701 + ПЛН-8-35 при основной обработке почвы.

3. Существенно увеличивается урожайность сои, посеянной после многолетних трав, распаханых в первой декаде июля по сравнению с распашкой в первой декаде августа. Урожайность сои, посеянной после дополнительной обработки почвы культиватором Buhler Versatile+Morris, существенно превосходит Buhler Versatile +БДМ-8.

4. Для обеспечения хорошего качества заделки семян сои посевными комплексами Morris Concept, Salford 4050 необходима хорошо выровненная поверхность поля и контроль поступления семян в сошники. Наименьшая травмированность семян в сошнике СЗ-3,6; наибольшая Salford 4050.

Наибольшая биологическая урожайность сои в варианте ДТ-75М + ЗСЗ-3,6 – 3,1 т/га. В вариантах Buhler Versatile + Salford 4050 и Buhler Versatile + Sunflower урожайность несущественно меньше варианта ДТ-75М + ЗСЗ-3,6 и существенно больше варианта МТЗ-80 + С-6ПМ1.

5. Посев агрегатом Foton + Amazone 09-60-Super позволяет получить более высокий урожай сои по сравнению с посевом агрегатами Buhler Versatile + Salford AC 240 и Buhler Versatile + Salford T 1200. Средняя глубина заделки семян составила от 3,2 до 5,3 см, что соответствует агротехническим требованиям. Колебания по глубине заделки от 0 до 7,5 см (Buhler Versatile + Salford AC 240). Оценка равномерности глубины заделки семян характеризовалась как плохая. Качество посева по равномерности распределения семян в рядке плохое и очень плохое. Наибольшее количество семян, оставшихся на поверхности в варианте Buhler Versatile + Salford T 1200, наименьшее – в варианте Buhler Versatile + Salford AC 240.

Глава 6 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНЫХ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ В СИСТЕМЕ ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

6.1 Результаты полевого модельного опыта возделывания ячменя на уплотненном фоне

Модельный полевой опыт с целью выявления эффективности возделывания ячменя по отвальной и безотвальной технологии на уплотненном фоне (схема опыта 10, раздел 3.3.1) проведен на опытном поле Дальневосточного ГАУ [93, 94, 100]. В вариантах без уплотнения, как по отвальной технологии, так и по безотвальной плотность меньше средней по опыту, а при трех- и пятикратном уплотнении больше. Различия существенные на пятипроцентном уровне значимости (таблица Г.1).

Полевая влагоемкость под посевами ячменя, возделываемого по безотвальной технологии, в варианте без уплотнения больше, чем по отвальной на 3,0% к объему почвы. Общая пористость хорошая, уменьшается с увеличением количества проходов трактора по следу. Существенное уменьшение запасов доступной влаги отмечено в варианте без уплотнения под посевами ячменя, возделываемого по безотвальной технологии.

Засоренность посевов ячменя увеличиваются при увеличении количества проходов трактора по следу. Засоренность многолетними сорняками по количеству и по массе существенно меньше по отвальной технологии, чем по безотвальной (таблица Г.2). Возделывание ячменя по безотвальной технологии приводит к увеличению количества и массы многолетних сорняков, особенно при уплотнении тракторами с удельным давлением на почву 80-85 и 120-125 кПа (рисунок 36). Общая засоренность выше в варианте трактора с удельным давлением на почву 120-125 кПа, наименьшую с удельным давлением на почву 80-85 кПа.

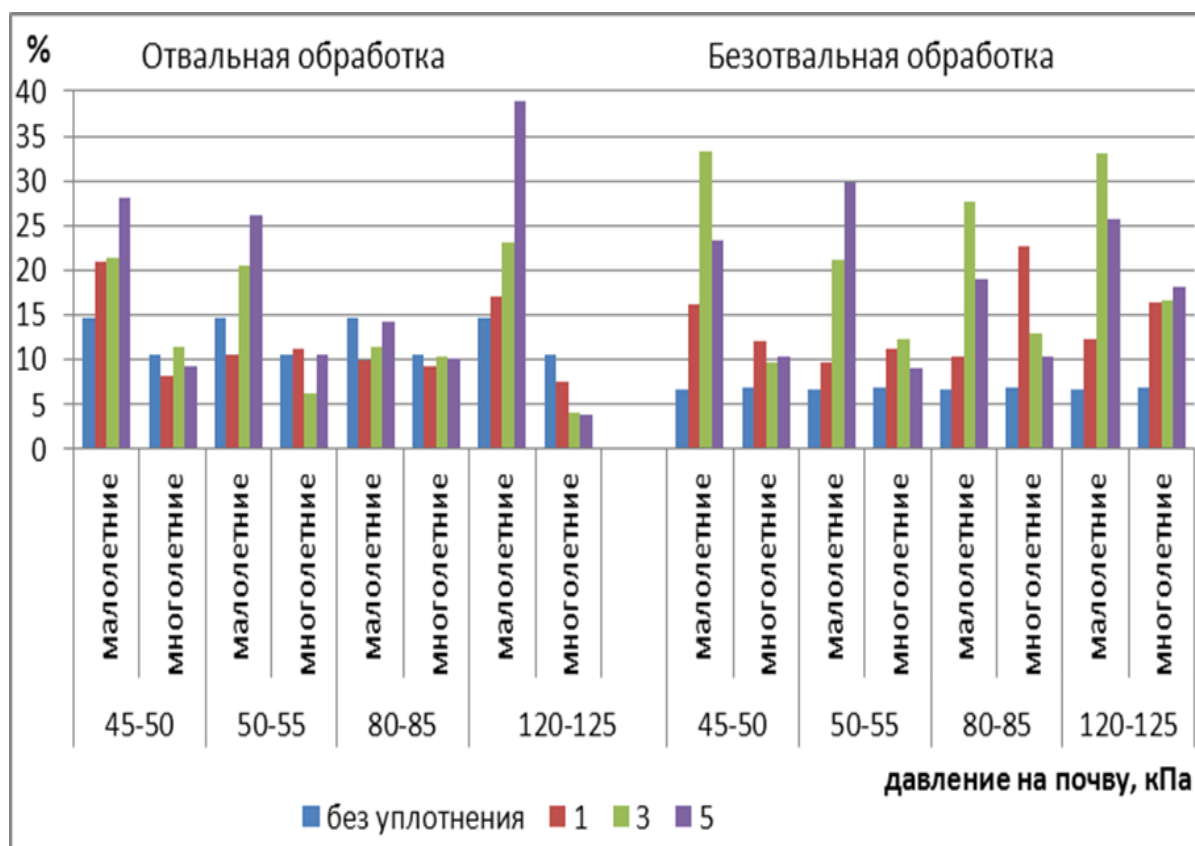


Рисунок 36 – Засоренность посевов ячменя, % по количеству (2005, 2007, 2008 гг.)

К уборке густота посевов с увеличением кратности проходов тракторов по полю уменьшалась. Количество стеблей общее и с колосом уменьшалось с увеличением количества проходов трактора по следу, как по отвальной, так и при безотвальной технологии. По безотвальной технологии общая кустистость меньше, отношение соломы к зерну больше, чем по отвальной (таблица Г.3).

Уровень засоренности по безотвальной технологии выше, при увеличении уплотнения сорняки оказывает большее угнетающее воздействие на ячмень, чем по отвальной технологии. Урожайность ячменя, возделываемого по отвальной технологии существенно больше, а по безотвальной – существенно меньше средней по опыту (таблица 31). Безотвальная обработка существенно снижает Урожайность ячменя, возделываемого по безотвальной обработке, снижается при трех – и пятикратном уплотнении на 0,15 и 0,22 т/га, а по отвальной технологии при пятикратном на 0,16 т/га.

Таблица 31 – Урожайность ячменя в зависимости от возделывания на уплотненном фоне по безотвальной технологии, т/га (2005, 2007, 2008 гг.)

Удельное давление трактора на почву, кПа (фактор В)	Количество проходов трактора по следу (фактор С)				Среднее по взаимодействию АВ НСР ₀₅ =0,13	Среднее по фактору В НСР ₀₅ =0,08	Среднее по фактору А НСР ₀₅ =0,06
	0	1	3	5			
Отвальная технология (фактор А)							
50-55	1,57	1,39	1,58	1,09	1,41	1,27	
45-50	1,57	1,59	1,40	1,56	1,53	1,38	
120-125	1,57	1,55	1,60	1,18	1,48	1,28	
80-85	1,57	1,51	1,36	1,42	1,47	1,30	
Среднее по взаимодействию АС НСР ₀₅ =0,12	1,57	1,51	1,49	1,31			1,47
Безотвальная технология (фактор А)							
50-55	1,53	1,21	1,01	0,74	1,12		
45-50	1,53	1,39	0,97	1,01	1,23		
120-125	1,53	1,18	0,96	0,68	1,09		
80-85	1,53	1,13	1,00	0,85	1,13		
Средняя по взаимодействию АС НСР ₀₅ =0,12	1,53	1,23	0,99	0,82			1,14
Среднее по взаимодействию ВС НСР ₀₅ =0,17							
50-55	1,55	1,30	1,30	0,92			
45-50	1,55	1,49	1,19	1,29			
120-125	1,55	1,37	1,28	0,93			
80-85	1,55	1,32	1,18	1,14			
Среднее по фактору С НСР ₀₅ =0,08	1,55	1,37	1,24	1,07			
НСР ₀₅ = 0,24 (частные различия)					Среднее по опыту = 1,31		

Между плотностью и количеством сорняков выявлена средняя корреляционная зависимость $r=0,317$. Зависимость урожайности ячменя, возделываемого по безотвальной технологии от плотности почвы: $y=-3,0598x+4,7672$. Корреляционная связь сильная ($r=0,636$). Зависимость урожайности ячменя, возделываемого по безотвальной технологии от засоренности посевов выражается уравнением: $y=-0,0185x+1,6669$. Корреляционная связь сильная ($r=0,766$). Уменьшение засоренности на 6% по отвальной технологии, а по безотвальной на 3% и уменьшение плотности почвы на $0,02 \text{ г/см}^3$ по безотвальной технологии увеличивает урожайность ячменя на $0,24 \text{ т/га}$.

6.2 Дополнительная обработка почвы под пшеницу после распашки многолетних трав

Распашка почвы под пшеницу после многолетних трав (схема опыта 9, раздел 3.3.1) проведена на том же участке, что и под сою. Характеристика агрофизических свойств почвы и описание засоренности посевов многолетних трав приведены в разделе 5.3. Посевы пшеницы после многолетних трав засорены в средней степени (таблица Г.4). В вариантах без дополнительной обработки определяется малолетнее-корневищный тип засоренности, преобладают *Setaria glauca* (L.) Beauv. (щетинник сизый) и *Equisetum arvense* L. (хвощ полевой). Наиболее благоприятный для развития растений тип засоренности – малолетний был в варианте с дополнительной обработкой культиватором Buhler Versatile+Morris. В структуре агрофитоценоза по первому сроку обработки преобладали *Amaranthus retroflexus* L. (щирица запрокинутая) и *Thlaspi arvense* L. (ярутка полевая), по второму сроку обработки – *Setaria glauca* (L.) Beauv. (щетинник сизый) и *Thlaspi arvense* L. (ярутка полевая).

Наибольшая общая и продуктивная кустистость отмечена при распашке в первой декаде июля с дополнительной обработкой культиватором Buhler Versatile+Morris – 1,3 и 1,2 шт., соответственно. Высота растений по вариантам составила 53 - 63 см. Наиболее высокие растения отмечены при дополнительной обработке культиватором Buhler Versatile+Morris, менее высокими были растения при втором сроке распашки, наиболее низкие в варианте с дополнительной обработкой дискатором Buhler Versatile +БДМ-8 – 53 см. Высокие показатели продуктивности колоса и всего растения отмечены при дополнительной обработке Buhler Versatile +БДМ-8 и культиватором Buhler Versatile+Morris после распашки многолетних трав в июле.

Дисперсионный анализ данных урожайности пшеницы показал, что различия в среднем по факторам по сравнению со средней урожайностью по

опыту не превышают величину наименьшей существенной разности на пяти-процентном уровне значимости (таблица 32).

Наибольшие различия отмечены между сроками распашки многолетних трав по видам дополнительной обработки. Распашка в июле позволяет достигнуть более высокую урожайность при дополнительной обработке культиватором Buhler Versatile+Morris и дискатором Buhler Versatile + БДМ-8. Отмечено существенное снижение урожайности при дополнительной обработке Buhler Versatile +БДМ-8 после распашки в августе с вариантом без дополнительной обработки.

Таблица 32 – Влияние агрегатов для дополнительной обработки почвы после распашки многолетних трав на урожайность пшеницы (т/га), 2008 г.

Вариант распашки (фактор А)	Дополнительная обработка в первой декаде октября (фактор В)			Среднее (фактор А)
	без дополнительной обработки	культивация Buhler Versatile+Morris	дискование Buhler Versatile +БДМ-8	
Первая декада июля	1,16	1,30	1,36	1,27
Первая декада августа	1,44	1,01	0,96	1,14
Среднее (фактор В)	1,30	1,15	1,16	1,20
НСР ₀₅ = 0,26 (А); НСР ₀₅ = 0,32 (В); НСР ₀₅ = 0,45 (частные различия)				

Наибольшие различия отмечены между сроками распашки многолетних трав по видам дополнительной обработки. Распашка в июле позволяет достигнуть более высокую урожайность при дополнительной обработке культиватором Buhler Versatile+Morris и дискатором Buhler Versatile + БДМ-8. Отмечено существенное снижение урожайности при дополнительной обработке Buhler Versatile +БДМ-8 после распашки в августе с вариантом без дополнительной обработки.

6.3 Оценка агрегатов для посева пшеницы по агротехническим показателям

Работу агрегатов при посеве пшеницы оценивали в производственных условиях ОАО «Димское» и ЗАО «Агрофирма АНК» в 2007, 2008 гг. [90]. Для более полной оценки работы посевных агрегатов проведены наблюдения за растениями, дана фитосанитарная оценка состояния посевов, учтена урожайность пшеницы. Глубина заделки семян варьировала от 3,8 до 4,7 см, что соответствует агротехническим требованиям (таблица 33). Наибольшая выравненность по глубине отмечена при посеве МТЗ-80 + С-6ПМ1, наименьшая – Buhler Versatile + Morris Concept. Качество заделки семян удовлетворительное только в варианте МТЗ-80 + С-6ПМ1. Только в варианте Buhler Versatile + Salford 4050 семена полностью заделывались в почву. Больше всего незаделанных семян при посеве Buhler Versatile + Morris Concept.

Таблица 33 – Оценка работы агрегатов на посеве пшеницы по показателям качества, АО «Димское»

Показатель качества посева	Посевной агрегат			
	МТЗ-80 + С-6ПМ1	Buhler Versatile + Salford 4050	Buhler Versatile + Morris Concept	Buhler Versatile + Sunflower
Глубина заделки семян, см	3,8	4,7	4,3	3,8
Коэффициент выравненности по глубине, %	89,5	82,2	67,1	84,8
Оценка качества заделки семян по глубине	удовлетворительно	плохо	очень плохо	плохо
Количество семян, шт./м ²	528	464	500	436
Коэффициент вариации количества семян в рядке, %	45,4	37,4	18,7	22,9
Оценка равномерности распределения семян в рядке	очень плохо	очень плохо	плохо	очень плохо
Количество незаделанных семян, шт./м ²	12,0	0	13,2	2,4

Анализ травмированности семян в автомобиле, бункере, сошнике выявил, что при перемещении семян в бункер травмированность возросла до 0,4-0,6 %, в сошник до 0,48 – 0,78%. Меньше всего семена были травмированы в варианте МТЗ-80 + С-6ПМ1. В сошнике варианта Buhler Versatile + Sunflower установлен наибольший процент травмированности – 0,78 %. По всем вариантам травмированность не превышала допустимую агротехническими требованиями (таблица 34).

Таблица 34 – Степень травмированности семян пшеницы при посеве, % (АО «Димское»)

Посевной агрегат	Место отбора образца		
	автомобиль	бункер	сошник
МТЗ-80 + С-6ПМ1	0,30	0,40	0,48
Buhler Versatile + Salford 4050	0,42	0,60	0,64
Buhler Versatile + Morris Concept	0,58	0,58	0,62
Buhler Versatile + Sunflower	0,24	0,60	0,78

Учет засоренности проводился в конце первой декады июля. Засоренность посевов отличалась по вариантам незначительно от 11,26% при посеве МТЗ-80 + С-6ПМ1 до 12,43 % при посеве Buhler Versatile + Morris Concept. Тип засоренности малолетний. Наблюдается средняя степень засоренности.

Уборка проведена в оптимальные агротехнические сроки с соблюдением всех требований. Наибольшая урожайность отмечена в варианте Buhler Versatile + Sunflower и составляет 3,6 т/га, что на 0,4-1 т/га выше, чем в других вариантах, самый низкий урожай получен при использовании сеялки Morris Concept – 2,6 т/га. К уборке наибольшее количество стеблей, как общее, так и продуктивных отмечено в вариантах Buhler Versatile + Morris Concept – 1,5 шт. и Buhler Versatile + Salford 4050 (1,4; 1,3, соответственно). Наиболее низкие растения, отличающиеся от других вариантов, отмечены при использовании агрегата Buhler Versatile + Morris Concept. По остальным показателям продуктивности главного колоса и всего растения в целом максимальные значения получены в варианте Buhler Versatile + Sunflower. Высокая масса зерна с растения 1,2 г отмечена в варианте Buhler Versatile + Salford 4050, что является важным показателем в определении общей про-

дуктивности и влияет на урожайность. Дисперсионный анализ данных учета биологической урожайности пшеницы показал, что отклонения по вариантам незначительные (таблица 35).

Таблица 35 – Урожайность пшеницы в зависимости от качества работы посевных агрегатов, АО «Димское»

Посевной агрегат	Урожайность, т/га	Отклонение от кон- троля	
		т/га	%
MT3-80 + С-6ПМ1	3,34	контроль	
Buhler Versatile + Sunflower	3,75	0,41	12,3
Buhler Versatile + Salford 4050	3,37	0,03	0,9
Buhler Versatile + Morris Concept	3,56	0,22	6,6
НСР ₀₅	-	1,52	-

При прямом посеве пшеницы по стерне глубина заделки семян по вариантам варьировала от 4,8 до 4,9 см, что соответствует агротехническим требованиям. Наибольшая выравненность по глубине при посеве Buhler Versatile + Salford 4050, наименьшая – Buhler Versatile + Morris Concept. Оценка качества заделки семян: плохая и очень плохая. Больше всего на поверхности почвы обнаружено семян в варианте Buhler Versatile + Morris Concept (таблица 36).

Таблица 36 – Оценка прямого посева пшеницы по показателям качества, АО «Димское»

Показатель качества посева	Посевной агрегат	
	Buhler Versatile + Morris Concept	Buhler Versatile + Salford 4050
Глубина заделки семян, см	4,8	4,9
Коэффициент выравненности по глубине, %	77,0	82,4
Оценка качества заделки семян по глубине	очень плохо	плохо
Количество семян, шт./м ²	660	480
Коэффициент вариации количества семян в рядке, %	30,3	25,0
Оценка равномерности распределения семян в рядке	очень плохо	очень плохо
Количество незаделанных семян, шт./м ²	14,8	9,6

Пшеница, посеянная по стерне, образовала длинный эпикотиль, восприимчивый к корневой гнили. Установлено, что распространение и развитие корневой гнили в варианте с посевом по стерне выше в 2 раза, чем при посеве по культивируемой почве (таблица 37).

Таблица 37 – Влияние прямого посева на поражение пшеницы корневой гнилью, АО «Димское».

Посевной агрегат	Распространение, %	Развитие болезни, %
Посев с культивацией почвы	11,9	5,8
Посев по стерне	21,0	11,4

Обследование показало, что сорный компонент занимает в структуре агрофитоценоза 16-17 %. Наблюдается средняя степень засоренности. Тип засоренности – малолетний. Преобладает *Eriochloa villosa* Kunth. (шерстяк волосистый). Многолетние сорняки составляют в структуре агрофитоценоза пшеницы от 4,03 % в варианте ДТ-75М + ЗСЗ-3,6 до 6,13 % в варианте Buhler Versatile + Salford 4050. Среди стержнекорневых сорняков встречаются смолевка обыкновенная, полынь горькая, полынь обыкновенная. Среди корневищных встречаются пырей ползучий и хвощ полевой. Корнеотпрысковые сорняки представлены молоканом сибирским, бодяком полевым и осотом полевым. Прямой посев пшеницы увеличивает засоренность многолетними сорняками.

Дисперсионный анализ данных учета биологической урожайности пшеницы показал, что в варианте Buhler Versatile + Salford 4050 урожайность пшеницы существенно больше, чем в других вариантах (таблица 38).

Таблица 38 – Урожайность пшеницы в зависимости от прямого посева, АО «Димское»

Посевной агрегат	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
		т/га	%
ДТ-75М + ЗСЗ-3,6	3,21	контроль	
Buhler Versatile + Morris Concept	3,37	0,16	5,0
Buhler Versatile + Salford 4050	4,83	1,62	50,5
НСР ₀₅	-	0,95	-

Качество посева пшеницы сеялкой Amazone 09-60-Super определялось на полях агрофирмы ЗАО «Агрофирма АНК». Средняя глубина заделки семян соответствует агротехническим требованиям. Коэффициент выравненности по глубине в варианте Buhler Versatile + Salford - наибольший, наименьший – в варианте ВТ-175 + 3СЗ-3,6. Качество посева по равномерности распределения семян в рядке очень плохое. Только в варианте Buhler Versatile + Salford семена заделывались полностью. Наибольшее количество незаделанных семян было в варианте Т-150К + Amazone 09-60-Super (таблица Г.5).

Учет засоренности проводился в первой декаде июля. В структуре агрофитоценоза сорные растения занимают долю от 0,3 % (Т-150К + Amazone 09-60-Super) до 0,7 % (Buhler Versatile + Salford). Тип засоренности посевов – малолетнее-корневищный. Преобладают *Setaria glauca* (L.) Beauv. (щетинник сизый) и *Egisetum arvense* L. (хвощ полевой). Степень засоренности слабая. В период уборки наибольшее количество стеблей отмечено в варианте Buhler Versatile + Salford – 1,4 шт., а по продуктивности стеблестоя выделены Buhler Versatile + Salford и СЗ-3,6 – 1,1 шт. на растении. Дисперсионный анализ данных учета биологической урожайности пшеницы показал, что отклонения по вариантам имеют существенные различия. Биологическая урожайность в варианте с использованием агрегата Buhler Versatile + Salford ниже на 0,76 т/га или на 59,8% по сравнению с контролем СЗ-3,6, что представляет существенную разницу на 5% уровне значимости. Существенных различий в урожайности между СЗ-3,6 и Т-150К + Amazone 09-60-Super не выявлено (таблица 39).

Таблица 39 – Биологическая урожайность пшеницы при посеве Amazone 09-60-Super, ЗАО «Агрофирма АНК»

Посевной агрегат	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
		т/га	%
ВТ-175 + 3СЗ-3,6	1,27	контроль	
Т-150К + Amazone 09-60-Super	1,34	0,07	5,5
Buhler Versatile + Salford	0,51	- 0,76	-59,8
НСР ₀₅		0,35	

Наименьшая травмированность семян пшеницы в сошнике отмечена по варианту МТЗ-80 + С-6ПМ1; наибольшая - Buhler Versatile + Sunflower. Прямой посев пшеницы по стерне увеличивает засоренность многолетними сорняками и к увеличению распространения и развития корневой гнили. При прямом посеве пшеницы по стерне биологическая урожайность пшеницы существенно больше в варианте Buhler Versatile + Salford 4050.

Равномерность глубины заделки семян в варианте с сеялкой Amazone 09-60-Super оценивается при посеве пшеницы как очень плохая. Биологическая урожайность пшеницы в варианте с использованием агрегата Buhler Versatile + Salford, уменьшается на 0,76 т/га или на 59,8% по сравнению с контролем СЗ-3,6, что представляет существенную разницу на 5% уровне значимости. Это можно объяснить более глубокой заделкой семян посевным комплексом Salford. Существенных различий в урожайности между СЗ-3,6 и Amazone не выявлено.

6.4 Выводы по шестой главе

1. Доля многолетних сорняков по количеству и по массе под посевами ячменя больше по безотвальной обработке, особенно при уплотнении тракторами с удельным давлением на почву 80-85 и 120-125 кПа. Безотвальная обработка почвы уменьшает урожайность ячменя, особенно при уплотнении почвы. Это связано с тем, что при увеличении интенсивности уплотнения, сорный компонент структуры агрофитоценоза оказывает большее угнетающее воздействие на ячмень, чем по отвальной обработке. По данным корреляционного анализа между плотностью и количеством сорняков выявлена средняя корреляционная зависимость $r=0,317$. Зависимость урожайности ячменя, возделываемого по безотвальной технологии от плотности почвы выражается уравнением регрессии: $y=-3,0598x+4,7672$. Корреляционная связь сильная ($r=0,636$). Зависимость урожайности ячменя, возделываемого по безотвальной технологии от засоренности посевов выражается уравнением:

$y = -0,0185x + 1,6669$. Корреляционная связь сильная ($r = 0,766$). Безотвальная обработка существенно снижает урожайность при трех – и пятикратном уплотнении на 0,15 и 0,22 т/га, а отвальная обработка при пятикратном на 0,16 т/га. Уменьшение доли сорного компонента по отвальной обработке на 6%, а по безотвальной на 3% и уменьшение плотности почвы на 0,02 г/см³ при безотвальной обработке дает возможность увеличить урожайность ячменя на 0,24 т/га.

2. Распашка многолетних трав в июле позволяет достигнуть более высокую урожайность пшеницы при дополнительной обработке культиватором Buhler Versatile+Morris и дискатором Buhler Versatile +БДМ-8. Отмечено существенное снижение урожайности при дополнительной обработке Buhler Versatile +БДМ-8 после распашки в августе по сравнению с вариантом без дополнительной обработки.

3. Наименьшая травмированность семян пшеницы в сошнике отмечена по варианту МТЗ-80 + С-6ПМ1; наибольшая - Buhler Versatile + Sunflower. Прямой посев пшеницы по стерне увеличивает засоренность многолетними сорняками и увеличивает распространение и развитие корневой гнили. При прямом посеве пшеницы по стерне биологическая урожайность пшеницы существенно больше при посеве агрегатом Buhler Versatile + Salford 4050.

4. Равномерность глубины заделки семян в варианте с сеялкой Amazone 09-60-Super оценивается при посеве пшеницы как очень плохая. Биологическая урожайность пшеницы в варианте с использованием агрегата Buhler Versatile + Salford, уменьшается на 0,76 т/га или на 59,8% по сравнению с контролем СЗ-3,6, что представляет существенную разницу на 5% уровне значимости. Это можно объяснить более глубокой заделкой семян посевным комплексом Salford. Существенных различий в урожайности между СЗ-3,6 и Amazone 09-60 Super не выявлено.

Глава 7 ОЦЕНКА СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ПО КРИТЕРИЯМ АГРОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

7.1 Агротехнические требования к системе технологий и машин

Для оптимизации системы технологий и машин необходимо учитывать соответствие системы машин требованиям технологии возделывания культур, их биологическим особенностям для обеспечения реализации потенциальных возможностей сортов в местных условиях. Возрастают требования к ресурсосбережению, увеличению производительности, снижению техногенного воздействия на почву и максимальному выходу продукции. Оценка системы технологий и машин должна проводиться по комплексу экономических, экологических, технологических параметров [90, 269, 270, 273, 280, 303, 367, 375].

Выбор способа обработки почвы в диапазоне от традиционной отвальной вспашки до нулевой обработки (безотвальная, плоскорезная, разноглубинные рыхления и их комбинации) при различных уровнях минимализации позволяет оптимизировать плотность почвы и её структурное состояние; регулировать водный баланс агроландшафтов; предотвратить эрозию и дефляцию; регулировать режим органических веществ и биогенных элементов; улучшить фитосанитарное состояние; позволяет оптимизировать экономические показатели и энергопотребление технологии; выполнить требования экологизации производства продукции растениеводства, обеспечивающие минимализацию ущерба, наносимого природной среде.

Общие агротехнические требования к системе технологий и машин разработаны Дальневосточным ГАУ, ВНИИ сои, ДальНИИМЭСХ и изложены в Система технологий и машин для комплексной механизации растениеводства Амурской области на 2011-2015 гг. [335]. Система технологий и машин к 2015 г. должна обеспечить урожайность зерновых культур 3,5-4,0 т/га, сои – 2,0-2,5 т/га, картофеля – 30,0-35,0 т/га, овощей – 35,0-40,0 т/га, кукурузы на силос – 42,0-45,0 т/га со снижением затрат на производство вы-

шеперечисленных видов культур на 10-15%. За счет применения современной технологии, учитывающей передовой опыт и конкретные условия производства продукции, плотность механизированных работ составит при возделывании сои 5,0-8,5; зерновых культур – 2,2-4,5; картофеля – 11,1-14,8; кукурузы на силос – 4,1-5,5; средняя на 1 га пашни 5,6-8,3 у. э. га. К 2015 г. показатель агротехничности системы машин предусмотрен 1,6-1,7.

С учетом разработанных требований выполнена системная оценка агротехнической эффективности системы машин для возделывания зерновых и сои с тракторами различных классов, исследуемыми на экспериментальных участках на базе отдела семеноводства Дальневосточного ГАУ по отвальной и безотвальной обработке почвы; в АО «Луч» Ивановского района и для других базовых хозяйств южной зоны Амурской области. Результаты оценки приведены в разделах 7.2, 7.3, 7.4.

7.2 Оценка системы технологий и машин для возделывания сои и ячменя по критериям агротехнической эффективности (экспериментальные участки)

Анализ агротехнической эффективности системы технологий и машин для возделывания ячменя и сои проведен по результатам исследований с тракторами различных классов на экспериментальных участках.

Комплексный показатель (V группа) позволяет провести системную оценку агротехнической эффективности, объединяет показатели по всем группам. Установлено, что агротехническая эффективность системы машин для возделывания ячменя с гусеничным трактором тягового класса 3 массой 8,1 т ($K_v=1,00$) соответствует системе машин с гусеничным трактором тягового класса 3 массой 6,5 т. По остальным тракторам наблюдается снижение агротехнической эффективности, наибольшее по колесным тракторам тягового класса 3 и 5 массой 8,1 и 13,5 т и гусеничному тягового класса 3 массой 8,0 т ($K_v= 0,96$). Агротехническая эффективность системы машин для возде-

ывания сои с гусеничным трактором тягового класса 4 массой 8,4 т превышает базовую, с гусеничным трактором тягового класса 3 массой 8,1 т соответствует; наименьшая с колесным трактором тягового класса 5 массой 13,5 т ($K_v = 0,96$) (таблица 40).

Таблица 40 - Обобщающие показатели агротехнической эффективности системы машин для возделывания ячменя и сои, 1985-1996 гг. (экспериментальные участки)

Обобщающие показатели по группам	Тяговый класс; тип движителя*; масса трактора, т				
	4 Г 8,4	3 К 8,1	5 К 13,5	3 Г 8,1	3 Г 8,0
Ячмень					
I	1,00	0,94	0,95	0,99	0,94
II	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
III	0,97	0,92	0,93	0,99	0,93
IV	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02
V	0,99	0,96	0,96	1,00	0,96
Соя					
I	1,01	0,98	0,94	1,01	0,98
II	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
III	1,02	0,98	0,94	1,00	0,98
IV	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00
V	1,01	0,99	0,96	1,00	0,99

* Г – гусеничный, К - колесный

По первой группе показателей, характеризующей влияние системы машин на количество и качество продукции растениеводства, по ячменю соответствует базовой только с гусеничным трактором тягового класса 4 массой 8,4 т, по остальным - ниже. При возделывании сои система машин с гусеничными тракторами тяговых классов 3 и 4 массой 8,1 и 8,4 т превосходит базовую. С остальными тракторами эффективность снижается, особенно с колесным трактором тягового класса 5 массой 13,5 т. Снижение за счет уменьшения индекса урожайности (таблица Д.1).

По второй группе показателей, отражающей влияние количества проведенных работ на конечные результаты различий по тракторам нет. Плотность механизированных работ по всем вариантам опыта одинаковая.

Показатель агротехнической эффективности третьей группы, характеризующей качество выполнения работ и соответствие срокам их проведения при возделывании ячменя по всем тракторам ниже, чем с эталонным, особенно с колесным трактором тягового класса 3 массой 8,1 т. Это объясняется увеличением потерь и снижением качества выполнения работ. При возделывании сои показатель по третьей группе выше эталона по гусеничному трактору тягового класса 4 массой 8,4 т; по гусеничному трактору тягового класса 3 массой 8,1 т соответствует эталону; по остальным ниже, особенно с колесным трактором тягового класса 5 массой 13,5 т. Увеличение связано со снижением потерь, уменьшение – с худшим качеством выполнения технологических операций (таблица Д.1). Уровень выполнения работ в оптимальные сроки и уровень соблюдения нормативных сроков по всем тракторам соответствует агротехническим требованиям.

Четвертая группа показателей отражает степень влияния системы машин на окружающую среду. При возделывании ячменя агротехническая эффективность системы машин по всем тракторам несколько превышает базовую. При возделывании сои - соответствует базовой, с колесным трактором тягового класса 5 массой 13,5 т наблюдается некоторое снижение эффективности. Уровень положительного влияния одинаков по всем тракторам. При анализе отрицательного влияния системы машин на окружающую среду учтено уплотняющее воздействие движителей тракторов на почву. Уровень отрицательного влияния системы машин с гусеничным трактором тягового класса 3 массой 6,5 т при возделывании ячменя несколько выше, чем с остальными тракторами (таблица Д.1).

Анализ агротехнической эффективности системы машин для возделывания ячменя и сои по отвальной и безотвальной обработке почвы проведен на основании исследований за 1992-1996 гг. За базу для сравнения принята система машин для возделывания ячменя и сои по отвальной обработке. Анализ показал, что при возделывании ячменя и сои по осенней и весенней безотвальной обработке агротехническая эффективность возрастает. По гу-

сеничному трактору тягового класса 4 массой 8,4 т эффективность системы машин для возделывания сои по весенней безотвальной обработке несколько ниже, чем по отвальной, за счет уменьшения показателей по первой группе (таблица 41).

Таблица 41 – Обобщающие показатели агротехнической эффективности системы технологий и машин для возделывания ячменя и сои по безотвальной обработке почвы относительно отвальной, 1992-1996 гг. (экспериментальные участки)

Обобщающие показатели по группам	Тяговый класс; тип движителя*; масса трактора, т									
	3 Г 6,5		4 Г 8,4		3 К 8,1		5 К 13,5		3 Г 8,1	3 Г 8,0
	осенняя	весенняя	осенняя	весенняя	осенняя	весенняя	осенняя	весенняя	осенняя	осенняя
Ячмень										
I	1,03	1,12	1,10	1,08	1,11	1,00	0,99	1,15	1,21	1,09
II	0,90	0,78	0,90	0,78	0,90	0,78	0,90	0,78	0,90	0,90
III	1,06	1,71	1,03	1,46	1,00	1,92	1,37	1,16	0,86	0,95
IV	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01
V	1,01	1,18	1,03	1,10	1,02	1,19	1,07	1,06	1,03	1,01
Соя										
I	1,17	1,12	1,24	0,95	1,17	1,09	1,14	1,09	1,14	-
II	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	-
III	1,05	1,12	1,48	1,00	1,10	1,04	1,17	1,04	0,91	-
IV	1,00	1,00	1,00	1,05	1,03	1,01	1,03	1,00	1,03	-
V	1,08	1,07	1,21	0,98	1,09	1,04	1,10	1,04	1,03	-

* Г – гусеничный, К - колесный

Увеличение агротехнической эффективности системы машин для возделывания ячменя и сои происходит за счет увеличения показателей первой, третьей и четвертой групп. По второй группе наблюдается некоторое уменьшение показателей за счет меньшей плотности механизированных работ. Обобщающий показатель первой группы по осенней безотвальной обработке выше, чем по отвальной на 8% (ячмень) и 18% (соя); по весенней, соответственно, на 11 % и 4%. Индекс качества продукции одинаковый по способам обработки. Повышение эффективности за счет увеличения индекса урожайности. По третьей группе обобщающий показатель по осенней безотвальной обработке больше, чем по отвальной на 4% (ячмень) и на 14% (соя), по ве-

сенней обработке соответственно на 28% и 1%. Уровень эффективности процесса на ячмене одинаков по способам обработки на сое по осенней безотвальной обработке превышает отвальную на 9%, по весенней на 6%. Обобщенный показатель четвертой группы по безотвальной обработке выше, чем по отвальной за счет улучшения агрофизических свойств почвы.

Анализ агротехнической эффективности системы машин проведен с тракторами различных классов при возделывании ячменя и сои по безотвальной обработке (таблица Д.2). За базис для сравнения по каждому способу обработки принят гусеничный трактор тягового класса 3 массой 6,5 т.

Система машин для возделывания ячменя по осенней безотвальной обработке превышает базовую. Увеличение эффективности наблюдается по всем группам показателей. При возделывании ячменя по весенней безотвальной обработке система машин с гусеничным трактором тягового класса 4 массой 8,4 т находится на уровне базовой, с колесным трактором тягового класса 5 массой 13,5 т превышает базовую на 34%. Увеличение за счет показателей третьей группы. Здесь наблюдается значительное сокращение потерь продукции. Эффективность с колесным трактором тягового класса 3 массой 8,1 т ниже за счет увеличения потерь продукции и некоторого уменьшения уровня урожайности.

При возделывании сои по осенней безотвальной обработке агротехническая эффективность системы машин с гусеничным трактором тягового класса 4 массой 8,4 т выше базовой на 18% за счет показателей третьей группы. По остальным тракторам эффективность ниже, особенно с колесным трактором тягового класса 3 массой 8,1 т. Наблюдается снижение показателей по первой, третьей и четвертой группам. Эффективность системы машин для возделывания сои по весенней безотвальной обработке со всеми тракторами ниже базовой.

Анализ агротехнической эффективности машин с тракторами различных классов для возделывания ячменя и сои показал, что наиболее эффективной является система машин с гусеничными тракторами тягового класса 3

массой 6,5 и 8,1 т (ячмень); с гусеничными тракторами тягового класса 3 массой 6,5 и 8,1 и тягового класса 4 массой 8,4 т (соя).

При сравнении способов обработки почвы наиболее эффективной является система машин для возделывания ячменя по безотвальной обработке весенней и сои - по безотвальной обработке осенней.

При анализе системы машин с тракторами различных классов для возделывания ячменя по весенней безотвальной обработке наиболее эффективна система машин с гусеничным трактором тягового класса 3 массой 6,5 т и колесным трактором тягового класса 3 массой 8,1 т; для возделывания ячменя по осенней безотвальной обработке – с колесным трактором тягового класса 5 массой 13,5. Для возделывания сои по осенней безотвальной обработке – с гусеничным трактором тягового класса 4 массой 8,4 т, по весенней безотвальной обработке – с гусеничным трактором тягового класса 3 массой 6,5 т.

7.3 Оценка эффективности системы технологий и машин

АО «Луч» по агротехническим показателям

Расчет агротехнической эффективности был проведен применительно к условиям одного из базовых хозяйств Амурской области АО «Луч» Ивановского района. Определены показатели за период 1991 - 2016 гг. по сравнению с 1986-1990 гг. В качестве исходных данных использованы требования к агротехнической эффективности системы машин Амурской области, данные сортоучастков, материалы годовых отчетов хозяйства, плановая документация, данные агрохимических обследований полей.

Агротехническая эффективность системы машин за 1991-1994 гг. повысилась по сравнению с предшествующими годами, за период с 2006 по 2010 гг. понизилась, с 2011 по 2015 гг. по зерновым культурам наблюдается повышение, по сое - снижение. Наибольший рост агротехнической эффективности достигнут в 1992 году при возделывании зерновых – 89,0%, при возделывании сои в 1991 году – 77,7%. Наименьший уровень по зерновым

культурам отмечен в 2013 году, по сое в 2015 году. В 2016 году наблюдается увеличение эффективности по сравнению с 2015 годом.

Рост эффективности обусловлен достигнутым увеличением урожайности и качества продукции. Урожайность зерновых за 1991-1994 гг. увеличилась на 8,9 ц/га, сои - на 1,4 ц/га. Максимальная урожайность зерновых достигнута в 1992 году - 37,6 ц/га, сои в 1991 году - 19,2 ц/га: В последующие годы урожайность снизилась и составила по зерновым в 2013 году – 1,40 ц/га, по сое в 2015 году – 6,9 ц/га (таблица Д.3, рисунок 37).

Индекс урожайности по зерновым в 1991- 1994 годах выше, чем в 1986-1990 гг. в 1,5 раза. В последующие годы индекс урожайности по зерновым снизился. По сое индекс урожайности в 1991-1994 гг. выше, чем в предшествующий период. Наибольший – в 1991 году, наименьший – в 2007 и 2008 годах.

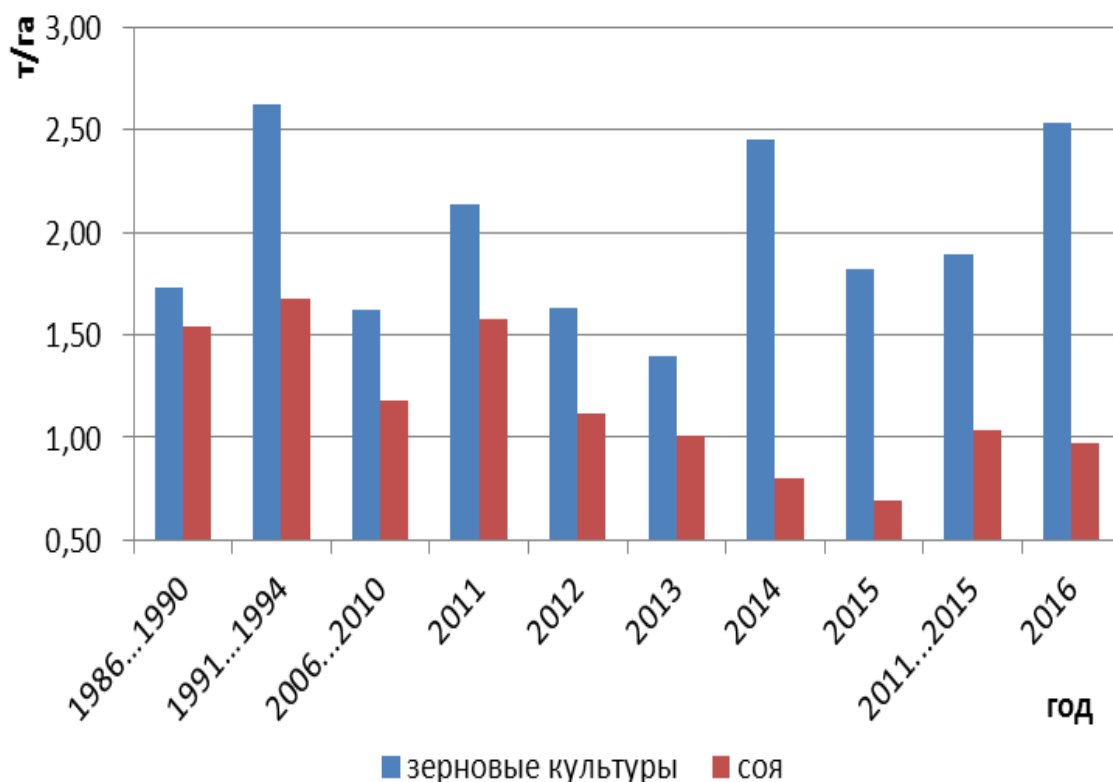


Рисунок 37 – Урожайность, АО «Луч»

Рост урожая в 1991-1994 гг. объясняется, в частности, высокой плотностью механизированных работ за счет введения дополнительных операций по обработке почвы и уходу за посевами. Обобщающий показатель агротехнической эффективности II группы увеличился. Эффективность системы машин по III группе в 1991-1994 гг. выше, чем в 1986-1990 гг. по зерновым в 1,17 раза, по сое - 1,36 раза. К 2015 году значение агротехнической эффективности по III группе снизилось (таблица Д.3).

Оценивая степень влияния системы машин на окружающую среду, можно сделать вывод, что существующая система машин не оказывает отрицательное влияние. Обобщающий показатель агротехнической эффективности по IV группе соответствует требованиям. В общую оценку вошли агрофизические показатели почвенного плодородия. Учитывалось проведение мероприятий по повышению плодородия, по снижению отрицательного воздействия системы машин на окружающую среду. В колхозе «Луч» этим вопросам уделяется большое внимание. Удобрения вносятся в почву локально. Соблюдаются нормы внесения гербицидов. Условия хранения гербицидов и удобрений соответствуют требованиям. Основная обработка почвы – безотвальная. Проводится углубление пахотного горизонта. Эти приемы позволяют поддерживать высокий уровень плодородия почвы. Произошли количественные и качественные изменения в парке машин в сторону более производительных. Комплекс машин для послеуборочной переработки зерна позволяет увеличить выход продукции высшего качества.

Анализ агротехнической эффективности в АО «Луч» показывает нестабильность оценки. Это свидетельствует о большой зависимости показателей агротехнической эффективности от состояния машинно-тракторного парка, обеспечивающего качество и своевременность технологических приемов возделывания культуры. Показатели эффективности за период 2006 – 2016 гг. ниже, чем в 1991-1994 гг. (таблица Д.3, рисунок 38).

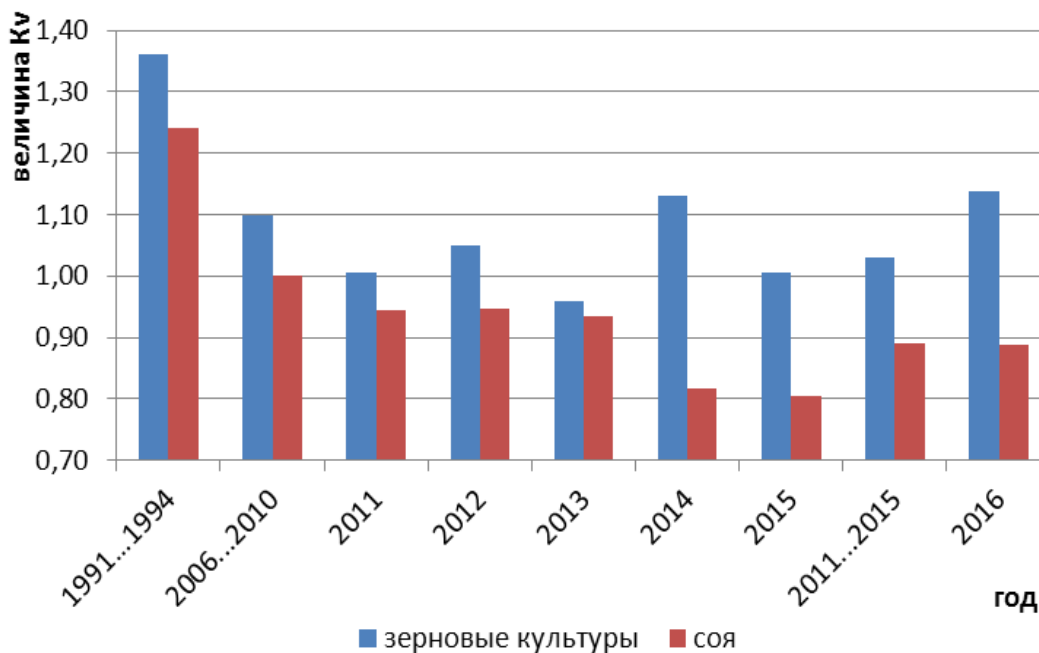


Рисунок 38 – Агротехническая эффективность системы технологий и машин в АО «Луч»

Следует соблюдать оптимальные сроки, улучшить качество выполнения работ по возделыванию зерновых культур и сои. Необходимо пополнять парк машин для посева сои, обработки почвы и растений растворами гербицидов, позволяющими вводить новые агротехнические приемы. Вместе с тем в последние годы отмечается тенденция к повышению агротехнической эффективности системы технологий и машин для возделывания зерновых культур, для возделывания сои – остается невысоком уровне.

7.4 Агротехническая эффективность системы технологий и машин для производства продукции растениеводства в базовых сельскохозяйственных предприятиях Амурской области

Проведена сравнительная оценка агротехнической эффективности системы машин для возделывания зерновых и сои в базовых хозяйствах Амурской области: АО «Луч», ЗАОр (нп) агрофирма «Партизан». Расчет сделан по данным 2012-2016 гг. За базу для сравнения приняты показатели в среднем по Амурской области.

Урожайность зерновых культур в АО «Луч» на 8% превышает среднеобластные показатели, в агрофирме «Партизан» на 32%. Урожайность сои в АО «Луч» на 19% ниже среднеобластных показателей, в ЗАОр (нп) агрофирма «Партизан» на 61% выше (таблицы Д.4, Д.5, Д.6, рисунок 39).

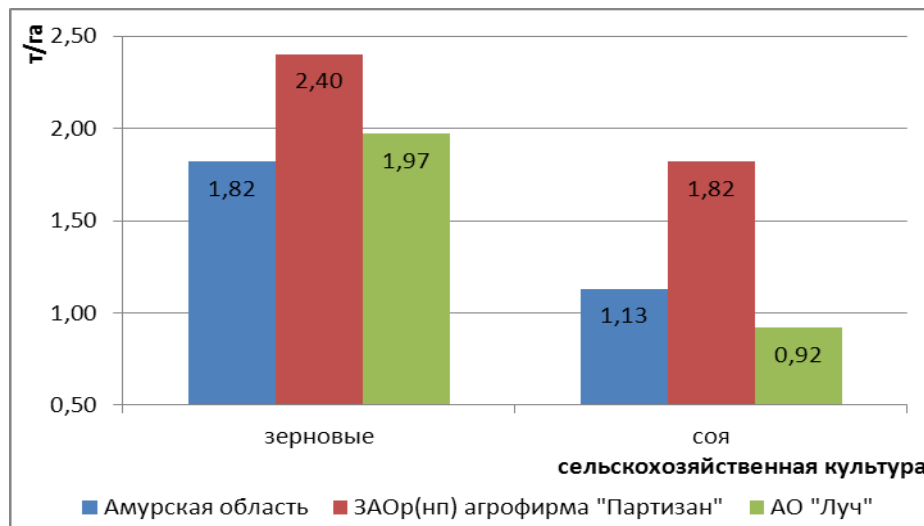


Рисунок 39 – Урожайность зерновых культур и сои, 2012-2016 гг.

По I группе показателей в агрофирме «Партизан» эффективность системы машин выше среднеобластных показателей, в АО «Луч» - выше по зерновым культурам, по сое - ниже. По I группе показателей повышение эффективности произошло за счет большей урожайности культур, прибавки от функционирования системы машин, увеличения выхода продукции высшего качества. Обобщающий показатель эффективности по II группе больше, чем в среднем по области. По третьей группе показателей эффективность системы машин для возделывания зерновых и сои выше, чем по области более, чем в два раза. По четвертой группе показателей эффективность системы машин для возделывания зерновых и сои выше, чем по области на 11%.

Агротехническая эффективность системы машин для возделывания зерновых культур в АО «Луч» на 56% превышает среднеобластные показатели, в ЗАОр (нп) агрофирма «Партизан» на 64%. Агротехническая эффективность системы машин для возделывания сои в АО «Луч» на 43% превышает среднеобластные показатели, в ЗАОр (нп) агрофирма «Партизан» - на 73% (таблицы Д.4, Д.5, Д.6, рисунок 40).

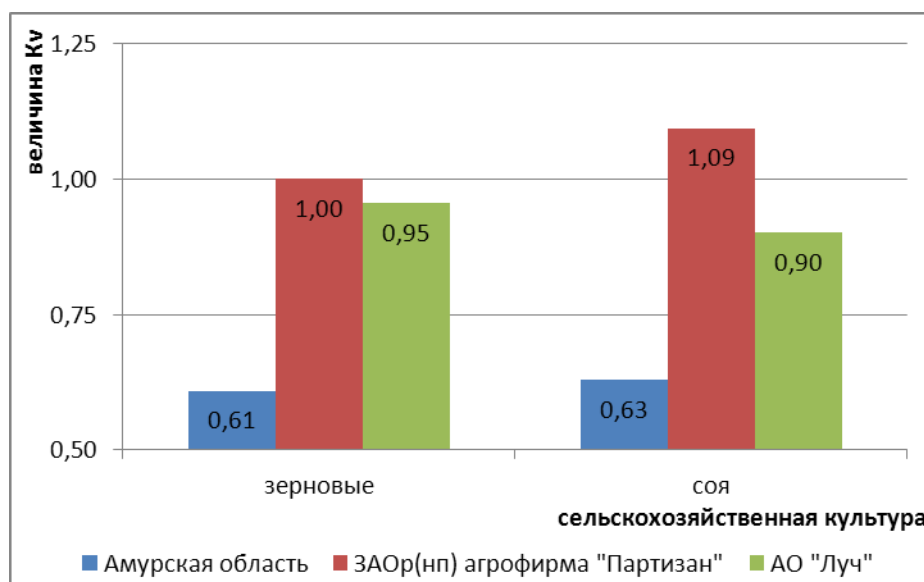


Рисунок 40 – Агротехническая эффективность системы технологий и машин в Амурской области, 2012-2016 гг.

В базовых хозяйствах области эффективно используется комплекс машин как отечественного, так и зарубежного производства. В ЗАОр (нп) агрофирма «Партизан» машинно-тракторный парк состоит преимущественно из отечественных средств механизации: тракторы К-744, ВТ-100Д, посевные комплексы «Томь», комбайны ACROS-530, Вектор-410, Дон-680, Амур-Палессе и другие. В АО «Луч» наряду с отечественными машинами эксплуатируются тракторы Buhler Versatile, Джон Дир-1204D, New Holland, посевные комплексы Salford-4050, опрыскиватели Amazone UG 3000 и другие.

Проведенный анализ показал, что агротехническая эффективность системы машин для возделывания зерновых и сои в АО «Луч» и ЗАОр (нп) агрофирма «Партизан» выше среднеобластных показателей. Этому способствует более высокое качество выполнения работ по возделыванию культур, обеспечение оптимальных сроков проведения работ, достижение большей урожайности зерновых и сои при использовании соответствующей системы технологий и машин. Тенденции развития системы технологий и машин для возделывания зерновых и сои, характерные для базовых хозяйств являются определяющими для крупных хозяйств Приамурья.

7.5 Выводы по седьмой главе

1. Выполнена системная оценка агротехнической эффективности системы машин для возделывания зерновых и сои с тракторами различных классов, исследуемыми на экспериментальных участках на базе отдела семеноводства Дальневосточного ГАУ по отвальной и безотвальной обработке почвы; в АО «Луч» Ивановского района и для других базовых хозяйств южной зоны Амурской области.

2. При сравнении агротехнической эффективности способов обработки почвы наиболее эффективна система машин для возделывания ячменя по весенней безотвальной обработке и сои – по осенней безотвальной обработке.

3. При анализе системы машин с тракторами различных классов для возделывания ячменя по весенней безотвальной обработке наиболее эффективна система машин с гусеничным трактором тягового класса 3 массой 6,5 т и колесным трактором тягового класса 3 массой 8,1 т; для возделывания ячменя по осенней безотвальной обработке – с колесным трактором тягового класса 5 массой 13,5. Для возделывания сои по осенней безотвальной обработке – с гусеничным трактором тягового класса 4 массой 8,4 т, по весенней безотвальной обработке – с гусеничным трактором тягового класса 3 массой 6,5 т.

4. Агротехническая эффективность системы машин для возделывания зерновых и сои в АО «Луч» и ЗАОр (нп) агрофирма «Партизан» выше среднеобластных показателей. Этому способствует более высокое качество выполнения работ по возделыванию культур, обеспечение оптимальных сроков проведения работ, достижение большей урожайности зерновых и сои при использовании соответствующей системы машин. Тенденции развития системы технологий и машин для возделывания зерновых и сои, характерные для базовых хозяйств являются определяющими для крупных хозяйств Приамурья.

Глава 8 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И АГРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основными требованиями к экономической эффективности системы технологий и машин являются обеспечение снижения издержек производства к сложившемуся в земледелии Амурской области уровню, повышению рентабельности производства, экономии топлива, труда, технологических ресурсов. В качестве нормативных показателей выступают: издержки на 1 тонну продукции, затраты энергии на 1 га севооборотной площади, расход топлива, затраты труда, рентабельность продукции растениеводства. Оценка эффективности по экономическим показателям представляет определенную сложность, поскольку они имеют существенные колебания, определяемые политикой ценообразования. Поэтому экономическая оценка дополнена агроэнергетической оценкой.

Исследования по влиянию использования тракторов различных тяговых классов в системе технологий и машин на эффективность возделывания ячменя и сои проводились на базе отдела семеноводства Дальневосточного ГАУ (опыт 6). Основные технологические операции производились агрегатами с определенным трактором, закрепленным за экспериментальным участком. Установлено, что наибольший энергетический доход получен при функционировании системы машин с гусеничным трактором тягового класса 3 массой 6,5 т для возделывания ячменя, с гусеничным трактором тягового класса 3 массой 8,1 т - для возделывания сои. Наибольшая энергетическая себестоимость возделывания ячменя и сои с колесным трактором тягового класса 5 массой 13,5 т (таблица Е.1).

В исследованиях по возделыванию ячменя на уплотненном фоне (опыт 10) выявлено, что коэффициент энергетической эффективности и рентабельность возделывания ячменя по безотвальной обработке на неуплотненной почве выше, чем по отвальной обработке, но при этом урожайность значительно снижается. Возделывание ячменя нерентабельно при пятикратном

уплотнении тракторами тягового класса 3 гусеничным и колесным с удельным давлением на почву 50-55 и 120-125, соответственно по отвальной обработке при урожайности меньше на 1,18 т/га. По безотвальной обработке при трех- и пятикратном уплотнении возделывание ячменя убыточно (таблица 42). Возделывание ячменя по безотвальной обработке нерентабельно при урожайности менее 1,13 т/га. Наибольшая урожайность, минимальная себестоимость и самые высокие показатели рентабельности получены при использовании гусеничного трактора тягового класса 3 с удельным давлением на почву 45-50 кПа, обеспечивающим оптимальные показатели агрофизических свойств почвы.

Таблица 42 – Экономическая и энергетическая эффективность возделывания ячменя по безотвальной технологии на уплотненном фоне

Удельное давление трактора на почву, кПа	Количество проходов трактора по следу							
	0	1	3	5	0	1	3	5
	отвальная технология				безотвальная технология			
Рентабельность, %								
50-55	23,3	10,7	24,0	-11,1	30,9	6,4	-9,6	-32,1
45-50	24,2	25,6	12,2	23,5	32,5	21,9	-11,7	-8,4
120-125	25,0	23,6	27,1	-3,0	31,1	4,2	-13,5	-37,2
80-85	18,1	14,1	3,9	8,0	29,0	-2,2	-12,5	-24,6
Условный чистый доход, руб./га								
50-55	1334	604	1374	-612	1625	328	-483	-1577
45-50	1375	1456	686	1335	1689	1122	-581	-418
120-125	1415	1333	1536	-166	1634	216	-676	-1811
80-85	1083	839	231	475	1547	-114	-641	-1249
Коэффициент энергетической эффективности								
50-55	2,7	2,4	2,8	1,9	3,0	2,3	2,0	1,4
45-50	2,8	2,9	2,5	2,8	3,0	2,7	1,9	2,0
120-125	2,8	2,8	2,9	2,1	3,0	2,3	1,9	1,3
80-85	2,7	2,6	2,6	2,3	3,0	2,2	1,9	1,7

В опыте по использованию сельскохозяйственных машин для основной обработки почвы в технологии возделывания сои (опыт 7) выявлен наиболее эффективный почвообрабатывающий агрегат: Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000. Прямые затраты на возделывание сои при использовании К-701 + ПЛН-8-40 составили 12,35 и 12,10 тыс. руб./га. Это на 9,7; 6,5-10,3% больше, чем при использовании Buhler Versatile + БДМ-8 и Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000 (таблица 43).

Таблица 43 – Экономическая эффективность возделывания сои в зависимости от используемых для обработки почвы агрегатов (2008–2010 гг.)

Показатели эффективности	Обработка почвы непосредственно после уборки предшественника			Обработка почвы через 2 недели после уборки предшественника		
	Buhler Versatile + БДМ-8	Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000	К-701 + ПЛН-8-40	Buhler Versatile + БДМ-8	Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000	К-701 + ПЛН-8-40
Стоимость валовой продукции, тыс. руб./га	26,98	27,9	28,63	23,84	32,23	31,60
Производственные затраты, тыс. руб./га	11,08	11,10	12,35	10,93	11,31	12,10
Условно чистый доход, тыс. руб./га	15,90	16,80	16,30	12,90	20,90	19,50
Себестоимость, тыс. руб./т	4,52	4,37	4,75	5,05	3,86	4,21
Затраты топлива, л/га	32,00	29,00	43,80	32,00	29,00	43,80
Рентабельность, %	143	152	132	118	185	161

В опыте по изучению влияния прямого посева на урожайность сои установлено, что использование агрегата Buhler Versatile + Amazone Primera DMC-12000 позволяет достигнуть наибольшей рентабельности производства за счет сокращения затрат на обработку почвы. Наибольшее количество продукции и доход от производства сои возможен при проведении отвальной основной обработки почвы агрегатом К-701 + ПЛН-8-35 (таблица 44).

Оценка влияния качества посева на экономические показатели выращивания пшеницы в ОАО «Димское» показала, что в варианте с дисковой сеялкой Sunflower самый высокий показатель ресурсоотдачи – 3,7 и рентабельности выращивания – 265,4%. (таблица Е.2).

Таблица 44 – Экономическая эффективность возделывания сои при прямом посеве, АО «Луч» (2015, 2016 гг.)

Обработка почвы	Расстояние от края поля, м	Урожайность, т/га	Производственные затраты, тыс. руб./га	Стоимость валовой продукции, тыс. руб./га	Условно чистый доход, тыс. руб./га	Рентабельность производства, %
К-701 + ПЛН-8-35	10	2,42	12,35	26,62	14,27	115,55
	50	2,17	12,13	23,87	11,74	96,85
	150	2,18	12,13	23,98	11,85	97,63
Buhler Versatile + Salford 9715 CTS	10	1,82	10,86	20,02	9,16	84,37
	50	1,88	10,89	20,68	9,79	89,89
	150	1,94	10,93	21,34	10,41	95,33
К-701 + КУП-6 (конструкции ДальНИИМЭСХ)	10	1,64	10,57	18,04	7,47	70,65
	50	1,62	10,56	17,82	7,26	68,68
	150	1,59	10,55	17,49	6,94	65,71
К-701 + БДМ-8х4П	10	2,01	10,74	22,11	11,37	105,88
	50	2,00	10,73	22,00	11,27	104,98
	150	1,32	10,48	14,52	4,04	38,55
Прямой посев (Buhler Versatile + Amazone Primera DMC-12000)	10	1,65	8,38	18,15	9,77	116,57
	50	1,75	8,42	19,25	10,83	128,59
	150	1,57	8,35	17,27	8,92	106,73

Прямой посев пшеницы по соевой стерне был выполнен многооперационными агрегатами на базе трактора Buhler Versatile + Salford 4050 и Morris Concept 2000. Для сравнительной оценки был использован агрегат ДТ-75М + 3 СЗ-3,6 по обработанной почве осенью культиватором с весенним боронованием до посева. Данные таблицы Е.3 свидетельствуют о преимуществе прямого посева пшеницы по соевой стерне агрегата в составе трактора Buhler Versatile с многооперационной машиной культиватором-сеялкой Salford 4050. Себестоимость выращивания при этом самая низкая – 1195 рублей за 1 тонну, а условная рентабельность – самая высокая. Посев пшеницы по обычной технологии более ресурсоемок, затраты на 1 га посева составляют 5012 рублей.

На посеве сои испытывались импортные агрегаты на базе трактора Buhler Versatile с сеялкой Sunflower и сеялкой – культиватором Salford 4050, агрегат МТЗ-80+ сеялка С-6ПМ1 и, в качестве контроля ДТ-75 М в агрегате с

сеялками СЗ-3,6. В целом лучшие результаты экономической оценки показали агрегаты МТЗ-80 + С-6ПМ1 и ДТ-75 М +3СЗ 3,6 (таблица 45).

Таблица 45 – Оценка влияния качества посева на экономические показатели возделывания сои, ОАО «Димское» (2007 г.)

Показатели	Buhler Versatile		МТЗ-80 + С-6ПМ1	ДТ-75 М + 3 СЗ-3,6
	Salford 4050	Sunflower		
Фактическая урожайность, т/га	1,19	0,65	1,58	1,53
Биологическая урожайность, т/га	2,8	2,6	1,9	3,1
Коэффициент качества	0,42	0,25	0,83	0,5
Доход с 1 га по биологической урожайности, тыс. руб./га	23,6	21,0	14,2	26,6
Доход с 1 га по фактической урожайности, тыс. руб./га	7,7	1,6	10,8	10,9
Потери дохода по показателям качества, тыс. руб./га	15,9	19,4	3,4	15,7
Условная рентабельность, %	183,2	33,6	216,7	245,4

Сравнительная экономическая оценка сеялки Amazone 09-60-Super проведена на базе ЗАО «Агрофирма АНК» по анализу эксплуатационных затрат по вариантам сеялок на посевах пшеницы показала более высокий уровень в варианте с сеялкой Amazone 09-60-Super в агрегате с трактором Foton TG 1454 за счет более высоких затрат на содержание техники. Более высокая производительности агрегата на базе Buhler Versatile на посевах сои и зерновых культур. Вместе с тем, этот вариант более экономичен по расходу топлива. Рентабельность варианта посева пшеницы сеялкой Amazone 09-60-Super в агрегате с трактором Foton TG 1454 выше других вариантов (таблица Е.4). Самый низкий экономический результат в варианте посева сеялкой культиватором типа Salford, поскольку в этом варианте несмотря на экономию эксплуатационных затрат получен самый низкий уровень урожайности.

Анализ эксплуатационных затрат на выращивании сои при посеве сеялками Amazone 09-60-Super, Salford AC и Salford T-1200 показал преимущество многооперационных широкозахватных машин по уровню эксплуатационных затрат на 1 гектар. Однако по показателю расхода топлива уступают

варианту при посеве агрегатом с сеялкой Amazone 09-60-Super. Экономическая оценка вариантов сеялок на посеве сои по совокупности положительных и отрицательных факторов показали преимущество энергонасыщенной техники и многооперационных машин (таблица 46).

Таблица 46 – Эффективность возделывания сои в зависимости от качества работы посевных агрегатов, ЗАО «Агрофирма АНК» (2008 г.)

Показатели	Foton + Amazone 09-60-Super	Buhler Versatile + Salford AC 240	Buhler Versatile + Salford T 1200
Урожайность, т/га	1,78	1,72	1,73
Себестоимость выращивания пшеницы, руб./тонну	3687	3570	3550
Рентабельность, %	198	208	210
Прямые эксплуатационные затраты, руб./га	6039	5649	5649
Чистая прибыль с 1 га, руб.	13016	12779	12889
Энергетическая себестоимость, ГДж/т	2,79	2,84	2,82
Чистый энергетический доход, ГДж/га	23520	22633	22793
Коэффициент энергетической эффективности	4,7	4,6	4,7

На основании результатов экспериментальных исследований по сравнению со средними данными по производству продукции растениеводства в Амурской области рассчитан дополнительный доход от оптимизации системы технологий и машин по агротехническим показателям. На выращивании сои и зерновых культур он может составить в регионе 4403,9 млн. руб. (3954,6 руб./га) за счет прироста урожайности и экономии затрат на обработку почвы и повышения качества посева и других агротехнических показателей.

Выводы

1. Наибольший коэффициент энергетической эффективности при возделывании ячменя и сои по отвальной обработке позволяет достичь система машин с гусеничным трактором тягового класса 3 массой 6,5 т – 2,55 и 3,04. Значительно увеличивается коэффициент энергетической эффективности по безотвальной осенней обработке при возделывании ячменя на 18,3%, при возделывании сои – на 32,2%; по безотвальной весенней – на 20,5 и 16,0 %.

2. Возделывание ячменя по безотвальной обработке нерентабельно при урожайности меньше, чем 1,13 т/га. Наибольшая урожайность, минимальная себестоимость и самые высокие показатели рентабельности получены при использовании гусеничного трактора тягового класса 3 с удельным давлением на почву 45-50 кПа, обеспечивающим оптимальные показатели агрофизических свойств почвы.

3. Наиболее эффективный для проведения зяблевой обработки почвообрабатывающий агрегат Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000. Рентабельность возделывания сои 185%.

4. Использование на прямом посеве сои агрегата Buhler Versatile + Amazone Primera DMC-12000 позволяет достигнуть наибольшей рентабельности производства за счет сокращения затрат на обработку почвы. Наибольшее количество продукции и доход от производства сои возможен при проведении отвальной основной обработки почвы агрегатом К-701 + ПЛН-8-35.

5. Высокая экономическая эффективность возделывания пшеницы достигается посевными агрегатами с дисковыми сошниками С-6ПМ1, СЗ-3,6 и Amazone 09-60-Super. На посеве сои наиболее высокую рентабельность показали варианты с энергонасыщенными тракторами и широкозахватными высокопроизводительными агрегатами Salford AC и Salford T-1200. Прямой посев зерновых культур и сои обеспечивает высокий уровень рентабельности производства продукции растениеводства.

6. Дополнительный доход от оптимизации системы технологий и машин по агротехническим показателям на выращивании сои и зерновых культур может составить в Амурской области 4403,9 млн. руб. (3954,6 руб./га) за счет прироста урожайности и экономии затрат на обработку почвы и повышения качества посева и других агротехнических показателей.

Глава 9 РЕКОМЕНДАЦИИ

9.1 Модель системы технологий и машин для крупного сельскохозяйственного предприятия (на примере АО «Луч» Амурской области)

Использование средств механизации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур должно быть адаптировано к местным природно-производственным условиям. Поэтому целесообразно проектировать систему земледелия непосредственно для конкретных условий землепользования хозяйства. Такой проект был выполнен для АО «Луч». В его основу были положены результаты обследования полей на засоренность, частичное агрохимическое обследование, фитопатологическая оценка посевов и семян, проведенные непосредственно в хозяйстве. Проведен анализ бухгалтерской и статистической отчетности сельскохозяйственного предприятия; результаты сортоиспытания на ГСУ и опытном поле АО «Луч»; карты засоренности полей; фитосанитарные паспорта полей; данные агрохимического обследования. При проектировании учтены рекомендации, содержащиеся в «Системе земледелия Амурской области» и «Системе технологий и машин для комплексной механизации растениеводства Амурской области» [329, 336].

В соответствии с результатами научных исследований и накопленного передового опыта учеными Дальневосточного ГАУ совместно со специалистами хозяйства разработана для АО «Луч» система земледелия и издана в виде рекомендаций [331, 359].

Проектируемая для АО «Луч» система земледелия представляет собой научно-обоснованный комплекс способов производства продукции растениеводства, форм рационального использования агроландшафтов и ресурсно-энергетического потенциала хозяйства, воспроизводства плодородия почвы и сохранения экологического равновесия территории. В проект системы земледелия включены следующие элементы: система севооборотов, система обработки почвы в севообороте, интегрированная система защиты растений от

вредных организмов, система удобрения возделываемых культур и воспроизводства плодородия почв, система технологий возделывания сельскохозяйственных культур, система семеноводства, система кормопроизводства, система машин. Элементы системы земледелия максимально адаптированы к агроландшафтам хозяйства, учитывают климатические и почвенные особенности местности, инфраструктуру хозяйства, социальные факторы, опыт и традиции населения, условия рынка.

В структуре посевных площадей АО «Луч» преобладают соя и зерновые культуры. Пересмотр системы севооборотов в хозяйстве обусловлен увеличением общей площади пашни; необходимостью увеличения в структуре посевов доли культур, имеющих высокую экономическую эффективность. Гибкость севооборота может быть достигнута путем использования сортов сои различных групп спелости. Рекомендованы следующие схемы севооборотов. Полевой № 1 (4146,0 га): 1) Ячмень с подсевом многолетних трав; 2 – 4) Многолетние травы; 5, 6, 8, 10) Соя; 7, 9) Пшеница. Полевой № 2 (4418,0 га): 1) Ячмень с подсевом многолетних трав; 2 – 4) Многолетние травы; 5, 6, 8, 10, 12) Соя; 7, 11) Пшеница; 9) Ячмень. Полевой № 3 (768,0 га): 1) Ячмень, пожнивной сидерат; 2, 4) Соя; 3) Овес. Полевой № 4 (520,0 га): 1) Овес, пожнивной сидерат; 2, 4) Соя; 3) Овес. Полевой № 5 (330,0 га): 1) Ячмень с подсевом многолетних трав; 2 – 4) Многолетние травы; 5, 6, 8, 10) Соя; 7) Пшеница; 9) Однолетние травы + овес. Полевой № 6 (192,0 га): 1) Ячмень, пожнивной сидерат; 2, 4) Соя; 3) Пшеница. Полевой № 7 (460,0 га): 1) Пшеница с подсевом многолетних трав; 2 – 4) Многолетние травы; 5, 6, 8, 10) Соя; 7, 9) Пшеница. Кормовой № 1 (589,0 га): 1) Однолетние травы с подсевом многолетних трав; 2 – 4) Многолетние травы; 5, 6, 8, 10) Соя; 7, 9) Однолетние травы. Кормовой № 2 (708,0 га): 1) Однолетние травы, пожнивной сидерат; 2, 4) Соя; 3) Однолетние травы. Овощной (100,0 га): 1) Парчистый; 2) Овощи; 3) Пшеница; 4) Картофель, тыква. Картофельный (350,0 га): 1) Однолетние травы с подсевом многолетних трав; 2 – 4) Многолетние травы; 5, 6) Картофель; 7) Однолетние травы.

Система обработки почвы - один из главных элементов системы земледелия, тесно связанный с имеющимися в хозяйстве средствами механизации. Для АО «Луч» должна решать следующие задачи: создавать оптимальные для роста растений агрофизические свойства почвы, регулировать почвенные режимы, способствовать накоплению и рациональному расходованию влаги в первой половине вегетационного периода, в период муссонных дождей - предотвращать переувлажнение и развитие водной эрозии почвы; ослаблять ветровую эрозию; усиливать биологическую активность почвы; способствовать благоприятному для растений фитосанитарному состоянию почвы, повышению эффективности удобрений, мелиорации и других приемов земледелия. Мероприятия, предусмотренные системой обработки почвы должны проводиться своевременно, с наилучшим качеством, что во многом зависит от состояния технических средств. При проектировании учитывали следующие принципы: минимализация, сочетание отвальных и безотвальных приемов, разноглубинность, почвозащита (таблицы Ж.1, Ж.2).

Основа системы мер борьбы с сорняками АО «Луч» - предупредительные мероприятия. Большое значение имеет обработка почвы, соблюдение научно обоснованного чередования культур в севообороте, рациональное использование химических средств в сочетании с агротехническими мероприятиями. Создание наилучших условий для произрастания культурных растений повышает их конкурентоспособность.

Система воспроизводства плодородия почв АО «Луч» включает биологические, агрофизические, агрохимические мероприятия. Резервы повышения органического вещества в почве: внесение навоза, возделывание многолетних трав, применение сидеральных паров, заплата соломы после уборки зерновых культур. В качестве сидеральных культур могут быть использованы: отава многолетних трав, соя, редька масличная, рапс, овес. Культуры на сидерат эффективно возделывать в пожнивных посевах. Система удобрения разработана для каждого поля с учетом требований возделываемой культуры и содержания питательных веществ в почве.

Интегрированная система защиты растений от вредителей и болезней в АО «Луч» включает основные признаки современной организации фитосанитарных мероприятий и сдерживание вредных организмов на безопасном уровне на основе четкого прогноза вредоносности отдельных видов. К химическому методу прибегают лишь в том случае, когда численность вредного объекта превышает экономический порог вредоносности. Вместо сплошных обработок целесообразно практиковать очаговые, ленточные, краевые. Получить высокую эффективность, сократить количество обработок, снизить расход пестицида позволит применение баковых смесей.

Система кормопроизводства АО «Луч» должна обеспечивать потребность животных общественного и частного сектора в полноценном кормлении. Исходя из планируемого поголовья, рассчитана потребность в кормах и план их производства на пашне. Сено для общественного животноводства и для продажи населению производится путем посева многолетних трав наиболее продуктивными и устойчивыми четырехкомпонентными злаково-бобовые травосмесями с нормой высева кострец безостый 13 + тимофеевка 10 + люцерна 3 + клевер 3 кг/га. Обеспечение зелеными кормами осуществляется также за счет посевов многолетних и однолетних трав.

В повышении эффективности растениеводства большое значение имеет комплексная механизация процесса производства продукции. В АО «Луч» на 100 га пашни приходится 0,9 эталонных трактора, что меньше потребности в 1,3 раза; плугов меньше нормы в 5,3 раза; луцильников - в 4,8 раза; борон - в 4,2 раза; культиваторов-растениепитателей - в 22 раза; культиваторов для сплошной обработки почвы - в 4,6 раза; сцепок - в 6,9 раза; сеялок - в 2,6 раза; комбайнов зерноуборочных - в 3,9 раза; жаток - в 3,0 раза; подборщиков - в 2,8 раза. Нагрузка на один комбайн – 359 га (больше нормы в 3,9 раза), нагрузка на жатку и подборщик больше нормы в 3 раза. Система машин хозяйства требует пополнения новой техникой. Выполнением предложенного комплекса мероприятий предусмотрено получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур высокого качества, повышение продуктивно-

сти земледелия. Обеспечение при ее освоении повышения урожайности сои до 2-2,5 т/га, зерновых – 2,5-3,0 т/га, картофеля – 15 т/га, многолетних трав на сено – 2,0 т/га. Увеличение выхода продукции на 100 га пашни на 28%; кормовых единиц - на 62%.

К условиям АО «Луч» проведен расчет агротехнической эффективности системы технологий и машин. Определены показатели за период 1991 - 2016 гг. по сравнению с 1986-1990 гг. результаты оценки приведены в разделе 7.3. Хозяйство оснащено современной техникой. В структуре машинно-тракторного парка наряду с отечественными машинами эксплуатируются тракторы Buhler Versatile, Джон Дир-1204D, New Holland, посевные комплексы Salford-4050, опрыскиватели Amazone UG 3000 и другие. В последние годы отмечается тенденция к повышению агротехнической эффективности системы технологий и машин. За 2014-2016 годы увеличились на 80% выход товарной продукции и на 66% землеотдача. В АО «Луч» в 2012 – 2016 гг. проведены исследования по обоснованию системы технологий и машин для возделывания сои с проведением прямого посева Buhler Versatile + Amazone Primera DMC-12000 с отвальной вспашкой К-701 + ПЛН-8-35, глубоким рыхлением Buhler Versatile + Salford 9715 CTS, культивацией К-701 + КУП-6 (конструкция ДальНИИМЭСХ), дискованием К-701 + БДМ-8х4П. Результаты экспериментальных исследований приведены в разделе 5.2., рекомендации используются для повышения эффективности функционирования модели системы технологий и машин для производства продукции растениеводства в АО «Луч». В связи с изменением состава машинно-тракторного парка, структуры посевных площадей, фитосанитарной обстановки посевов, изменением показателей почвенного плодородия необходимо периодически актуализировать рекомендации по системе земледелия сельскохозяйственного предприятия. Поэтому важно накапливать информацию об изменении природно-производственных условий и использовать ее для управления функционированием системы технологий и машин.

9.2 Программа управления системой технологий и машин (информационная система «Паспорт поля» на примере ЗАО «Агрофирма АНК»)

Основная цель функционирования системы технологий и машин – производство продукции растениеводства. Для получения высоких, устойчивых, хорошего качества урожаев необходимо учитывать множество факторов, зависящих от природно-производственных условий региона. Управление системой технологий и машин должно осуществляться на основе мониторинга состояния системы по показателям почвенного плодородия, качеству и соблюдению сроков выполнения технологических приемов и другим параметрам. При разработке технологии возделывания необходимо провести анализ конкретных природно-производственных условий на территории данного хозяйства. При планировании подготовки почвы, необходимо учитывать сроки уборки предшественника, тип почвы, тип засоренности, сроки посева. При планировании мер борьбы с сорняками необходимо иметь информацию по засоренности (степень засоренности, тип засоренности, наиболее распространенные сорняки и др.). При разработке системы удобрений необходимо учитывать содержание в почве доступных растениям элементов питания, биологические особенности предшественника, внесение удобрений под предшественник и др.

Всю необходимую информацию желательно учитывать за длительный период времени. В каждом хозяйстве должна создаваться соответствующая база данных. В паспортах полей ежегодно отражается текущая информация. Она используется в последующем при разработке и корректировке технологий возделывания культур. Паспортизация полей позволяет оценить эффективность агротехнических мероприятий.

С развитием информационных технологий расширяются возможности использования почвенного, экологического мониторинга, агротехнических параметров земледелия. С этой целью в Дальневосточном государственном

аграрном университете разработана информационная система «Паспорт поля», в которую входят «Программа для создания паспортов полей сельскохозяйственного назначения» и «Программа для анализа паспортов полей сельскохозяйственного назначения». Информационная система «Паспорт поля» апробирована в ЗАО «Агрофирма АНК» и может быть внедрена в сельскохозяйственных предприятиях различных форм. Создание информационной системы «Паспорт поля» - важный шаг к использованию ГИС-технологий и переходу к точному земледелию [361, 96, 95].

Информационная система «Паспорт поля» содержит в себе информацию о площади поля, характеристике показателей почвенного плодородия, об урожайности культур, о фитосанитарном состоянии посевов. Включает информацию о технологических операциях и составе агрегатов по их выполнению; информацию о соблюдении агротехнических требований.

Информационная система «Паспорт поля» обеспечивает выполнение функций ввода, хранения, быстрого доступа к информации; использования справочной информации. Для ввода информации об участках, служит главная форма, приведенная на рисунке 41.

ID участка IIIв-1/88

Выбрать на карте Код цвета: F5F8

Площадь участка: 80

№ севооборота: 1

Тип почвы: лугово-черноземовидная м

Гранулометрический состав: глинистый

Мощность пахотного слоя: 22 см

Бонитет: 100/100

Агрохимическая характеристика:

Кислотность: Гидролитическая: 2,6; pH сол: 5,6; Группа кислотности: IV

Год обследования: 1999

Гумус, %: 3,1

Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100г почвы: 18,9

Подвижных форм, мг/кг: P205: 63; K20: 169

Группа по содержанию: P205: III; K20: IV

Запись: 1 из 2

Год: 2008 **Культура:** пшеница **Сорт:** Амурская-1495 **Урожайность:** 10,8

Состояние посевов в период вегетации: густота посевов: 10.05.08. - 665 шт./м кв.; 05.08.08. - 592 шт./м кв.

Копировать ТО Вставить ТО

Вредители и болезни:	Величина:	Ед. изм.:
Фузариоз	3	растений/м.кв.
Гельминтоспориз	19	растений/м.кв.
*		

Тип засоренности: малолетний

Балл засоренности: 3

Сорняки: пикульник двунадрезанный, горец вьюнковый, марь белая

Название технологической операции: посев **Дата начала:** 16.04.2008

Агрегат: ДТ-175С+ЗС3-3,6 **Дата окончания:** 17.04.2008

Агротехнические показатели (ресурсы): Вид ресурса: Семена; Ресурс: семена пшеницы; Доза(норма) на га: 266,8

Примечание: с одновременным внесением удобрений

Порядок:

Запись: 1 из 2

Рисунок 41 – Главная форма ввода данных

Предусмотрена функция выбора поля с помощью карты. Каждому участку землепользования присвоен свой индекс (ID участка), в котором отражена принадлежность данного участка к определенному полю севооборота. В индексе заложена информация об индивидуальной истории участка, связанной особенностями обработки почвы, посевом различных культур, различными нормами внесения гербицидов и так далее, указана площадь участка, согласованная с проектом землеустройства.

С помощью соответствующих отчетов по годам можно выбрать данные о культурах на всех полях с указанием сортов и площадей, а также суммарный расход ресурсов для проведения технологических операций. Информация, представленная в паспортах полей позволяет оперативно отслеживать все происходящие на территории землепользования изменения. Паспорта полей хранят информацию по мониторингу окружающей среды, позволяют провести анализ конкретных природно-производственных условий на территории данного хозяйства (рисунок 42).

Паспортизация полей позволяет оценить эффективность агротехнических мероприятий. База данных является основой для дальнейшего анализа и создания новой преобразованной информации. Записи в паспортах полей способствуют составлению грамотных агротехнических и организационно-хозяйственных мероприятий, направленных на повышение эффективности производства. Информационная система «Паспорт поля», в которой накоплены предыстория проектируемых севооборотов является существенным подспорьем при проектировании системы земледелия хозяйства, когда необходимо провести анализ конкретных природно-производственных условий на территории данного хозяйства. При планировании подготовки почвы, необходимо учитывать сроки уборки предшественника, тип почвы, тип засоренности, сроки посева. При планировании мер борьбы с сорняками необходимо иметь информацию по засоренности (степень засоренности, тип засоренности, наиболее распространенные сорняки и др.).

Отчет по участку: Ia(1)-1/127									
Площадь поля: 127 га № 1									
Тип почвы: бурая лесная на аллювии									
<i>Агрохимическая характеристика пахотного слоя</i>									
Год обследования	Кислотность			Подвижных форм, мг/кг		Группа по содержанию		Гумус, %	Сумма поглощенных оснований, мг.экв/100г почвы
	гидролитическая	РН сол.	группа	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O		
1999	1,7	6,2	V	184	115	V	III	1,6	17,4
1987	3,2	5,2	III	52	139	III	IV	2,5	19,3
<i>Информация по культурам</i>									
Год	2009	2008	2007	2006	2005				
Культура	соя	пшеница	соя	ячмень	соя				
Сорт	Гармония	Арюна	Соната	Ача	Даурия				
Урожайность, т/га	15,3	12,6	24,2	11,7					
<i>Засоренность</i>									
Год	2009	2008	2007	2006	2005				
Тип засоренности (степень, балл)	малолетне-корнеотпрысковый(3)	малолетне-корневищно-корнеотпрысковый (3)	малолетний(4)	корневищный (2)	малолетне-корневищный (3)				
Преобладающие сорняки	акалифа южная, бодяк полевой	просо куриное, пырей ползучий, бодяк полевой	акалифа южная	пырей ползучий	дурнишник сибирский, хвощ полевой				
<i>Вредители, болезни</i>									
Вид	Ед. изм.	2009	2008	2007	2006	2005			
Септориоз	%	10,00	-	12,00	-	30,00			
Корневая гниль	%	-	-	-	-	43,00			
Пыльная головня	раст./м кв.	-	4,76	-	5,01	-			
Пероноспороз	%	28,00	-	7,00	-	-			
Фузариоз	раст./м кв.	-	3,00	-	3,50	-			
Клоп люцерновый	шт. на раст.	0,10	-	-	-	-			
<i>Технологические операции</i>									
Начало	Окончание	Операция	Агрегат	Примечание					
18.04.2008	19.04.2008	боронование	Т-4+СГ-21+БЗСС-1,0	закрытие влаги					
20.04.2008	21.04.2008	посев	Buhler 2425+Salford (сеялка - культиватор)	с внесением удобрений					
24.04.2008	26.04.2008	прикатывание	МТЗ-80+ЗКВГ-1,4						
10.06.2008	11.06.2008	обработка гербицидом+подкормка	МТЗ-80+опрыскиватель						
06.08.2008	07.08.2008	вывоз	МАЗ						
06.08.2008	07.08.2008	уборка	МЕГА 350. МЕДИОН 310.	прямое комб.					
25.08.2008	27.08.2008	культивация	Бюллер 435 пол.культив.	глубина обр.10-12см					
26.04.2009	28.04.2009	боронование	Т-150, Т-4+СГ-21+БЗСС-1,0	закрытие влаги					
12.05.2009	16.05.2009	культивация	Buhler 2425+Salford (культиватор)	глубина обработки 12-14 см					
18.05.2009	21.05.2009	посев	Buhler 2425+Salford (сеялка- культиватор)	без удобрений					
19.05.2009	22.05.2009	прикатывание	МТЗ-80+ЗКВГ-1,4						
13.06.2009	16.06.2009	боронование всходов	Buhler 2425, Buhler 435 + Дегильман						
22.06.2009	25.06.2009	обработка гербицидом	МТЗ-80 + ПЖУ-0,5						

Рисунок 42 – Пример отчета по участку.

При разработке системы удобрений необходимо учитывать содержание в почве доступных растениям элементов питания, биологические особенности предшественника, внесение удобрений под предшественник и др. Информационные ресурсы электронной паспортизации полей дают полное представление о состоянии и эффективном использовании землепользования и являются основой для разработки научно обоснованных технологических и организационных мероприятий системы технологий и машин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Существующая система технологий и машин для производства продукции растениеводства не удовлетворяет предъявляемым агротехническим требованиям. В связи с этим снижается эффективность производства продукции растениеводства. Урожайность сои, основной культуры специализации региона остается в 2-3 раза меньше биологического потенциала возделываемых сортов.

2. Разработана структурно-логическая схема формирования системы технологий и машин, позволяющая рационально использовать средства механизации технологии с целью снижения негативного воздействия на почву. Для достижения наибольшего урожая ячменя луговую черноземовидную почву необходимо поддерживать в состоянии плотности от 1,04 до 1,27 г/см³, сои от 1,12 до 1,30 г/см³; бурую лесную – от 1,0 до 1,3 г/см³.

3. Проведена оценка влияния тракторов, используемых в системе технологий и машин, на уплотнение почвы и урожайность сои и зерновых культур. Неуплотненной площади к уборке больше всего остается при работе гусеничного и колесного тракторов тягового класса 3 с шириной следа 415 и 530 мм. Существенное снижение урожайности следует ожидать на площади поля, занимаемой уплотнением в три и более следов тракторов (10% - ячмень, 26% - соя). Безотвальная обработка позволяет сократить уплотняемую тракторами площадь в 1,65 раз (зерновые культуры) и 1,2 раза (соя). Зависимость урожайности от плотности луговой черноземовидной почвы выражается уравнениями: $y = -3,0791x + 5,299$ (соя), $y = -6,21x + 9,87$ (ячмень).

4. Установлена зависимость урожайности сои и зерновых культур от агротехнических приемов основной обработки почвы и посевных агрегатов, перспективных для применения в системе технологий и машин. Наибольшее разуплотняющее воздействие оказывают глубокое рыхление Buhler Versatile + Salford 9715 CTS и отвальная вспашка. Культивация стерни предшественника снижает на 27% долю многолетних сорняков в структуре соевого агро-

фитоценоза по сравнению с дискованием. Уменьшение засоренности посевов ячменя на 3% по безотвальной обработке, на 6% по отвальной увеличивает урожайность на 0,24 т/га. Дискование БДМ-8х4П в системе основной обработки почвы и прямой посев Amazone Primera DMC-12000 приводят к значительному увеличению в структуре соевого агрофитоценоза многолетних сорняков. Существенное увеличение урожайности сои обеспечивает применение отвальной вспашки в системе основной обработки почвы.

5. Наиболее эффективной по агротехническим показателям является система машин для возделывания зерновых культур и сои с гусеничными тракторами тягового класса 3 с давлением на почву 45-55 кПа. Обновление и переоснащение машинно-тракторного парка, обеспечивающего качество и своевременность технологических приемов возделывания культур, способствуют повышению агротехнической эффективности системы технологий и машин сельскохозяйственных предприятий, что подтверждается анализом АО «Луч» и ЗАОр (нп) агрофирма «Партизан», имеющих показатели выше средних по региону на 43% - 73% по сое и на 56% - 64% по зерновым культурам.

6. На основе экспериментальных исследований дана агроэнергетическая и экономическая оценка системы технологий и машин для производства продукции растениеводства. Наибольшей энергетической эффективностью возделывания зерновых культур и сои позволяет достичь система машин с гусеничным трактором тягового класса 3 с давлением на почву 45-50 кПа. Наиболее экономически эффективен для обработки почвы в технологии возделывания сои агрегат Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000 с рентабельностью 183,7% при урожайности 2,93 т/га. Высокая экономическая эффективность возделывания пшеницы достигается посевными агрегатами с дисковыми сошниками С-6ПМ1 и Amazone 09-60-Super, сои – Salford AC и Salford T-1200. Прямой посев зерновых культур и сои обеспечивает высокий уровень рентабельности производства продукции растениеводства. Дополнительный доход от оптимизации системы технологий и машин по агротехни-

ческим показателям на выращивании зерновых культур и сои может составить 3955 руб./га за счет улучшения агрофизических свойств почвы, прироста урожайности и экономии затрат.

7. Обоснована модель системы технологий и машин для крупного сельскохозяйственного товаропроизводителя. Для повышения эффективности системы технологий и машин АО «Луч» требуется увеличить парк тракторов на 100 га пашни в 1,3 раза; луцильников - в 4,8 раза; борон - в 4,2 раза; культиваторов-растениепитателей - в 22 раза; культиваторов для сплошной обработки почвы - в 4,6 раза; сцепок - в 6,9 раза; сеялок - в 2,6 раза; комбайнов зерноуборочных - в 3,9 раза; жаток - в 3,0 раза; подборщиков - в 2,8 раза.

8. Разработана программа управления системой технологий и машин (авторские свидетельства № 2014616453 и № 2014616199). Информационные ресурсы электронной системы паспортизации полей дают полное представление о состоянии и эффективном использовании землепользования и являются основой для разработки мероприятий по повышению эффективности системы технологий и машин для производства продукции растениеводства.

Рекомендации производству

1. Для достижения наибольшего урожая ячменя луговую черноземовидную почву необходимо поддерживать в состоянии плотности от 1,04 до 1,27 г/см³, сои от 1,12 до 1,30 г/см³; бурую лесную – от 1,0 до 1,3 г/см³. Для увеличения урожайности ячменя на 0,24 т/га необходимо уменьшение засоренности посевов на 3% по безотвальной обработке, на 6% по отвальной. Для достижения наибольшего разуплотнения почвы целесообразно проводить глубокое рыхление Buhler Versatile + Salford 9715 CTS и отвальную вспашку.

2. Для достижения наибольшей агротехнической эффективности возделывания зерновых культур и сои целесообразно проектировать систему машин с гусеничными тракторами тягового 3 класса с давлением на почву 45-55 кПа.

3. Для обеспечения наилучшей экономической эффективности возделывания сои рекомендуем основную обработку почвы проводить не ранее

чем через две недели после уборки предшественника агрегатом Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000.

4. Для достижения высокой экономической эффективности возделывания пшеницы рекомендуем использовать посевные агрегаты с дисковыми сошниками С-6ПМ1 и Amazone 09-60-Super, сои – Salford AC и Salford T-1200. Для достижения наибольшей рентабельности производства продукции растениеводства за счет сокращения затрат на обработку почвы целесообразно проводить прямой посев зерновых культур и сои Buhler Versatile + Amazone Primera DMC-12000.

5. Для повышения агротехнической эффективности системы технологий и машин сельскохозяйственных предприятий необходимо обновление и переоснащение машинно-тракторного парка, обеспечивающего качество и своевременность технологических приемов возделывания культур. Для эффективного управления функционированием системы технологий и машин, разработки научно обоснованных технологических и организационных мероприятий рекомендуем использовать информационные ресурсы разработанной в Дальневосточном ГАУ системы электронной паспортизации полей (авторские свидетельства № 2014616453 и № 2014616199), дающие полное представление о состоянии и эффективном использовании землепользования.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Полученные в результате экспериментальных исследований решения, позволяющие повысить агротехническую эффективность системы технологий и машин для получения наибольшего урожая сои и зерновых культур за счет рационального воздействия на почву в процессе обработки и посева, необходимо использовать для проектирования оптимальной системы технологий и машин для производства продукции растениеводства в регионе.

Дополнение программы управления функционированием системы технологий и машин данными о дифференциации почвы по агрофизическим показателям позволит углубить структурно-логическую схему формирования системы технологий и машин с позиций гис-технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абазова, М.А. Агротехнические и химические меры борьбы с сорняками на посевах сои в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики: Автореферат дис. канд. с.-х. наук / М.А. Абазова. – Нальчик, 2006. – 22 с.
2. Абраменко, А.П. Рекомендации по возделыванию сои в Приморском крае / В.П. Абраменко, А.П. Ващенко, А.С. Корляков и др. – Владивосток: Агроконсул, 2005. – 48 с.
3. Агропромышленный комплекс России в 2015 году / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – Москва, 2016. – <http://mcx.ru/upload/iblock/027/02724dad76c105479372596335495645.pdf>.
4. Алабушев, В.А. Биологические особенности образования и созревания зерна ярового ячменя в условиях неустойчивого увлажнения / В.А. Алабушев, Т.А. Чепец // Сельскохозяйственная биология, 1986. – №9. – С. 3-9.
5. Альт, В.В. Информационные технологии в инновационном развитии АПК Сибири / В.В. Альт // Сельскохозяйственные машины и технологии, 2013. – №2. – С. 20-23.
6. Альт, В.В. К вопросу создания информационно-поисковых баз данных / В.В. Альт, Т.А. Гурова, Т.Н. Боброва, С.Г. Денисюк // Всерос. науч.-исслед. ин-т электрификации сел. хоз-ва, 2010. – Ч.5. – С 85-89.
7. Амурский статистический ежегодник 2017: Статистический сборник / Амурстат. – Благовещенск, 2017. – http://amurstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/amurstat/ru/publications/official_publications/electronic_versions.
8. Андреев, В.Л. Ресурсосбережение при основной обработке почвы / В.Л. Андреев, С.Л. Демшин, Р.Р. Нуризянов, и др. // Земледелие, 2008. – №1. – С. 22-23.
9. Арабаджиев, С.Д. Соя / С.Д. Арабаджиев, А. Ваташкин, К. Гор-

нова и др. Пер. с бол. Е.С. Сигаева. – М.: Колос, 1981. – 197 с.

10. Баздырев, Г.И. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии / Г.И. Баздырев. – М.: Изд-во МСХА, 1993. – 242 с.

11. Бараев, А.И. Почвозащитное земледелие / А.И. Бараев. – М.: Колос, 1975. – 303 с.

12. Баранов, В.Ф. Возделывание сои на склоновых землях Краснодарского края / В.Ф. Баранов, С.А. Козинец // Земледелие, 2003. – №1. – С. 27-28.

13. Баранов, В.Ф. Соя на Кубани / В.Ф. Баранов, А.В. Кочегура, В.М. Лукомец. – Краснодар: ВНИИМК, 2009. – 320 с.

14. Барсуков, Л.Н. Изменение условий плодородия в различных прослойках пахотного слоя в зависимости от обработок / Л.Н. Барсуков, К.М. Забавская // Почвоведение, 1953. – №12. – С. 18-27.

15. БДМ-Агро / bdm-agro.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bdm-agro.ru/page63.php>.

16. Безруков, В.И. Исследование влияния влажности почвы на работу пахотных агрегатов в условиях Амурской области: Автореферат дис. канд. техн. наук. – Омск, 1967. – 18 с.

17. Белов, Г.Д. Уплотнение почвы тракторами и урожай / Г.Д. Белов, А.П. Подолько // Земледелие, 1976. – №9. – С. 46-47.

18. Беляков, И.А. Агроекономическая эффективность применения посевных комплексов и мульчирующей обработки на каштановых почвах Нижнего Поволжья: автореферат дис.... кандидата сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / Иван Александрович Беляков. – Астрахань, 2012. – 20 с.

19. Беляков, И.И. Ячмень в интенсивном земледелии / И.И. Беляков. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 175 с.

20. Богданов, А.Е. Эколого-экономическая модель сельскохозяйственного предприятия: пути решения на примере крестьянско-фермерского хозяйства «Дружба» Воронежской области / А.Е. Богданов, М.И. Лопырев. – Вестник Воронежского государственного аграрного университета, 2008. – №

1-2. – С. 69-73.

21. Боголепов, С.П. Борьба с сорной растительностью при применении плоскорезной обработки / С.П. Боголепов, Р.С. Мушинская, Н.А. Максютов // Труды ВНИИМС, 1977. – Т. 22. – С. 146-148.

22. Болотов, А.Т. Избранные сочинения по агрономии, плодоводству, лесоводству, ботанике / А.Т. Болотов. – М., 1952. – С. 6-15.

23. Большакова, Б.В. Влияние энергосберегающих технологий обработки почвы, удобрений и гербицидов на засорённость посевов и урожайность полевых культур / Е.В. Большакова, М.Ю. Кочевых, А.М. Труфанов и др. // Известия ТСХА, 2009. – Вып. 3. – С. 26-37.

24. Бондарев А.Г. Теоретические основы и практика оптимизации физических условия плодородия почв / А.Г. Бондарев // Почвоведение, 1994. – №11. – С. 10 - 15.

25. Бондарев, А.Г. Переуплотнение почв сельскохозяйственной техникой, прогноз явления и процессы разуплотнения / А.Г. Бондарев, И.В. Кузнецова, П.М. Сапожникова // Почвоведение, 1994. – №4. – С. 58 - 64.

26. Бондарев, А.Г. Проблема регулирования физических свойств почв в интенсивном земледелии / А.Г. Бондарев // Почвоведение, 1988. – №9. – С. 64 -70.

27. Бондарев, А.Г. Проблема уплотнения почв сельскохозяйственной техникой и пути её решения / А.Г. Бондарев // Почвоведение, 1990. – №5. – С. 31 - 37.

28. Борисоник, З.Б. Ячмень яровой / З.Б. Борисоник. – М.: Колос, 1981. – 207 с.

29. Бричагина, А.А. К вопросу о системе машин / А.А. Бричагина, В.К. Евтеев // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: Материалы IV международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной войне (1941-1945 гг.) и 100-летию со дня рождения А.А. Ежевского (27-29 мая 2015 года). Часть I. – Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ, 2015. – С. 123-127.

30. Бузенков, Г.М. Совершенствовать систему машин для производства зерна / Г.М. Бузенков // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства, 1979. – №3. – С. 1-3. 32.
31. Бумбар, И.В. Актуализация развития сельхозмашиностроения как основа выполнения доктрины продовольственной безопасности страны / И.В. Бумбар, М.В. Канделя, В.Н. Рябченко // Региональные проблемы, 2009. – № 12. – С. 88-93.
32. Бумбар, И.В. Состояние и проблемы развития сельскохозяйственной техники в свете проекта доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации / И.В. Бумбар, М.В. Канделя, В.Н. Рябченко // Дальневосточный аграрный вестник, 2009. – № 3 (11). – С. 41-49.
33. Бумбар, И.В. Уборка сои: монография / И.В. Бумбар. – Благовещенск: ДальГАУ, 2006. – 257 с.
34. Бумбар, И.В. Экспресс-оценка комбайнов на уборке зерновых культур / И.В. Бумбар, В.И. Лазарев, И.А. Лонцева, Е.Б. Захарова // Дальневосточный аграрный вестник. – Благовещенск: ДальГАУ, 2010. – Вып. 4(16). – С. 35 – 38.
35. Буряков, Ю.П. Соя. Интенсивная технология. / Ю.П. Буряков, А.Д. Сорокин и др. – М: ВО «Агропромиздат», 1988. – 336 с.
36. Бушнев, А.С. Особенности обработки почвы под сою / А.С. Бушнев // Земледелие, 2010. – №3. – С. 21-23.
37. Буянкин, Н.И. Ключевые показатели минимизации обработки / Н.И. Буянкин, В.Н. Слесарев, А.Г. Краснопёров // Земледелие, 2004. – №4. – С. 14-15.
38. В Белоруссии появилась электронная версия книги истории полей севооборота, 2008. – <http://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnaya-sistema-pasportizatsii-poley-selskohozyaustvennogo-predpriyatiya>.
39. Вавилов, П.П. Бобовые культуры и проблема растительного белка / П.П. Вавилов, Г.С. Посыпанов. – М.: «Россельхозиздат», 1983. - 256 с.
40. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств поч-

вы / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

41. Вакулин, А.А. Изменение некоторых физических свойств почвы в процессе механического воздействия ходовой части трактора / А.А. Вакулин, С.П. Сучак // Труды ВСХИ, 1981. – Т. 75. – С. 72-77.

42. Васюков, П.П. Минимальная обработка почвы при возделывании озимой пшеницы по различным предшественникам / П.П. Васюков, В.И. Цыганков // Земледелие, 2008. – №5. – С. 27-28.

43. Ваулин, А.В. Определение достоверности средних многолетних показателей краткосрочных полевых опытов при обработке результатов исследований методом дисперсионного анализа / А.В. Ваулин // Агрохимия. – 1998. – №12. – С. 71-75.

44. Ваулин, А.Ю. Обоснование элементов технологии возделывания сои в северной лесостепи Челябинской области: автореферат дис. канд. с.-х. наук: 06.01.09 / А.Ю. Ваулин. -Челябинск, 2006. – 136 с.

45. Вахонин, Н.К. Книга истории полей как базисная компонента информационной системы агропредприятия для оптимизации хозяйствования / Н.К. Вахонин // Мелиорация переувлажненных земель, 2007. – №2 (58). – С. 17-25.

46. Велижанских, Л.В. Элементы технологии возделывания сои в северной лесостепи Тюменской области: автореферат дис. канд. с.-х. наук: Спец.: 06.01.01. / Л.В. Велижанских. – Тюмень, 2011. – 118 с.

47. Вилде, А.А. Почвощадящие технологии и машины / А.А. Вилде, У.Э. Пиннис // Тракторы и сельхозмашины, 1989. – №5. – С. 15 - 17.

48. Власенко, Н.Г. Приемы агротехники, способствующие оптимизации фитосанитарного состояния посевов ячменя / Н.Г. Власенко, Т.П. Садохина // Земледелие, 2010. – №6. – С. 30-31.

49. Волох, И.П. Эффективность технологий возделывания сои в севообороте с многолетними травами в южной зоне Приамурья / И.П. Волох, Ю.Н. Казачков, Б. А. Коротенко, Г.А. Шелевая // Проблемы комплексной механизации производства и переработки сельскохозяйственной продукции

АПК Дальнего Востока. – Благовещенск, 2003. – С. 147-152.

50. Вольтерс, И.А. Влияние предшественников на строение пахотного слоя / И.А. Вольтерс, Г.Р. Дорожко // Аграрная наука, 2007. – №4. – С. 11-12.

51. Воробьев, С.А. Земледелие / С.А. Воробьев. – М.: Агропромиздат, 1991. – 527 с.

52. Вредные организмы сои и система фитосанитарной оптимизации её посевов / Монография // Под ред. В.А. Чулкиной. – Новосибирск, 2003. – 528 с.

53. Временные рекомендации по ограничению воздействия движителей сельскохозяйственной техники на почву. — М.: Агропромиздат, 1985. – 14 с.

54. Гавва, И. Проблема уплотнения почв в Канаде / И. Гавва // Земледелие, 1985. – №3. – С. 26.

55. Гармашов, В.М. Минимализация обработки почвы в Центрально-Черноземной зоне / В.М. Гармашов // Земледелие, 2007. – №7. – С. 8.

56. Гильгенберг, И.В. Продуктивность культур и эффективность ресурсосберегающих технологий в земледелии Тюменской области / И.В. Гильгенберг // Аграрный вестник Урала, 2007. – № 6. – С. 41-43.

57. Глухих, М.А. Обработка почвы в Зауралье / М.А. Глухих, В.Б. Собянин // Земледелие, 2000. – №5. – С. 18-19.

58. Глухих, М.А. Т.С. Мальцев. Идеи и научные исследования / М.А. Глухих, В.Б. Собянин, В.И. Овсянников. – Курган: Зауралье, 2000. – 263 с.

59. Голов, Г.В. Почвы и экология агрофитоценозов Зейско-Буреинской равнины / Г.В. Голов. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 161 с.

60. Голубев, В.В. Агрофизические исследования почв / В.В. Голубев. – Благовещенск: БСХИ, 1984. – 53 с.

61. Голубев, В.В. Влияние способов обработки почвы на ее плотность / В.В. Голубев, Е.Б. Захарова, Ю.Н. Рубан, Цин Футин, Тан Цунсин, Бай Сюймей // Техника в сельском хозяйстве, 1998. – №2 – С. 27-29.

62. Голубев, В.В. Влияние уплотнения от средств механизации на свойства почвы и урожайность сои / В.В. Голубев, Е.Б. Захарова, Ю.Н. Рубан // Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве: Сб. научн. тр. ДальГАУ. - Благовещенск: ДальГАУ, 1998. - Вып. 3. – С. 44-46.

63. Голубев, В.В. Прогрессивная технология возделывания сельскохозяйственных культур в Амурской области / В.В. Голубев: учеб. пособие. – Благовещенск: БСХИ, 1985. – 114 с.

64. Голубев, В.В. Система земледелия учебно-опытного хозяйства ДальГАУ / В.В. Голубев, А.П. Емельянов, В.В. Епифанцев и др. – Благовещенск: ДальГАУ, 1998. – 119 с.

65. Голубев, В.В. Совершенствование севооборотов и обработки почвы в южной зоне Амурской области / В.В. Голубев, А.А. Лабеко // Агротехника возделывания полевых культур в Приамурье: научно-технический бюллетень. – Новосибирск, 1986. – Вып. 25. – С. 10-20.

66. ГОСТ 26204-84, ГОСТ 26213-84 Почвы, определение фосфора, калия, гидролитической кислотности, гумуса. – М.: Изд-во Стандартов, 1984. – 57 с.

67. ГОСТ 26483, ГОСТ 26490-85 Определение рН солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония и подвижной серы методами ЦИНАО. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 47 с.

68. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 года №717) / <http://www.gosprogrammy.gov.ru/Main/ClientBin/Passports/25/Государственная%20программа%2025.pdf>

69. Гребне-рядовая технология возделывания сельскохозяйственных культур на Дальнем Востоке / Науч. ред. акад. ВАСХНИЛ Г.Т. Казьмин. –

Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во, 1979. – 256 с.

70. Гурова, Т.А. Информационные базы данных в управлении фитосанитарной ситуацией при возделывании зерновых культур / Т.А. Гурова, В.Ю. Березина // Достижения науки и техники АПК, 2006. – № 11. – С. 12-14.

71. Данилов Г.Г. Система обработки почв / Г.Г. Данилов. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 269 с.

72. Джакуско, Б.Б. Азотфиксирующая активность и продуктивность сортов сои различной скороспелости: автореферат дис. канд. с.-х. наук: Спец.: 06.01.09 / Б.Б. Джакуско. – Волгоград, 2006. – 116 с.

73. Дмитриченко, С.С. Влияние ходовых систем тракторов на формирование микропрофилей полей / С.С. Дмитриченко, Ю.А. Завьялов, В.А. Артемов // Тракторы и сельхозмашины, 1989. – №2. – С. 11-13.

74. Димитров, И. Влияние уплотнения сельскохозяйственными машинами на структуру пахотного горизонта почвы и урожайность культур / Иван Димитров, Мария Борисова // Почвоведение, агрохимия и экология, 1997. – №3. – С. 36-42.

75. Докин, Б.Д. Обоснование выбора технологий и технических средств для возделывания зерновых культур в условиях Сибири / Б.Д. Докин, С.А. Степчук, О.В. Елкин, М.С. Чекусов // Вестник НГАУ, 2013. – №1 (26). – С. 111-118.

76. Долгов, Р.И. Основная обработка почвы и её роль в снижении засорённости посевов нута в зоне неустойчивого увлажнения / Р.И. Долгов // Земледелие, 2007. – № 2. – С. 32.

77. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

78. Доспехов, Б.А. Практикум по земледелию / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов. – М.: Агропромиздат, 1987. — 383 с.

79. Драганская, М.Г. Способы обработки почвы и засоренность посевов яровых культур / М.Г. Драганская, А.Т. Куриленко // Земледелие, 1998. – №5. – С. 24-25.

80. Дубачинская, Н.Н. Эффективность агроэкологической оценки земель в разработке адаптивно- ландшафтных систем земледелия и агротехнологий в условиях южного Урала / Н.Н. Дубачинская, В.В. Каракулев, А.С. Верещагина, В.И. Кирюшин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2008. – Т. 3. – № 19-1. – С. 11-15.

81. Елизаров, В.П. Система технологий и машин как элемент технической политики в АПК Российской Федерации / В.П. Елизаров, Н.М. Антышев, В.М. Бейлис // Сельскохозяйственные машины и технологии, 2008. – № 3. – С. 16-19.

82. Енкен, В.Ф. Соя / В.Ф. Енкен. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 622 с.

83. Жученко, А.А. Адаптивное растениеводство: экол.-генет. основы / А.А. Жученко. – Кишинев: Штиннца, 1990. – 432 с.

84. Жученко, А.А. Пути инновационно-адаптивного развития АПК России в XXI столетии [Текст] / А.А. Жученко; [рец. В. А. Сысуев]. – Киров: НИИСХ Сев.-Востока, 2011. – 143 с.

85. Жученко, А.А. Системы земледелия Ставрополья [Электронный ресурс]: монография / А.А. Жученко, В.И. Трухачев, В.М. Пенчуков, [и др.]; под общ.ред. А.А. Жученко, В.И. Трухачева. – Ставрополь: АГРУС, 2011. – 844 с.

86. Завадский, В.П. Современные проблемы земледельческой механики / В.П. Завадский // Техника в сельском хозяйстве, 1990. – №4. – С. 31 - 33.

87. Заверюхин, В.И. Возделывание сои на орошаемых землях / В.И. Заверюхин. – М.: Колос, 1981. – 160 с.

88. Зайцева, А.А. Направление почвообразовательных процессов при почвозащитной системе использования земли и задача зональных исследований / А.А. Зайцева // Результаты исследований, разработка и внедрение научных рекомендаций по защите почв от ветровой эрозии в Европейской части СССР. Ставрополь, 1972. - 81 с.

89. Захарова, Е.Б. Элементы адаптивной ресурсосберегающей систе-

мы обработки почвы под ячмень и сою / Е.Б. Захарова // Пути воспроизводства плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур в Приамурье: сб. научн. тр. ДальГАУ. – Благовещенск: ДальГАУ, 2002. – Вып. 8. – С. 74-79.

90. Захарова, Е.Б. Агроэкономическая и энергетическая оценка посеваемых комплексов / Е.Б. Захарова, К.С. Чурилова, Л.К. Дубовицкая // Дальневосточный аграрный вестник. - Благовещенск: ДальГАУ, 2009. – Вып. 3.(11). – С. 37 – 41.

91. Захарова, Е.Б. Агроэкономическая оценка технологий и технических средств на обработке почвы под зерновые культуры и сою в условиях южной зоны Амурской области / Е.Б. Захарова, К.С. Чурилова, К.А. Никульчев // Современное состояние и перспективы развития комплексной механизации производства и переработки сельскохозяйственной продукции АПК Дальнего Востока России: сб. науч. тр. – Благовещенск: ГНУ ДальНИПТИМЭСХ Россельхозакадемии, 2009. – С. 89-96.

92. Захарова, Е.Б. Влияние уплотнения почвы тракторами на урожайность сельскохозяйственных культур / Биологические ресурсы российского Дальнего Востока: Матер. междунар. науч-практ. конф. 23-24 сентября 2004 г. – Благовещенск: ДальГАУ, 2004. – С. 52-56.

93. Захарова, Е.Б. Влияние уплотнения тракторами при различных способах основной обработки почвы на урожайность ячменя / Е.Б. Захарова, А.А. Немыкин // Аграрный вестник Урала. – Екатеринбург: ИРА УТК, 2008. - №10(52). - С. 58 – 60.

94. Захарова, Е.Б. Влияние уплотняющего действия движителей тракторов на формирование урожая ячменя при разных способах основной обработки почвы / Е.Б. Захарова, С.В. Щитов, А.А. Немыкин // Достижения науки и техники АПК, 2012. - № 5. – С. 50 – 52.

95. Захарова, Е.Б. Программа для анализа паспортов полей сельскохозяйственного назначения: а. с. № 2014616199, регистр. 16.06.2014, заявл. № 2014611088, 14.02.2014 / Е.Б. Захарова, К.С. Чурилова, А.С. Столяров // Бюл.

№ 7 (93), 2014. – 1 с.

96. Захарова, Е.Б. Программа для создания паспортов полей сельскохозяйственного назначения: а. с. № 2014616453, дата регистрации 24.06.2014, дата поступления заявки № 2014611040, 13.02.2014 / Е.Б. Захарова, П.В. Тихончук, К.А. Никульчев // Бюл. № 7 (93), 2014. – 1 с.

97. Захарова, Е.Б. Сорные растения Амурской области и меры борьбы с ними / Е.Б. Захарова, А.А. Немыкин. – Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2015. – 183 с.

98. Захарова, Е.Б. Структура соевого агрофитоценоза в зависимости от способов основной обработки почвы / Е.Б. Захарова, К.А. Никульчев // Достижения науки и техники АПК, 2010. - № 10. – С. 16 – 18.

99. Захарова, Е.Б. Экономическая и энергетическая оценка эффективности возделывания сои в Амурской области с использованием современных почвообрабатывающих машин / Е.Б. Захарова, К.А. Никульчев // Достижения науки и техники АПК, 2012. - №. 11 – С. 70-71.

100. Захарова, Е.Б. Эффективность системы технологий и машин для возделывания зерновых культур и сои / Е.Б. Захарова, А.А. Немыкин, К.А. Никульчев // Инновационные процессы и технологии в современном сельском хозяйстве: матер. междунар. науч.-практ. конф. (г. Благовещенск, 2 – 4 декабря 2014 г.), Ч. 1. – Благовещенск: ДальГАУ, 2014. – С. 65 – 72.

101. Захарова, Е.Б. Структура и продуктивность соевого агрофитоценоза в зависимости от уплотнения почвы / Е.Б. Захарова // Земледелие, 2010. - №7. – С.39 – 40.

102. Зинченко, Е.В. Ресурсосберегающие способы основной обработки почвы под сою при орошении на светло-каштановых почвах Волгодонского междуречья: автореферат дис. канд. с.-х. наук: Спец.: 06.01.01 / Е.В. Зинченко. – Волгоград, 2009. – 177 с.

103. Золотарёва, Е.Л. Экономическая эффективность применения ресурсосберегающих технологий в растениеводстве / Е.Л. Золотарёва, К.В. Архипов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии,

2011. – Т. 3. – № 3. – С. 4-6.

104. Золотов, А.А. Новые подходы в отечественном комбайностроении / А.А. Золотов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина, 2015. – №3(67). – С. 29-32.

105. Зональная система земледелия Амурской области / Под общ. ред. В.Ф. Кузина. – Благовещенск: БСХИ, 1985. – 272 с.

106. Зональная система технологий и машин для растениеводства Дальнего Востока на 2001 – 2005 годы / Под общ. ред. Кашпура Б.И. - Благовещенск: ДальГАУ, 2002. – 472 с.

107. Зональная система технологий и машин для растениеводства Дальнего Востока России на 1996 – 2000 гг. / Под общ. ред. Б.И. Кашпуры, Ю.В. Терентьева. – Благовещенск: ДальГАУ, - 1997. – 185 с.

108. Зональные системы земледелия / Под ред. А.И. Пупонина. – М: Колос, 1995. – 287 с.

109. Зуборев, А.А. Повышение эффективности технологий возделывания пшеницы с использованием перспективных почвообрабатывающих посевных агрегатов (На примере степной зоны Алтайского края): Дис. ... канд. с.-х. наук : 05.20.01 / Александр Александрович Зуборев. – Барнаул, 2004. – 209 с.

110. Иванов, А.Л. Инновационные приоритеты в развитии систем земледелия в России / А.Л. Иванов // Плодородие, 2011. – № 4. – С. 2-6.

111. Иванов, А.Л. Приоритеты и основные направления развития земледелия / А.Л. Иванов // Земледелие, 2007. – № 3. – С. 2-4.

112. Иванов, А.Л. Приоритеты научного обеспечения земледелия / А.Л. Иванов, А.А. Завалин // Земледелие, 2010. – №7. – С. 3-6.

113. Иванов, А.Л. Регистр технологий производства зерна в центральном районе Нечерноземной зоны. Система технологий. / А.Л. Иванов (ред.), Н.В. Войтович (ред.), Н.В. Краснощеков. – М.: Научно-исследовательский

институт сельского хозяйства центральных районов Нечернозёмной зоны, 2003. – 220 с.

114. Иванов, А.Л. Система адаптивно-ландшафтного земледелия Волгоградской области на период до 2015 года: монография / А.Л. Иванов, К.Н. Кулик. – Волгоград: Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации Российской академии сельскохозяйственных наук, 2009. – 302 с.

115. Измаильский, А.А. Избранные сочинения / А.А. Измаильский. – М.: Сельхозиздат, 1949. – 336 с.

116. Измайлов, А.Ю. ВИМ - 80 лет: итоги и перспективы / А.Ю. Измайлов // Сельскохозяйственные машины и технологии, 2009. – №6. – С. 15-21.

117. Измайлов, А.Ю. Концепция модернизации сельскохозяйственных тракторов и тракторного парка России на период до 2020 года / А.Ю. Измайлов, В.М. Кряжков, Н.М. Антышев и др. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2012. – 56 с.

118. Ильина, Л.В. Комплексное воспроизводство плодородия серых лесных почв и его эффективность / Л.В. Ильина. – Рязань: Изд-во Узорочье, 1997. – 231 с.

119. Инкин Л.А. Плотность почвы и физические процессы в ней / Л.А. Инкин. – Ставрополь, 1973. – 63 с.

120. Инкин, Л.А. Возможности снижения механической деформации почвы при обработке / Л.А. Инкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1987. – №3. – С. 16 - 17. 132.

121. Иофинов, С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / С.А. Иофинов. – М.: Колос, 1974. – 480 с.

122. Иофинов, С.А. Эксплуатация тракторов и автомобилей на транспортных работах в сельском хозяйстве / С.А. Иофинов, Л.А. Цырин. – Л.: Колос, 1975. – 283 с.

123. Исайкин, И.И. Плуг - сорнякам друг / И.И. Исайкин, М.К. Волков

// Земледелие, 2007. – №3. – С. 23-24.

124. Кадырев, М.Д. Влияние приемов основной обработки темносерой лесной почвы на рост, развитие и урожайность яровых зерновых культур в условиях Поволжья: Автореферат дис. канд. с.-х. наук / НИИСХ Центральных районов Нечерноземной зоны РФ. – Немчиновка (Моск. обл.), 2005. – 30 с.

125. Казаков, Г.И. Обработка почвы в Среднем Поволжье: монография / Г.И. Казаков. – Самара: Изд-во Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2008. – 251 с.

126. Казаков, Г.И. Системы обработки почвы в Среднем Заволжье / Г.И. Казаков // Земледелие, 1984. – №8. – С. 20-23.

127. Казьмин, Г.Т. Система производства сои на Дальнем Востоке: Рекомендации / Г.Т. Казьмин, В.Ф. Кузин, В.Н. Дрыганов. – Хабаровск: ВНИИ сои, ДВНИИСХ, Приморская сельскохозяйственная опытная станция, 1971. – 64 с.

128. Каманина, Л. А. Симбиотические и продукционные процессы в посевах сои на различных агрофонах в условиях Приамурья: дис... канд. с.-х. наук: Спец.: 06.01.09 / Л.А. Каманина. – Благовещенск, 2005. – 142 с.

129. Камчадалов, Е.П. Стратегические основы экологически устойчивого развития / Е.П. Камчадалов // Машинное земледелие / ДальНИПТИМЭСХ, АЭ НЭОО «Эволюция». – Благовещенск, 1997. – 148 с.

130. Каракулев, В.В. Эффективность ресурсосберегающих систем основной обработки почвы при возделывании яровой пшеницы / В.В. Каракулев, Ф.Г. Бакиров, В.Д. Вибе // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2004. – № 4. – С. 14-16.

131. Каргин, В.И Система основной обработки выщелоченного чернозема / В.И Каргин, С.Н. Немцев, П.П. Мандров, Н.А. Перов // Достижения науки и техники АПК, 2007. – № 4. – С. 44-45..

132. Картамышев Н.И. О законе формирования плодородия почвы // Земледелие, 2000. – №4. – С. 44-45.

133. Картамышев, Н.И. Мульчирующая обработка как важный фактор стабилизации гумусового состояния почв / Н.И. Картамышев, М.М. Ломакин, И.Г. Бардунова // Ресурсосберегающие технологии обработки почв: Научные основы, опыт, перспективы / ВНИИЗ и ЗПЭ. – Курск, 1999. – С. 37-43.
134. Картамышев, Н.И. Оптимизация физических свойств почвы / Н.И. Картамышев, А.А. Тарасов // Земледелие, 1993. – №7. – С. 13.
135. Картер, Д.Л. Агротехника сои / Д.Л. Картер, Э. Хартвич // Соя // пер. с англ. К.М. Селивановой под ред. и с предисл. В.Б. Енкена. – М.: Колос, 1970. – С. 211-286.
136. Качинский, Н.А. Физика почв / Н.А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1965. – 323 с.
137. Кашеваров, Н.И. Соя в Западной Сибири / Н.И. Кашеваров, В.А. Солошенко, Н.И. Васякин, А.А. Лях. – Новосибирск, 2004. – 156 с.
138. Кашпура, Б.И. Комплексная механизация растениеводства на Дальнем Востоке / Б.И. Кашпура. – Благовещенск: Хабаровское кн. изд-во, 1978. – 318 с.
139. Кашпура, Б.И. Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства Дальневосточной зоны на 1976 ... 1980 годы. Растениеводство / Б.И. Кашпура, Н.Д. Сысоров, С.И. Гнедин и др. – Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во, 1977. – 256 с.
140. Кашпура, Б.И. Системный подход / Б.И. Кашпура. – Благовещенск: БСХИ, 1983. – 60 с.
141. Каштанов, А.Н. Биологические и агрофизические основы моделирования экологически адаптивных почвенно-растительных систем в агроландшафтном земледелии / А.Н. Каштанов, Е.И. Ермаков, В.П. Якушев // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 1999. – № 3. – С. 3-7.
142. Каштанов, А.Н. Концепция устойчивого земледелия России / А.Н. Каштанов // Земледелие, 2000. – № 3. – С. 10.
143. Каштанов, А.Н. Методика разработки систем земледелия на

ландшафтной основе / А.Н. Каштанов, А.П. Щербаков, В.М. Володин и др. – Курск, 1996. – 132 с.

144. Каштанов, А.Н. Научные основы современных систем земледелия / А.Н. Каштанов, И.И. Карманов, М.И. Сидоров и др. – М.: Агропромиздат, 1988. – 255 с.

145. Каштанов, А.Н. Основы ландшафтно-экологического земледелия / А.Н. Каштанов, Ф.Н. Лисецкий, Г.И. Швевс. – М.: Колос, 1994. – 127 с.

146. Каштанов, А.Н. Почвы России, их состояние и системы земледелия (к 120-летию докучаевского комплекса в каменной степи и 100-летию воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I) / А.Н. Каштанов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета, 2012. – № 3. – С. 36-40.

147. Кем, А.А. Совершенствование способов посева зерновых в Западной Сибири / А.А. Кем, Л.В. Юшкевич, А.Г. Щитов // Зерновое хозяйство, 2007. — № 1. — С. 17-19.

148. Кем, А.А. Урожайность зерновых культур в зависимости от моделирования способа посева / А.А. Кем, Л.В. Юшкевич // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 2009. — №11. — С. 92-97.

149. Кираев, Р.С. Воспроизводство плодородия выщелоченных черноземов южного Урала / Р.С. Кираев, Ф.Я. Багаутдинов, Н.М. Нурмухаметов, С.И. Федоров, Р.Г. Ягафаров // Достижения науки и техники АПК, 2008. – №4. – С. 20-22.

150. Кирдин, В.Ф. Воспроизводство плодородия и минимализация обработки почвы в Нечерноземной зоне / В.Ф. Кирдин // Земледелие, 2007. – №2. – С. 21-22.

151. Киреев, А.К. Основная обработка богарного серозема / А.К. Киреев // Земледелие, 2001. – №3. – С. 20-21.

152. Кириллов, Н.А. Минимальная обработка почвы при возделывании зерновых культур в Чувашской Республике / Н.А. Кириллов, А.И. Волков // Земледелие, 2008. – №4. – С. 30-31.

153. Киртбая, Ю.К. Научные основы построения зональных систем машин для сельскохозяйственного производства / Ю.К. Киртбая // Современные проблемы механизации сельского хозяйства. – Т.2. – М.: БТИ ГОСНИТИ, 1967. – С. 3 - 44.

154. Кирюшин, В.И. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа современной агротехнологической политики России / В.И. Кирюшин // Земледелие, 2000. – № 3. – С. 4.

155. Кирюшин, В.И. Влияние различных способов основной обработки на плодородие выщелоченных черноземов Приобья / В.И. Кирюшин, А.И. Власенко, Л.Н. Иодко // Почвоведение, 1991. – №3. – С. 97-105.

156. Кирюшин, В.И. Наследие В.Р. Вильямса и современные проблемы агропочвоведения / В.И. Кирюшин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии, 2014. – № 1. – С. 5-15.

157. Кирюшин, В.И. Научное наследие академика А.И. Бараева / В.И. Кирюшин // Земледелие. 2008. – №5. – С. 3-6. 190.

158. Кирюшин, В.И. Основные принципы разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия / В.И. Кирюшин // Земледелие, 1996. – № 3. – С. 42.

159. Кирюшин, В.И. Применение ГИС-технологий при картографировании и проектировании агроландшафтов / В.И. Кирюшин, И.В. Слива // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2005. – Т. 1. – № 5-1. – С. 8-13.

160. Кирюшин, В.И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований / В.И. Кирюшин // Земледелие, 2013. – № 7. – С. 3-6.

161. Кирюшин, В.И. Т.С. Мальцев и развитие теории обработки почвы / В.И. Кирюшин // Земледелие, 2005. – № 6. – С. 6-9.

162. Кирюшин, В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов: моногр. / В.И. Кирюшин. – М.: КолосС, 2011. – 442 с.

163. Кирюшин, В.И. Технологическая модернизация земледелия - неотложная задача / В.И. Кирюшин // Экономика сельского хозяйства России, 2009. – № 2. – С. 17-25.
164. Кирюшин, В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика / В.И. Кирюшин. – М: Изд-во МСХА, 2000. – 473 с.
165. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
166. Ковшик, И.Г. Различные варианты технологии возделывания сои в Приамурье: методические рекомендации / И.Г. Ковшик, В.А. Тильба. – Благовещенск: ООО «Типография», 2013. – 20 с.
167. Коломиец, Н.В. Агрономические аспекты уплотнения почв Украины / Н.В. Коломиец, Н.И. Драган // Земледелие, 1991. – №5. – С. 29 - 31.
168. Коломийцев, Ф.Б. Возможности возделывания сои на двух фонах основной обработки почвы при различных способах посева / Ф.Б. Коломийцев // Проблемы соеводства на Дальнем Востоке. – Новосибирск, 1992. – С. 40-48.
169. Колосов, Г.Ф. Уплотнение почвы и проблемы интенсификации земледелия / Г.Ф. Колосов, Н.В. Печенкина, Р.В. Мифтахов // Земледелие, 2007. – № 5. – С. 16-18.
170. Колышкин, А.А. Влияние механического уплотнения серой лесной почвы на её свойства и эффективность применения минеральных удобрений и средств защиты растений: автореферат дис. канд. с.-х. наук / Мордов. гос. ун-т. – Саранск, 2005. – 17 с.
171. Компас в мире машин и машиностроения / avtomash.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.avtomash.ru/torgzal/scht/pocva/pln835_m.html.
172. Конверсионная военная техника: гусеничная и колёсная техника и запчасти поставляемые с баз хранения Министерства обороны РФ, МЧС и Росрезерва / warteh.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://warteh.ru>.

173. Концепция формирования высокопродуктивных экологически устойчивых агроландшафтов и совершенствование систем земледелия на ландшафтной основе / Научные руководители: А.Н. Каштанов, А.Л. Щербаков, Г.И. Швобс. – Курск, 1992. – 136 с.

174. Концепция формирования гибких агротехнологий в ландшафтном земледелии / Коллектив авторов: А.Н. Каштанов, В.М. Володин и др. – Курск, 1998. – 44 с.

175. Коротких, Ю.С. Меры поддержки технической и технологической модернизации сельского хозяйства в Российской Федерации / Ю.С. Коротких // Наука без границ, 2016. – №4(4). – С. 14-18.

176. Костычев, П.А. Избранные труды / П.А. Костычев. – М.: Изд-во АН СССР, 1951. – 668 с.

177. Котлярова, Е.Г. Эффективность производственных процессов в ландшафтных системах земледелия / Е.Г. Котлярова, А.И. Титовская, А.Г. Ступаков, С.А. Линков, А.В. Акинчин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2013. – № 7. – С. 40-41.

178. Кошкин, П.Д. Эффективность разных систем основной обработки почвы / П.Д. Кошкин // Земледелие, 1997. – №2. – С. 21-23.

179. Кравченко, В.И. Изменение физико-химических свойств и сопротивления обработке серозёма при воздействии на него колёсных тракторов / В.И. Кравченко, Я.А. Кулаков // Научные труды ВИМ. – М.: ВИМ, 1984. – Т. 102. – С. 104 - 112.

180. Кравченко, В.И. Уплотнение почвы машинами / В.И. Кравченко. – Алма-Ата: Наука, 1986. – 96 с.

181. Краснощёков Н.В. Почвообрабатывающе-посевной комплекс для энерго-, ресурсосберегающего производства продукции растениеводства / Н.В. Краснощёков, Н.К. Мазитов // Достижения науки и техники АПК, 2008. – № 5. – С. 43-46.

182. Краснощёков, Н.В. Концепция разработки системы машинных технологий в растениеводстве / Н.В. Краснощёков, Э.И. Липкович // Тракто-

ры и сельхозмашины, 2008. – № 8. – С. 3-7.

183. Краснощёков, Н.В. Об оценке машиноиспользования в отраслях сельского хозяйства / Н.В. Краснощёков, А.В. Малышев // Сельскохозяйственные машины и технологии, 2010. – № 3. – С. 11-16.

184. Краснощёков, Н.В. Система использования техники в сельскохозяйственном производстве / Н.В. Краснощёков, Л.С. Орсик, Е.Л. Ревякин и др. – М., 2003. – 520 с.

185. Краснощёков, Н.В. Федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства / Коллектив авторов: Краснощёков, В.И. Кирюшин и др. – М., 1999. 515 с.

186. Крохалев, Ф.С. О системах земледелия. Исторический очерк / Ф.С. Крохалев. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 432 с.

187. Кряжков, В.М. Развитие средств механизации обработки почвы / В.М. Кряжков, П.Н. Бурченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1987. – №5. – С. 19-21.

188. Ксенович, И.П. О нормах и методах оценки механического воздействия на почву движителей сельскохозяйственной техники / И.П. Ксенович, М.И. Ляско // Тракторы и сельхозмашины, 1986. – №3 – С. 9-15.

189. Ксенович, И.П. О работе тракторных тандем-колес / И.П. Ксенович, В.Л. Скотников / Тракторы и сельхозмашины, 1978. – № 10. – С. 8-9.

190. Ксенович, И.П. Ходовая система-почва-урожай / И.П. Ксенович, В.А. Скотников, М.И. Ляско. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.

191. Кудашёв, Г.Н. Основная обработка почвы в севообороте / Г.Н. Кудашёв, Л.М. Кудашёва, Ю.П. Кононенко // Земледелие, 1978. – № 8. – С. 41-43.

192. Кудренов, М.М. Влияние движителей тракторов на почву и урожайность / М.М. Кудренов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета, 2008. -№ 11. – С. 24-25.

193. Кузин, В.Ф. Возделывание сои на Дальнем Востоке / В.Ф. Кузин. – Амурское отд. Хабаровское кн. изд., 1976. – 248 с.

194. Кузин, В.Ф. Соя / В.Ф. Кузин, Г.Т. Лавриненко, А.А. Бабич, П.Е. Губанов. – М.: Россельхозиздат, 1978. – 189 с.
195. Кузнецова, И.В. О некоторых критериях оценки физических свойств почв / И.В. Кузнецова // Почвоведение, 1979. – № 3. – С. 80 - 83.
196. Кузнецова, И.В. Уплотняющее действие трактора «Беларусь» на чернозёмы Курской области / И.В. Кузнецова // Почвоведение, 1978. – №10. – С. 53 - 58.
197. Кузнецова, Л.Н. Влияние способов основной обработки и удобрений на плодородие почвы и урожайность ячменя в юго-западной части ЦЧЗ: автореф. дис... канд. с.-х. наук (24.12.2004) / Кузнецова Лариса Николаевна. – Белгород, 2004.
198. Кузьмин, М.С. Влияние повторного применения бесплужных обработок на урожайность пшеницы / М.С. Кузьмин, Н.М Голиков // Науч.-техн. бюл. Сиб. отд-ние ВАСХНИЛ; ВНИИ сои. – Новосибирск, 1990. – Вып.1. - 16-22 с.
199. Кузьмин, М.С. Влияние приемов обработки почвы на урожайность зерновых культур в южной зоне Амурской области / М.С. Кузьмин, Н.М. Голиков // НТБ Сиб. отд-ние ВАСХНИЛ. – Новосибирск: Сиб. отд-ние ВАСХНИЛ, 1985. – Вып. 40. – С. 15-24.
200. Кузьмин, М.С. Минимальная обработка почвы в Амурской области / М.С. Кузьмин. – Благовещенск: ОАО «Производственно-коммерческое издательство «Зея», 2010. – 192 с.
201. Кузьмин, М.С. Минимальная обработка почвы в зерно-соевом севообороте Приамурья / М.С. Кузьмин // Вестник Дальневосточного государственного аграрного университета. – Благовещенск, 2007. – Вып. 3. – С. 76 - 79.
202. Кузьмина, Т.С. Адаптивные системы земледелия как фактор повышения эффективности агросистем / Т.С. Кузьмина, И.В. Митрофанова // Региональная экономика. Юг России, 2011. – № 12. – С. 540-553.
203. Кук, Дж. У. Регулирование плодородия почвы / Дж. У. Кук. – М.:

Колос, 1970. – 520 с.

204. Курдюков, Ю.Ф. Эффективность плоскорезной обработки почв / Ю.Ф. Курдюков, А.И. Фирсов // Земледелие, 1986. – №5. – С. 49-51.

205. Кушнарёв, А.С. Проблемы повышения плодородия почв / А.С. Кушнарёв // Техника в сельском хозяйстве, 1989. – №1. – С. 4 - 7.

206. Лазарев, В.И. Зерноуборочные комбайны на «Амурском поле - 2010» / В.И. Лазарев, Е.Б. Захарова, И.А. Лонцева, О.Г. Шабанов // Сельский механизатор, 2010. – №11. – С. 6-7.

207. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высш. школа, 1980. – 293 с.

208. Лачуга, Ю.Ф. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года / Ю.Ф. Лачуга и др. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. — 80 с.

209. Лейфа, В.И. Влияние приёмов обработки почвы на засоренность посевов и урожай пшеницы / В.И. Лейфа, В.П. Марченко // Вопросы повышения плодородия почв и урожайность сельскохозяйственных культур в Амурской области. – Благовещенск, 1980. – С. 5-7.

210. Лещенко, А.К. Культура сои / А.К. Лещенко. – Киев: Наукова думка, 1978. – 236 с.

211. Листопадов, К.Н. Интенсификация и экологизация производства – основа развития земледелия в Южном регионе / К.Н. Листопадов, И.М. Шапошникова // Земледелие, №4. – 2001. – С. 12-14.

212. Личман, О.М. Экономическая эффективность механизации производственных процессов возделывания сои в Амурской области: дис... канд. эконом. наук: Спец.: 08.00.05 / О.М. Личман. – Владивосток, 2003. – 194 с.

213. Лопырев, М.И. Модернизация систем земледелия на эколого-ландшафтной основе / М.И. Лопырев, А.В. Линкина // Вестник Воронежского государственного аграрного университета, 2012. – № 3. – С. 49-56.

214. Лопырев, М.И. Основы агроландшафтоведения / М.И. Лопырев. – Воронеж: ВГАУ, 1995. – 184 с.

215. Лукин, С.В. Эффективность внедрения адаптивно-ландшафтных систем земледелия / С.В. Лукин // Аграрная наука, 2004. – № 3. – С. 14-17.
216. Лыков, А.М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне / А.М. Лыков. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 143 с.
217. Лыков, А.М. Теоретические основы современных систем земледелия / А.М. Лыков // Вестник РАСХН, 1992. – № 1. – С. 34 - 37.
218. Лысенко, А.К. Основная обработка почвы и засоренность посевов / А.К. Лысенко, А.М. Малиенко, Е.Н. Дорошенко // Земледелие, 1988. – №9. – С. 37-39.
219. Магомедов, Д.У. Обработка почвы под кукурузу на орошаемых землях Дагестана / Д.У. Магомедов, Г.Н. Гасанов, А.А. Айтемиров // Земледелие, 2008. – №4. – С. 33-34.
220. Макаров, В.Н. Влияние обработок почвы на рост корневой системы, биологическую активность почвы и урожай. / В.Н. Макаров // Оптимизация условий возделывания сои в Приамурье: Сб. науч. тр. – Новосибирск: Сиб. отд-ние. ВАСХНИЛ, 1981. – С. 14-18.
221. Макаров, В.Н. Влияние плотности почвы на содержание элементов минерального питания в пахотном горизонте и урожай сои / В.Н. Макаров // Условия произрастания и урожай сои. – Новосибирск, 1978. – С. 46 - 51.
222. Макаров, В.Н. Действие плотности почвы на формирование урожая сои / В.Н. Макаров, С.А. Сергеева // Вопросы возделывания основных сельскохозяйственных культур в Амурской области. – Новосибирск, 1976. – С. 99 - 103.
223. Макаров, В.Н. Зависимость водно-физических свойств лугово-черноземовидных почв и урожая сои от обработки / В.Н. Макаров // Вопросы возделывания основных сельскохозяйственных культур в Амурской области. – Новосибирск, 1976. – С. 104-106.
224. Макаров, В.Н. Основная обработка почвы, урожайность и урожайные качества семян сои / В.Н. Макаров, Г.С. Потрепалова // Влияние по-

севных качеств семян на урожай сои: Сиб. отд. ВАСХНИЛ, научно техн. бюллетень. – Новосибирск, 1983. – №11. – С. 17-25.

225. Макаров, В.Н. Плотность почвы и продуктивность фотосинтеза сои / В.Н. Макаров // Вопросы растениеводства в Приамурье. – Благовещенск: Амурское отд. Хабаровское кн. изд., 1973. – С. 244 - 246.

226. Макаров, В.Н. Система обработки почвы и засорённость посевов яровой пшеницы и сои / В.Н. Макаров, Г.С. Потрепалова // Пути повышения плодородия почв Приамурья: науч. - техн. бюл. – Новосибирск, 1982. – Вып. 18. – С. 65-68.

227. Макаров, И.П. Влияние обработки, удобрений и растений на изменение свойств дерново-подзолистых суглинистых почв в зоне северо-востока европейской части РСФСР: Автореф. дис... д-ра с.-х. наук. – Л.; Пушкин, 1973. – 49 с.

228. Макаров, И.П. Задачи по разработке и внедрению ресурсосберегающей обработки почвы в зональных системах земледелия / И.П. Макаров // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 3-10.

229. Макарова, Н.А. Влияние приёмов возделывания разных сортов сои на биологию цветения, урожай и разнокачественность семян: дис... канд. с.-х. наук: Спец.: 06.01.09 / Н.А. Макарова. – Воронеж, 2004. – 206 с.

230. Мальцев, Т.С. Вопросы земледелия / Т.С. Мальцев. – М.: Колос, 1971. – 162 с.

231. Мальцев, Т.С. Новая система обработки почвы и посева / Т.С. Мальцев. – Курган, 1954. – 60 с.

232. Мальцев, Т.С. О методах обработки почвы и посева, способствующих получению высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур / Т.С. Мальцев. – М.: Изд-во с.-х. лит., 1954. – 43 с.

233. Мальцев, Т.С. Система безотвального земледелия / Т.С. Мальцев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 128 с.

234. Марин, В.И. Способы и глубина основной обработки почвы в

звене севооборота с соей / В.И. Марин, Л.И. Токарева, О.В. Панфилова // Научно-технический бюллетень. – Краснодар: ВНИИМК, 1991. – Вып. 3 (114). – С. 42-46.

235. Медведев, В.В. Плодородие почв - ключевой вопрос концепции развития земледелия // Земледелие, 1990. – №10. – С. 30-35.

236. Медведев, В.В. Преимущества бесплужной обработки не доказаны / В.В. Медведев // Земледелие, 1993. – № 3. – С. 23 - 26.

237. Мельниченко, Г.В. Весенняя обработка почвы под сою в Амурской области / Г.В. Мельниченко // Вопросы земледелия и растениеводства в Приамурье: Сб. науч. тр. – Благовещенск: БСХИ, 1977. – Вып. II. – С. 15-18..

238. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Под ред. М.А. Федина. – М.: Калининская областная типография управления изд-в, полиграфии и книжной торговли Калининского обл. исполкома, 1985. – Вып. 1. – 269 с.

239. Методика определения показателей эффективности снижения воздействия на почву движителей техники, перемещающейся в технологическом цикле по полям. – М.: ВИМ, 1994. – 38 с.

240. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники: нормативно-справочный материал. – М.: ВИМ, 1998. – 251 с.

241. Методика оценки эффективности систем земледелия на биоэнергетической основе. – М.: ВАСХН им. Ленина. 1989. – 38 с.

242. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. – М.: ВИМ, 1995. – 95 с.

243. Методические рекомендации по проведению экспериментальной проверки упрощённых технологий производства продукции растениеводства. – М.: ВИМ, 1984. – 23 с.

244. Методические рекомендации по топливно-энергетической оценке сельскохозяйственной техники, технологических процессов и технологий в растениеводстве. – М.: ВИМ, 1989. – 59 с.

245. Методические рекомендации по энергетической оценке систем и приёмов обработки почв. – М.: ВАСХНИЛ им. Ленина, 1989. – 29 с.
246. Методические указания по разработке прогноза развития механизации растениеводства до 2000 года. – М.: ВИМ, 1976. – 72 с.
247. Механизация возделывания сельскохозяйственных культур на Дальнем Востоке / Под общей редакцией Кашпура Б.И. – Благовещенск: БСХИ, 1972 – 1979 гг. – Вып. I - VIII.
248. МИГ: Торговля сельхозтехникой, сервисное обслуживание сельхозтехники, дилер сельхозтехники и стройматериалов / migrt.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://migrt.ru/products/tech/posevnye_kompleksy/Zernovye_pnevmaticheskie_seyalki_kultivatornogo_tipa_Morris_CONCEPT_2000.
249. Моргун, В.Т. Обработка почвы и урожай / В.Т. Моргун. – М.: Колос, 1977. – 272 с.
250. Моргун, Ф.Т. Почвозащитное земледелие / Ф.Т. Моргун, Н.К. Шикуча, А.Г. Тарарико. – Киев: Урожай, 1988. – 256 с.
251. Мушинский, А.С. Изменение плотности почвы в зависимости от технологии возделывания картофеля / А.С. Мушинский // Земледелие, 2007. – №1. – С. 31.
252. Мякушко, Ю.П. Соя / Ю.П. Мякушко, В.Ф. Баранов. – М.: Колос, 1984. – 332 с.
253. Нагорный, В.А. Поволжье – перспективная зона для возделывания сои / В.А. Нагорный, П.Е. Губанов, Ю.И. Панченко // Земледелие, 2010. – №3. – С. 13-14.
254. Нарциссов, В.П. Научные основы систем земледелия / В.П. Нарциссов. – М.: Колос, 1976. – 368 с.
255. Немцев, Н.С. Пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур в интенсивном земледелии / Н.С. Немцев, К.И. Карпович // Сб. науч. Тр. Ульяновского НИИСХ. – Ульяновск, 1985.- Т.8. - С. 20-32.
256. Немькин, А.А. Минимализация обработки почвы в Амурской об-

ласти / А.А. Немькин, К.А. Никульчев, С.А. Немькин, Е.Б. Захарова // Международный научно-исследовательский журнал, 2015. – №10 (41). – Часть 3. – С. 60-62. (Agris)

257. Немькин, А.А. Процессы разуплотнения почвы в ходе вегетации сои, при различных способах основной обработки на разном расстоянии от края поля / А.А. Немькин, Е.Б. Захарова, С.А. Немькин, С.А. Титова // Наука и современное общество: взаимодействие и развитие: материалы II Международной научно-практической конференции (г. Уфа, 15 декабря 2015 г.). – Уфа: НИЦ «Ника», 2015. – С. 136 – 139.

258. Нестяк, В.С. Механико-технологические аспекты энергетики обработки почвы / В.С. Нестяк, К.Т. Мамбеталин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2011. – № 11 (85). – С. 106-110.

259. Никитченко, С.Л. Ресурсосберегающее управление технологическими системами в растениеводстве / С.Л. Никитченко // Техника в сельском хозяйстве, 2012. – №3. – С. 8-10.

260. Ничипорович, А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах (методы и задачи учета в связи с формированием урожая) / А.А. Ничипорович. – М., АН СССР, 1961. – 135 с.

261. Новак, А. Соя на Дальнем Востоке / А. Новак. – Владивосток: Приморское книжное издательство, 1960. – 303 с.

262. Новиков, В.М. Эффективность систем основной обработки почвы в севообороте / В.М. Новиков // Земледелие, 2008. – №1. – С. 24-25.

263. Нугис, Э.Ю. Предельные показатели физического состояния почв / Э.Ю. Нугис, Р.В. Лехтвезэр // Земледелие, 1987. – №9. – С. 18 - 20.

264. Оборская, Ю.В. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность сортов сои при разных сроках посева: дис... канд. с.-х. наук: Спец.: 06.01.09. / Ю.В. Оборская. – Благовещенск, 2005. – 207 с.

265. Окорков, В.В. Влияние различных элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия на продуктивность сельскохозяйственных культур и эффективность удобрений / В.В. Окорков, А.А. Корчагин, Л.И.

- Ильин, О.А. Фенова // Владимирский земледелец, 2013. – № 3 (65). – С. 8-16.
266. Осичкин, А.Ю. Влияние механического уплотнения чернозема выщелоченного на его свойства и эффективность средств химизации: Автореферат дис. канд. с.-х. наук / Мордов. гос. ун-т. – Саранск, 2000. – 17 с.
267. Пабат, М.А. Влияние плоскорезной обработки на засоренность посевов / М.А. Пабат, А.И. Горбатенко, В.Г. Нестерев // Земледелие, 1987. – №12. – С. 39-40.
268. Панасюк, А.Н. Испытания жатки соевой унифицированной ЖСУ-700 в условиях Амурской области / А.Н. Панасюк, А.В. Липкань, И.В. Бумбар, В.И. Лазарев // Техника и оборудование для села, 2016. – № 10 (232). – С. 26-28.
269. Панасюк, А.Н. К оценке эффективности применения модульных энерготехнологических средств / А.Н. Панасюк, А.С. Щитов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина», 2008. – № 3. – С. 97-99.
270. Панасюк, А.Н. Комплексная оценка адаптивной технологии как многоуровневой системы / А.Н. Панасюк // Сельскохозяйственные машины и технологии, 2012. – №6. – С. 19-22.
271. Панасюк, А.Н. Концепция методики оценки функционально-экологической эффективности движителей машин в зональных условиях / А.Н. Панасюк, Р.А. Кашбулгаев, А.В. Липкань // Современные тенденции развития науки и технологий, 2017. – № 3-4. – С. 90-99.
272. Панасюк, А.Н. Перевод мобильной полевой энергетики на резиноармированной полугусеничный и гусеничный ход / А.Н. Панасюк, А.В. Липкань // Сельскохозяйственные машины и технологии, 2010. – № 6. – С. 27-30.
273. Панасюк, А.Н. Проблемы формирования технологий и системы машин в растениеводстве / А.Н. Панасюк, В.М. Ширяев // Сельскохозяйственные машины и технологии, 2010. – № 2. – С. 19-22.

274. Парахин, С.В. Разработка информационной системы управления аграрным производством на основе ГИС «Карта 2005» / С.В. Парахин // Геопрофи, 2007. – № 3. – <http://www.gisinfo.ru/item/51.htm>.

275. Паспорт поля // Электронная версия газеты Владивосток, 2006. – № 2007. – [http://\(old.vladnews.ru/magazin..php?id=142&idnews=83492¤t_magazin=2007](http://(old.vladnews.ru/magazin..php?id=142&idnews=83492¤t_magazin=2007).

276. Пенчуков, В.М. Сорняки и борьба с ними в Амурской области / В.М. Пенчуков, Ф.Б. Коломийцев, Н.А. Морозов. – Благовещенск: Амурское отд. Хабаровского кн. изд-ва, 1970. – 52 с.

277. Пенчукова, Н.А. Влияние уплотнения лугово-чернозёмовидной почвы на условия роста зерновых и сои / Н.А. Пенчукова, А.А. Величко // Вопросы растениеводства в Приамурье. – Благовещенск: Амурское отд. Хабаровского кн. изд-ва, 1973. – С. 127 - 131.

278. Петренко, А.Н. Динамика уборочного процесса сои в Амурской области в 2011-2013 гг. Особенности уборки сои сорта «Даурия» в южных районах Амурской области в 2013 году / А.Н. Петренко, И.В. Бумбар, В.И. Лазарев // Актуальные проблемы в энергетике и средствах механизации АПК: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Благовещенск, 09 апреля 2014 г. – Благовещенск: ДальГАУ, 2014. – С. 71-75.

279. Петренко, А.Н. Эффективность уборки сои в ООО «Агрокомплекс» Ивановского района Амурской области в 2013 году / А.Н. Петренко, И.В. Бумбар, В.И. Лазарев, И.А. Лонцева // Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве: сборник научных трудов. – Благовещенск: ДальГАУ, 2014. – С. 50-56.

280. Пискарев, А.В. Особенности системного подхода при анализе и проектировании технологических процессов растениеводства / А.В. Пискарев // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета, 2009. – Т. 3. – № 11. – С. 54-59.

281. Поветкин, В.Е. Влияние способов обработки почвы и конструкций посевов на продуктивность агрофитоценозов в условиях ЦЧЗ : Автореферат дис. на соиск. уч. степени кандидата с.-х. наук / Поветкин В.Е. - ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, Курск, 2001. – 19 с.

282. Подгорнов, В.Д. Приёмы возделывания сои на семена в лесостепи Кузнецкой котловины: автореферат дис. канд. с.-х. наук: Спец.: 06.01.09 / В.Д. Подгорнов. – Кемерово, 2006. – 202 с.

283. Подолько, А.П. Влияние уплотнения почвы движителями тракторов на агрофизические ее свойства и урожай ячменя: Автореферат дис. канд. с.-х. наук / Белорусский научно-исследовательский институт земледелия. – Минск - Жодино, 1978. – 24 с.

284. Подробное описание системы управления сельскохозяйственным предприятием ИАС «АгроХолдинг». - <http://www.lcps.ru/help18.html>.

285. Подскачая, О.И. Засоренность посевов озимой пшеницы от вида севооборота, обработки почвы и удобрения / О.И. Подскачая, Е.Б. Игонин // Плодородие почвы - основа высокоэффективного земледелия. – Чебоксары: ЧГСХА, 2000. – С. 118-120.

286. Постановление Совета Министров РСФСР от 6 мая 1961 года № 511 о ведении в колхозах и совхозах шнуровой книги истории полей севооборотов и агротехнического паспорта полей севооборотов // <http://vwww.bestpravo.ru/ussr/data03/tex15875.htm>.

287. Посыпанов, Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха / Г.С. Посыпанов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 299 с.

288. Посыпанов, Г.С. Энергетическая оценка технологии возделывания полевых культур / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов. – М.: Издательство МСХА, 1995. – 22 с.

289. Потрепалова, Г.С. Влияние системы обработки почвы на засоренность посевов и урожайность яровой пшеницы в интенсивных севооборотах / Г.С. Потрепалова, А.А. Пашкин // Научно-технический бюллетень Всероссийского НИИ сои. – Новосибирск: Сиб. отд-ние ВАСХНИЛ, 1990. – Вып.

1. – С. 13-16.

290. Программа и методика комплексных исследований по изучению влияния ходовых систем сельскохозяйственных тракторов, комбайнов и транспортных средств на почву. – М.: ВАСХНИЛ, 1979. – 62 с.

291. Проектирование и внедрение эколого-ландшафтных систем земледелия в сельскохозяйственных предприятиях Воронежской области: Метод, руководство / Под общ. ред. М.И. Лопырева. – Воронеж: Истоки, 1999. – 186 с.

292. Пружин, М.К. Принципы использования агроинформационных технологий в земледелии / М.К. Пружин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2012. – Т. 2. – № 2. – С. 72-73.

293. Пружин, М.К. Формирование баз данных для поддержки компьютеризированных агротехнологий / М.К. Пружин, Т.А. Плотникова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2012. – Т. 1. – № 1. – С. 134-135.

294. Пупонин, А.И. Влияние уплотнения машинно-тракторными агрегатами на свойства, режимы почвы и урожай сельскохозяйственных культур / А.И. Пупонин // Переуплотнение пахотных почв. – М.: Наука, 1987. – С. 27-35.

295. Пупонин, А.И. Депрессия урожая с. х культур при уплотнении почвы и приёмы её снижения / А.И. Пупонин, И.С. Матюк и др. // Труды ВИМ, 1988. – Т. 118. – С. 75 - 86.

296. Пупонин, А.И. Минимизация обработки почвы: опыт, проблемы и перспективы / А.И. Пупонин, Б.Д. Кирюшин. – М.: ВНИИТЭИагропром, 1989. – 78 с.

297. Пупонин, А.И. Научные основы снижения засоренности почвы / А.И. Пупонин, А.В. Захаренко // Земледелие, 1999. – № 3. – С. 29 - 30.

298. Рабочев, И.С. О путях снижения отрицательного воздействия на почву тракторов и ходовых систем сельскохозяйственных машин / И.С. Рабочев, П.У. Бахтин, А.Г. Бондарев // Плодородие почв и его регулирование. –

М.: Колос, 1983. – 236 с.

299. Раднаев, Д.Н. Проектирование эффективных технологий возделывания зерновых культур / Д.Н. Раднаев, А.П. Батудаев, Б.Б. Цыбиков, В.В. Тумурхонов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова, 2012. – № 3. – С. 30-35.

300. Ревут, И.Б. Физика почв / И.Б. Ревут. – Л.: Колос, 1972. – 367 с.

301. Рекомендации по снижению уплотняющего воздействия ходовых систем мобильной сельскохозяйственной техники на почву. – Киев: Урожай, 1988. – 40 с.

302. Репетов, А.Н. Особенности формирования состава машинно-тракторного парка / А.Н. Репетов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2009. – Т. 2. – № 2. – С. 77-80.

303. Репетов, А.Н. Сравнительная оценка эксплуатационных показателей почвообрабатывающих агрегатов / А.Н. Репетов // Техника в сельском хозяйстве, 2007. – №2. – С. 45.

304. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в зональных системах земледелия (рекомендации) / А.И. Пупонин, И.П. Макаров и др. – М.: РАСХН, МСХА, Координац. совет по обработке почвы, 1993. – 180 с.

305. Рзаева, В.В. Компоненты агрофитоценоза в зависимости от обработок почвы в лесостепи Тюменской области / В.В. Рзаева, Т.В. Симахина, В.А. Поминов // Аграрный вестник Урала, 2007. – № 5. – С. 44-46.

306. Романенко, А.А. Эффективность различных систем основной обработки почвы под сельскохозяйственные культуры в зернопропашном севообороте / А.А. Романенко, П.П. Васюков, В.М. Кильдюшин // Достижения науки и техники АПК, 2011. – №8. – С. 34-36.

307. Русаков, В.В. Прямой посев пшеницы в условиях юга Амурской области / В.В. Русаков, А.В. Сюмак, Г.И. Орехов // Проблемы комплексной механизации производства и переработки сельскохозяйственной продукции АПК Дальнего Востока. – Благовещенск, 2003. – С. 66-77.

308. Русанов В.А. Комплексное улучшение характеристик полевой

техники при снижении её давления на почву / Русанов В.А. // Техника в сельском хозяйстве, 1993. – № 1. – С. 21-23.

309. Русанов, В.А. Воздействие движителей на почву, направления решения и проблемы / В.А. Русанов // Вестник сельскохозяйственной науки, 1992. – №3. – С. 36 -49.

310. Русанов, В.А. Методы определения составляющих деформаций почвогрунтов при гидростатическом и одометрическом нагружении / В.А. Русанов. – М: ВИМ, 1993. – 22 с.

311. Русанов, В.А. Проблема воздействия движителей на почву и эффективное направление её решение / В.А. Русанов, Н.М. Антышев, В.П. Кузнецов и др. // Тракторы и сельхозмашины, 1994. – № 5, № 6. – С. 12 – 15, С. 14-16.

312. Русанов, В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения / В.А. Русанов. — М: ВИМ, 1998. – 368 с.

313. Русанов, В.А. Снижение воздействия движителей на почву / В.А. Русанов, Н.М. Антышев, А.Г. Бондарев, Н.С. Матюк // Доклады РАСХН, 1994. – № 2. – С. 16-19.

314. Рымарь, С.В. Длительное применение различных способов основной обработки и плодородие чернозема обыкновенного / С.В. Рымарь // Земледелие, 2007. – №3. – С. 22.

315. Рюбензам, Э. Земледелие / Э. Рюбензам, К. Рауэ. – М.: Колос, 1969. – 520 с.

316. Рябченко, В.Н. Исследование вредного воздействия на почву гусеничного движителя с различной формой опорной поверхности / В.Н. Рябченко, А.М. Емельянов // Труды УСХА. – Киев: УСХА, 1982. – С. 120- 125.

317. Самарина, Т.Я. Анализ условий работы гусеничного движителя комбайна и пути повышения работоспособности гусеничных цепей / Т.Я. Самарина, Ю.Р. Самарина, А.В. Якименко, И.В. Бумбар // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова, 2012. – № 4 (29). – С. 154-156.

318. Сапожников, П.М. Деградация физических свойств почв при антропогенных воздействиях / П.М. Сапожников // Почвоведение, 1994. – № 11. – С. 60 - 66.
319. Саранин, К.И. Система обработки дерново-подзолистых почв в интенсивном земледелии / К.И. Саранин, Н.А. Старовойтов // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 20-32.
320. Сафонов, А.Д. Системы земледелия / А.Д. Сафонов, А.М. Гатаулин, И.Г. Платонов. – М.: КолосС, 2006. – 447 с.
321. Сверлова, Л.И. Агроклиматические ресурсы и оценка биоклиматической продуктивности земель колхозов и совхозов Амурской области / Л.И. Сверлова. – Благовещенск: РИО Амурполиграфиздата, 1986. – 178 с.
322. Сверлова, Л.И. Сельскохозяйственная оценка продуктивности климата Восточной Сибири, Дальнего Востока и трассы БАМ для ранних яровых культур / Л.И. Сверлова. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 182 с.
323. Северьянов, С.Н. Основная обработка почвы под яровые зерновые культуры в Волго-Вятском регионе: Автореф. дис. на соискание уч. степени кандидата наук / С Н. Северьянов. – Балашиха (Моск. обл.): Рос. гос. агро ун-т, 2004. – 18 с.
324. Синеговская, В.Т. Агротехнические приемы и продуктивность сои в Приамурье / В.Т. Синеговская, А.Н. Гайдученко // Проблемы комплексной механизации производства и переработки сельскохозяйственной продукции АПК Дальнего Востока. – Благовещенск, 2003. – С. 159-167.
325. Синеговская, В.Т. Влияние приемов агротехники на продуктивность сои / В.Т. Синеговская, А.Н. Гайдученко, М.В. Толмачев // Земледелие, 2010. – №5. – С. 27-29.
326. Синеговская, В.Т. Оптимизация симбиотической и фотосинтетической деятельности посевов сои в условиях Приамурья: дис... д-ра с.-х. наук: Спец.: 06.01.09: / В.Т. Синеговская. – Благовещенск, 2001. – 237 с.
327. Синеговская, В.Т. Посевы сои в Приамурье как фотосинтезирующие системы / В.Т. Синеговская. – Благовещенск, 2005. – 120 с.

328. Синеговская, В.Т. Энергосберегающие технологии возделывания сои в Приамурье / В.Т. Синеговская, А.Н. Гайдученко, Ф.Б. Коломийцев // Энергосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 2006. – С. 108-117.

329. Система земледелия Амурской области / Под общ. ред. В.А. Тильбы. – Благовещенск: ИПК «Приамурье», 2003. – 304 с.

330. Система земледелия Амурской области: производственно-практический справочник / под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. П.В. Тихончука. – Благовещенск: изд-во Дальневосточного ГАУ, 2016. – 570 с.

331. Система земледелия колхоза «Луч» Ивановского района Амурской области / Под общ. ред. П.В. Тихончука. – Благовещенск: ДальГАУ, 2003. – 184 с.

332. Система машин для комплексной механизации производственных процессов в растениеводстве совхозов и колхозов Амурской области на 1971 - 1975 гг. / Под общей редакцией Кашпура Б.И. – Благовещенск, БСХИ, 1969. – 129 с.

333. Система машин для комплексной механизации растениеводства Амурской области на 1986 - 1990 гг. / Под общей редакцией Кашпура Б.И. – Благовещенск: БСХИ, 1988. – 106 с.

334. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года. Растениеводство. – М.: ВИМ, 2012. - Т. I. – 303 с.

335. Система технологий и машин для комплексной механизации растениеводства Амурской области на 2011-2015 гг. / Под общ. ред. И.В. Бумбара, А.Н. Панасюка, В.А. Тильбы. – Благовещенск: ДальГАУ, 2011. – 263 с.

336. Система технологий и машин для комплексной механизации растениеводства Амурской области на 2001...2005 годы / Под общ. ред. Б.И. Кашпура, Ю.В. Терентьева. – Благовещенск: ДальГАУ, 2001. – 280 с.

337. Ситдииков, И.Г. Влияние приёмов основной обработки почвы,

удобрений и средств защиты растений на продуктивность ячменя / И.Г. Сит-
диков, В.Н. Фомин, М.М. Нафиков // Достижения науки и техники АПК,
2011. – №8. – С. 36-39.

338. Слесарев, В.Н. Деградация чернозёма при длительном использо-
вании тяжёлой техники / В.Н. Слесарев, Н.В. Абрамов // Земледелие, 1992. –
№ 6. – С. 17.

339. Смирнов, А.А. Эффективные способы обработки почвы при воз-
делывании голозерного овса // Земледелие, 2003. – №2. – С. 26.

340. Смирнов, Б.А. Минимализация основной обработки почвы и за-
соренность посевов / Б.А. Смирнов, А.С. Мазохин // Земледелие, 1990. – №2.
– С. 43-45.

341. Советов А.В. О системах земледелия / А.В. Советов. – М.: Либ-
роком, 2010. – 192 с.

342. Создание электронных карт полей. – 2009.
<http://forum.agro.su/viewtopic.php?f=43&t=73>.

343. Сорная растительность Амурской области и меры борьбы с ней /
Под общ. ред. В.Г. Синеговской. – Благовещенск: ИПК «Приамурье», 2003. –
168 с.

344. Спирин, А.П. Ресурсосберегающая технология возделывания
озимых зерновых культур / А.П. Спирин, О.А. Сизов // Земледелие, 2008. –
№6. – С. 30-31.

345. Степанова, В.М. Биоклиматология сои / В.М. Степанова. – Л.: Ги-
дрометеоиздат, 1972. – 121 с.

346. Степкин, Н.М. Влияние основной обработки почвы на урожай-
ность пшеницы и сои в Центральной зоне Амурской области / Н.М. Степкин,
А.Н. Гайдученко // Науч.- тех. бюл. – Новосибирск: Сиб. отд-ние ВАСХНИЛ,
1989. – С. 21-28.

347. Ступин, В.М. Энергосберегающие технологии возделывания
сельскохозяйственных культур на Дальнем Востоке / В.М. Ступин // Энерго-
сберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур в

условиях Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 2006. – С. 3-9.

348. Судаков, А.В. Характер деформации почвы по профилю / А.В. Судаков, А.А. Охитин, А.В. Климанов // Земледелие, 1985. – №2. – С. 25-27.

349. Сюмак, А.В. Обоснование повышения эффективности возделывания сои и зерновых культур в короткоротационных севооборотах в системе биологического земледелия / А.В. Сюмак, В.В. Русаков, В.А. Мунгалов, А.В. Селин, А.А. Цыбань // Фундаментальные исследования, 2013. – № 8-6. – С. 1364-1367.

350. Сюмак, А.В. Теоретические основы и результаты экспериментальных исследований по повышению эффективности возделывания сои и зерновых культур в системе биологического земледелия / А.В. Сюмак, В.А. Мунгалов, В.А. Тильба, С.М. Доценко // Современные проблемы науки и образования, 2013. – №2. – С. 220.

351. Терентьев, Ю.В. Механизация возделывания сои / Ю.В. Терентьев. – М: Россельхозиздат, 1982. – 128 с.

352. Технологии и комплекс машин для производства зерновых культур и сои в Амурской области: коллективная научная моногр. / В.А. Тильба, В.Т. Синеговская, Н.Д. Фоменко и др. – Благовещенск: Изд-во ООО «Агромакс-Информ», 2011. – 134 с.

353. Тильба, В.А. Адаптивные и прогрессивные технологии возделывания сои и кукурузы на Дальнем Востоке / В.А. Тильба, В.Т. Синеговская. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – 122 с.

354. Тильба, В.А. Проблемы научного обеспечения производства сои в дальневосточном регионе России / В.А. Тильба // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур, 2012. – Вып.2. – С. 151-152.

355. Тильба, В.А. Совершенствование технологии возделывания сои в Приамурье / В.А. Тильба // Земледелие, 2010. – №3. – С. 8-9.

356. Тильба, В.А. Технология возделывания сои в Амурской области: Методические рекомендации / В.А. Тильба, В.Т. Синеговская, Н.Д. Фоменко

и др. – Благовещенск: Типография УВД Амурской области, 2009. – 72 с.

357. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве / Под общей редакцией Островской Т.В. – М.: Агропромиздат, 1990. – Часть II. – 272 с.

358. Титлянова, А.А. Агроценозы степной зоны / А.А. Титлянова, В.И. Кирюшин, И.П. Охинько. – Новосибирск: Наука, 1984. – С. 227-230.

359. Тихончук, П.В. Разработка системы земледелия колхоза «Луч» Амурской области / П.В. Тихончук, Е.Б. Захарова // Аграрный вестник Урала. - Екатеринбург: ИРА УТК, 2010. – №5(7). – С. 51 – 54.

360. Тихончук, П.В. Система земледелия Амурской области: проблемы и пути решения / П.В. Тихончук, О.В. Щегорец, Е.Б. Захарова, К.С. Чурилова, Е.А. Волкова // Дальневосточный аграрный вестник, 2016. – №3(39). – С. 130-139.

361. Тихончук, П.В. Создание информационной системы паспортизации полей сельскохозяйственного предприятия / П.В. Тихончук, Е.Б. Захарова, А.С. Столяров // Достижения науки и техники АПК, 2009. – №11.- С. 42-45.

362. Ториков, В.Е. Яровой ячмень на крупяные, пивоваренные и кормовые цели при биологизации земледелия / В.Е. Ториков, О.В. Мельникова, В.В. Ториков, Ф.И. Клименков. – Брянск: Брянский ГАУ, 2013. – 246 с.

363. Тугуз, Р.К. Ресурсосберегающие технологии возделывания озимой пшеницы в Адыгее и их экономическая эффективность / Р.К. Тугуз, Н.И. Мамсиров // Новые технологии, 2008. – №5. – С. 35-38.

364. Тулайков, Н.М. Избранные произведения / Критика травопольной системы земледелия // Н.М. Тулайков. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 312 с.

365. Тулеубаев, Ж.С. Влияние уплотнения движителями тракторов на агрофизические и реологические свойства темно-каштановых почв Центрального Казахстана: Автореферат дис. канд. с.-х. наук / Ж.С. Телеубаев. – Ташкент, 1990. – 21 с.

366. Уразаев, Н.А. Сельскохозяйственная экология / Н.А. Уразаев,

А.А. Вакулин, В.И. Марымов. – М.: Колос, 1996. – 225 с.

367. Файрушин, Д.З. Агротехническая оценка адаптированности средств механизации для обработки почвы и посева по почвозащитным и энергосберегающим технологиям / Д.З. Файрушин, З.С. Рахимов, Р.Л. Акчурин, Д.Т. Атнагулов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета, 2007. – № 10. – С. 19-21.

368. Фёдоров, Р.Н. Определение потерь урожая и направления их снижения от уплотнения ходовыми системами машинно-тракторных агрегатов по уходу за растениями / Р.Н. Фёдоров, К.А. Хафизов // Вестник Казанского государственного аграрного университета, 2009. – Т. 14. – №4. – С. 152-155.

369. Федорова, Н.В. Эффективность воспроизводства почвенного плодородия в системе земледелия / Н.В. Федорова // АПК: Экономика, управление, 2010. – № 12. – С. 84-90.

370. Фолкнер, Э.Х. Безумие пахаря / Э.Х. Фолкнер пер. с англ. // под ред. и с предисл. П. А. Яхтенфельда. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 302 с.

371. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / Агроном+. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://agrofutur.ru/fotosinteticheskaya-deyatelnost-rastenij-v-posevax.html> (06.09.2008 г.).

372. Францессон, В.А. Сохранение и повышение плодородия почвы при освоении целинных земель / В.А. Францессон, Н.П. Исаенко, С.Г. Горбунова. – М.: Сельхозиз, 1957. – 178 с.

373. Хабатов, Р.Ш. Моделирование уплотнения почвы колёсными движителями / Р.Ш. Хабатов, Д.И. Золотаревская, В.Т. Ходыкин // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1985. – № 1. – С. 6-9.

374. Хабатов, Р.Ш. О государственных стандартах по воздействию движителей мобильной сельхозтехники на почву / Р.Ш. Хабатов, А.Н. Захарченко, Д.И. Золотаревская и др. // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1989. – № 5. – С. 7 - 9.

375. Храмцов, И.Ф. Экономическая оценка технологий, применяемых в зерновом производстве Западной Сибири / И.Ф. Храмцов, Б.С. Кошелев // Земледелие, 2010. – № 7. – С. 27-28.

376. Худолеев, В.В. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность сои при использовании пожнивных сидератов: дис... канд. с.-х. наук: Спец.: 06.01.09 / В.В. Худолеев. – Благовещенск, 2006. – 144 с.

377. Чесалин, Г.А. Использование питательных веществ удобрений культурными и сорными растениями / Г.А. Чесалин, А.А. Тимофеева // Химия в сельском хозяйстве, 1974. – Т. 12. – С. 58-59.

378. Чогут, Г.И. Эколого-экономическая эффективность систем земледелия Воронежской области / Г.И. Чогут // АПК: Экономика, управление, 2010. – №7. – С. 30-32.

379. Чурилова, К.С. Эффективность технологий обработки почвы при возделывании сои / К.С. Чурилова, Е.Б. Захарова, К.А. Никульчев // Научное обозрение, 2014. – № 1. – С. 12-16.

380. Шарков, И.Н. Минимализация обработки и её влияние на плодородие почвы / И.Н. Шарков // Земледелие, 2009. – №3. – С. 24-27.

381. Шевелуха, В.С. Эволюция агроэкологических и стратегия адаптивной селекции растений / В.С. Шевелуха // Вестник РАСХН, 1993. – № 4. – С. 16-21.

382. Шевченко, С.Н. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы на чернозёмах Среднего Поволжья / С.Н. Шевченко, В.А. Корчагин // Земледелие, 2008. – №3. – С. 26-27.

383. Шелевой, Г.К. Влияние предшественников, удобрений и способов обработки на биологическую активность почвы под соей / Г.К. Шелевой, С.В. Рафальский, В.Ф. Ключева // Интенсификация возделывания сои на Дальнем Востоке: Сб. науч. тр. СО ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1984. – С. 36-45.

384. Шептухов, В.Н. Влияние проходов с.-х. машин по посевам на почву и урожай зерновых культур / В.Н. Шептухов // Труды почвенного ин-

ститута им. Докучаева В.В., 1981. – С. 31- 36.

385. Шестеренко, С.И. Опыт получения высоких урожаев сои в Волгоградской области / С.И. Шестеренко // Технология возделывания сои в Волгоградской области. – Волгоград, 1985. – Вып. V. – С. 33-37.

386. Шикула, Н.К. Почвозащитная бесплужная обработка полей / Н.К. Шикула. – М.: Знание, 1990. – 63 с.

387. Ширяев, В.М. Состояние и перспективы технического перевооружения АПК Амурской области / В.М. Ширяев / Вестник ДальГАУ: научно-практический журнал. – Благовещенск: ДальГАУ, 2007. – Вып. 3. – С. 26 – 30.

388. Щербаков, А.П. Технологии почвозащитных систем земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории и методы их эколого-экономической оценки / А.П. Щербаков, И.П. Здоровцов и др. – Курск, 1991. – 203 с.

389. Щербакова, Т. Электронные карты полей / Т. Щербакова. – 2007. – <http://www.mcx.ru/news/news/show/1900.htm>.

390. Щитов, С.В. Исследование вредного воздействия на почву ходовых систем энергонасыщенных тракторов / С.В. Щитов // Механизация возделывания сои на Дальнем Востоке: сб. науч. тр. БСХИ. – Благовещенск, 1982. – С. 63 – 66.

391. Щитов, С.В. Техногенное воздействие на почву колесных тракторов / С.В. Щитов, П.В. Тихончук, Н.В. Спириданчук // Достижения науки и техники АПК, 2012. – № 6. – С. 73-74.

392. Юшин, А.А. Влияние ходовых систем тракторов на почву и урожайность / А.А. Юшин, Н.М. Семенюк, Ю.Н. Благодатный // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1982. – № 2. – С. 32-34.

393. Юшкевич, Л.В. Оценка эффективности посевных комплексов в засушливых агроландшафтах Западной Сибири / Л.В. Юшкевич, А.А. Кем // Вестник Алтайского ГАУ, 2013. – №4(102). – С. 84-88.

394. Юшкевич, Л.В. Совершенствование технологии возделывания

ячменя в Лесостепи Западной Сибири / Л.В. Юшкевич, А.Г. Щитов, Н.И. Егорова, Е.В. Штро // Земледелие, 2013. – №2. – С. 26-28.

395. Юшкевич, Л.В. Яровой ячмень в Западной Сибири / Л.В. Юшкевич, Н.И. Аниськов // Земледелие, 2010. – №6. – С. 3-5.

396. Якименко, М.В. Изменение свойств клубеньковых бактерий сои родов *Bradirhizobium* и *Sinorhizobium* Амурской селекции под воздействием экологических факторов: Дис... канд. биолог, наук: Спец.: 03.00.16 / М.В. Якименко. – Благовещенск, 2006. – 149 с.

397. Якунин, А.И. Минимализация способов обработки почвы / А.И. Якунин // Практические советы по повышению урожайности сельскохозяйственных культур в современных условиях. – Ульяновск: Ульяновский НИИСХ, 2006. – С. 32-33.

398. Ярцев, Г.Ф. Эффективность технологий посева при возделывании яровой пшеницы в степной зоне Южного Урала / Г.Ф. Ярцев, Р.К. Байкаменов // Известия Оренбургского ГАУ, 2012. – Т.5. – №37-1. – С. 40-42.

399. Adams, E.P. Influence of soil compaction on crop growth and development / E.P. Adams, G.R. Slake, W.P. Martin, D.H. Boelter // Trans. 7- Th Intern. Congr. Soil Sci., 1960. – V.1. – P. 171-178.

400. Burger, J.A. Tires and tracs: how they compane m the forest / J.A. Burger, R.E. Kreh, S. Minaei and others // Agricultural engineering, 1984. – V. 65. – №2. – P. 14-18.

401. Domzal, H. Intensity of soil compaction under Wheeled machinery and agricultural tools in highly mechanized farms / H. Domzal, S. Hodara // Agrophysical bases of soils and cultivated plants productivity, 1991. – P. 21 - 27.

402. Dzienia, S. Wplyw systemow prawy na plonowanine i zachwaszenie jeczmiienia jerego / Stanistaw Dzienia, Tomasz Piskier // Влияние систем обработки почвы на урожай и зарастание сорными растениями ярового ячменя Folia Univ. agr. Stetai Agr, 1998. – №69. – 33-36.

403. Hakansson, I. Vehicle and Wheel Factors Influencing Soil Compaction and crop Response in different Traffic Regimes / I. Hakansson, W.B. Voor-

hees, H. Riley // Soil and tillage research. – Amsterdam, 1988. – V. 11. – P. 239-282.

404. Koller, K. Möglichkeiten und Grenzen pflugloser Bodenbearbeitung / K. Koller // Landtechnik, 1982. – H. 2. - P. 61-64.

405. Lebert, M. A method to predict the mechanical strength of agricultural soils / M. Lebert, R. Horn // Soil and Tillage Research, 1991. - V. 19. – P. 275-286.

406. Taylor, H.M. Effect of soil compaction on root development / H.M. Taylor, G.S. Brar // Soil and Tillage Research, 1991. - V. 19. – P. 111-119.

407. Werner, D., Einflub raddruckbedingter Verdichtungen auf Bodenstruktur und Ertrag sowie Hinweise zur Erkennung und Beseitigung von Verdichtungswirkungen auf bindigen Ackerboden / D. Werner, U. Pittelkow, W. Xylander, H.Unger // Feldwirtschaft, 1986. – №5. – P. – 220-223.

408. Wesley, R. Residual effects of fall deep tillage on soybean yields / R. Wesley, L. Smith, S. Spurlock // Agronomy journal, 2000. – Vol. 92. – №5. – P. 914-947.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А. Условия проведения исследований

Таблица А.1 – Метеорологические данные (метеостанция г. Благовещенска)

Год	Дека-да	Среднесуточная температура, °С						Количество осадков, мм					
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Сред- немно много голет- лет- нее	I	1	9,6	17,2	21,4	20,8	15,2	9	12	26	39	45	32
	II	4,5	12,7	19,3	21,9	19,2	12,4	10	14	30	44	42	26
	III	6,8	14,8	20,1	21,4	17,8	9,6	13	16	35	48	38	15
	месяц	4,1	12,4	18,8	21,5	19,2	12,4	32	42	91	131	125	73
1985	I	0,4	10,5	18,9	23,4	19	16,8	7	26	12	3	132	43
	II	7,6	14,4	18,3	20,1	20,4	10,9	0	0	20	25	29	15
	III	7,4	13,1	19,8	21,5	17,8	8,8	3	4	18	3	42	12
	месяц	5,1	12,7	19	21,6	19	12,1	10	30	50	31	203	70
1986	I	1,8	10,2	21,4	22,4	19,2	16,4	1	6	0	35	32	5
	II	1,4	10	22,2	19,6	18,2	16	2	2	11	98	39	1
	III	6,3	16,5	19,7	22,3	18,3	10	0	1	42	20	10	16
	месяц	3,2	12,3	21,1	21,4	18,6	14,1	3	9	53	153	81	22
1987	I	0,2	8,4	18	18	19,8	15	15	0	9	35	53	29
	II	4,2	7,5	22,7	22,7	20,6	12,5	2	15	14	23	65	28
	III	3,4	14	20,5	20,5	18,4	7,3	4	11	11	64	73	9
	месяц	2,6	10	20,4	20,5	19,5	11,6	21	26	24	122	191	66
1988	I	-1,4	7,7	19,5	19,7	23,5	17,6	9	7	20	41	69	29
	II	8,1	13,5	16,9	21,9	19,9	12,5	11	39	63	6	36	13
	III	7,8	12,9	23,1	22,2	17,5	10,5	26	47	25	11	2	10
	месяц	4,8	11,4	19,8	21,4	20,3	13,5	46	93	108	58	107	44
1989	I	2	10,8	17,5	21,9	23,7	14,7	0	1	33	16	42	14
	II	8,3	11,6	18,9	21,3	17,3	10,2	10	1	8	33	21	17
	III	6,8	14,5	19,6	19,6	19,6	10,2	18	3	99	76	46	10
	месяц	5,7	12,3	18,7	20,9	20,9	11,7	28	5	140	125	109	41
1990	I	2,7	10,9	15,7	23	20,6	16,8	12	25	55	51	45	5
	II	6,3	13,6	17,6	22,8	19,7	10	4	7	58	61	18	86
	III	4,4	16,9	22	19,1	18,1	9,2	22	4	20	68	35	29
	месяц	4,4	13,7	18,4	21,6	19,5	12	38	36	133	180	98	120
1991	I	2,6	9,2	16,2	20,5	22,6	13,5	17	1	44	32	18	46
	II	4,2	14,3	18,5	20,1	20,6	12,6	0	7	61	14	31	0
	III	5,4	13,2	21,3	20,6	19,3	8	30	19	25	43	8	29
	месяц	4,1	12,2	18,7	20,4	20,8	11,4	47	27	130	89	57	75
1992	I	-0,1	9,5	14,9	22,6	19,8	15,3	9	7	64	20	35	97
	II	4,6	13,8	19,1	21,6	19,7	11,1	1	0	25	55	5	50
	III	7,1	18,3	22,7	19,5	18,2	8,1	5	10	17	61	56	14
	месяц	3,9	13,9	18,9	21,2	19,1	11,5	15	17	106	136	96	149
1993	I	0,9	10,5	15	21,3	22,5	18,4	6	10	21	51	11	0
	II	5,3	12,2	18	23,6	17,7	12,4	0	18	42	24	28	23
	III	4,5	12,3	16,5	20,6	17,3	10,9	1	19	57	75	37	19
	месяц	3,6	11,7	16,5	21,8	19,2	13,9	7	47	120	150	76	42
1994	I	1,6	9,2	19,2	20,5	18,9	14,1	0	25	33	79	27	40
	II	4,2	10,6	20,2	24,9	18,6	15,8	3	0	9	43	1	53
	III	6,9	15,1	21	22,5	21,2	12,3	2	28	36	134	28	20
	месяц	4,2	11,6	20,1	22,6	19,6	13,7	5	53	79	256	56	113
1995	I	-0,9	8,4	19,4	20,4	21,7	14,1	30	5	26	21	8	71
	II	1,7	12,9	21,3	22	17,5	11,7	0	9	65	64	35	13
	III	8,3	12,8	18,4	21,7	17,5	10,8	12	25	25	60	30	38
	месяц	3	11,4	19,7	21,4	18,9	12,2	42	39	116	145	73	122
1996	I	0,9	11,6	15,7	23,1	19,4	14,4	4	17	15	19	82	22
	II	4,4	16,1	20	24,2	20,2	11,8	11	7	25	23	63	0
	III	9,8	15,7	19,3	21,7	18,3	9	7	7	46	16	6	3
	месяц	5	14,5	18,3	23	19,3	12,2	22	31	86	58	151	25
1997	I	4,4	8,1	15,2	19,6	19,8	14,1	0	0	40	88	96	51

Продолжение таблицы А.1

Год	Дека- да	Среднесуточная температура, °С						Количество осадков, мм					
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	II	5,8	15,1	21,7	23,7	20,5	8,2	8	39	7	20	94	10
	III	10,6	16,4	19,6	23,6	19,1	11,2	2	18	22	20	81	1
	месяц	6,9	13,3	20,6	22,4	19,8	11,2	10	57	69	128	271	62
1998	I	5	11,9	15,6	21,3	22	17,5	0	4	29	55	23	22
	II	7,4	17,8	18	24	18,2	13,9	17	18	93	0	52	17
	III	7,1	11,7	19,7	22,3	18,8	8,9	2	42	70	60	7	5
	месяц	6,5	13,8	17,8	22,5	19,6	13,4	19	64	192	115	82	44
2005	I	2,9	6,8	18,2	22,2	23,2	16,4	27	36	24	5	18	14
	II	2,9	10,8	21,0	22,9	20,8	14,9	53	16	24	6	36	13
	III	6,8	14,5	22,0	23,0	18,8	13,2	14	12	9	12	29	1
	месяц	4,2	10,7	20,4	22,7	20,9	14,8	94	64	57	23	83	28
2006	I	0,5	11,1	17,6	23,6	24,3	12,2	10	0	76	12	10	27
	II	3,0	14,2	16,7	21,3	20,9	12,6	1	11	62	49	27	8
	III	7,4	19,5	20,4	20,3	18,4	12,7	11	0	5	213	32	10
	месяц	3,6	14,9	18,2	21,7	21,2	12,5	22	11	143	274	69	45
2007	I	1,3	11,2	19,5	23,6	23,4	16,4	6	5	1	1	15	0
	II	5,3	12,2	21,2	23,5	23,8	16,3	1	61	26	4	43	0
	III	8,6	15,8	21,1	21,9	17,6	9,1	3	43	44	3	37	8
	месяц	5,1	13,1	20,6	23,0	21,6	13,9	10	109	71	8	95	8
2008	I	4,7	8,9	18,6	22,0	22,0	16,0	0	16	11	62	58	18
	II	8,9	15,3	23,5	22,7	20,9	12,9	13	1	5	31	0	10
	III	5,9	13,3	24,0	24,4	20,0	8,1	22	58	2	32	69	28
	месяц	6,5	12,5	22,0	23,0	21,0	12,3	35	75	18	125	127	56
2009	I	3,6	13,1	14,7	20,8	23,3	15,8	1	2	98	28	14	22
	II	2,4	14,1	17,3	19,9	20,0	12,2	3	7	74	64	52	16
	III	7,7	18,2	17,5	21,7	16,8	10,4	3	24	54	49	9	1
	месяц	4,6	15,1	16,5	20,8	20,0	12,8	7	33	226	141	75	39
2010	I	0,5	10,3	21,2	22,3	19,1	17,7	8	2	6	130	43	0
	II	1,0	15,1	22,1	22,4	19,1	15,9	0	16	79	89	70	9
	III	7,7	19,6	26,6	21,9	20,0	6,5	12	2	2	46	36	7
	месяц	3,1	15,0	23,3	22,2	19,4	13,4	20	20	87	256	149	16
2011	I	3,5	11,2	16,4	22,2	24,4	14,2	0	18	47	90	6	9
	II	4,3	11,8	21,1	24,3	19,0	12,7	2	31	17	21	5	15
	III	6,9	16,6	20,2	24,9	20,7	10,0	2	54	4	32	68	0
	месяц	4,9	13,2	19,2	23,8	21,4	12,3	4	104	68	143	80	24
2012	I	-2,1	10,4	20,0	23,5	22,4	15,3	4	4	46	41	4	60
	II	6,5	15,3	19,1	23,2	19,7	13,9	1	7	14	70	29	56
	III	8,2	17,0	24,8	21,1	18,7	10,9	18	9	36	102	2	9
	месяц	4,2	14,2	21,3	22,6	20,3	13,4	23	20	96	213	35	125
2013	I	-1,5	13,0	16,9	20,5	22,0	17,7	8	45	38	53	100	17
	II	1,7	14,7	18,8	22,5	21,1	11,4	17	44	76	53	61	36
	III	7,4	15,8	23,5	22,3	16,1	10,4	1	26	4	119	39	1
	месяц	2,5	14,5	19,7	21,8	19,7	13,2	25	115	118	226	200	54
2014	I	3,6	11,1	20,2	22,3	21,1	17,7	1	2	13	75	16	68
	II	7,5	13,4	21,0	21,7	21,2	13,8	0	34	5	4	0	6
	III	15,5	15,7	24,8	22,0	22,2	9,7	0	36	0	28	9	8
	месяц	8,9	13,4	22,0	22,0	21,5	13,7	1	72	18	107	26	82
2015	I	-2,3	8,4	16,3	21,9	22,4	14,9	2	16	6	3	21	5
	II	5,7	11,8	22,5	22,9	23,5	16,1	1	31	0	41	49	15
	III	10,9	14,5	20,3	22,6	20,5	7,9	4	4	14	41	9	46
	месяц	4,8	11,6	19,7	22,5	22,1	13	7	51	20	85	79	66
2016	I	1,6	12,9	15,4	22,2	21,8	17,7	9	1	21	14	19	80
	II	5,3	14,3	17,0	22,3	19,6	13,9	8	48	27	3	46	31
	III	7,8	12,9	18,7	22,3	16,8	11,8	1	35	57	23	25	12
	месяц	4,9	13,4	17	22,3	19,4	14,5	18	84	105	40	90	123

Приложение Б. Уплотнение почвы тракторами

Таблица Б.1 – Засоренность посевов ячменя в зависимости от уплотнения почвы тракторами, 1996-1998 гг.

Удельное давление трактора на почву, кПа	Кратность уплотнения	Количество сорняков, шт./м ²		
		всего	в том числе	
			однолетние	многолетние
Без уплотнения		308	273	35
40-45	1	321	290	31
	3	300	274	26
	5	280	258	22
45-50	1	333	297	36
	3	353	327	26
	5	372	357	15
75-80	1	263	242	21
	3	304	284	20
	5	343	325	18
120-125	1	316	298	18
	3	289	271	18
	5	262	244	18

Таблица Б.2 - Засоренность посевов ячменя в зависимости от уплотнения почвы тракторами, 2002 – 2004 гг.

Удельное давление трактора на почву, кПа	Кратность уплотнения	Сорные растения	Количество сорняков, шт./м ²	Сухая масса сорняков, г/м ²	Доля сорняков в структуре агрофитоценоза, % от общего (сорные + культурные)		Степень засоренности, балл		
					по количеству	по массе			
Без уплотнения		всего	103,1	21,6	47,5	16,64	3		
		в т.ч. малолетние	94,5	13,5	45,0	15,41	3		
		многолетние	8,6	8,1	2,5	1,23	1		
45-50		1		всего	445,7	47,2	67,6	35,40	4
				в т.ч. малолетние	434,2	42,2	64,5	32,94	4
				многолетние	11,5	5,0	3,1	2,47	1
		3		всего	299,1	60,7	69,0	42,30	4
				в т.ч. малолетние	291,3	58,0	65,9	40,81	4
				многолетние	7,8	2,7	3,0	1,49	1
		5		всего	177,8	19,4	63,6	21,03	4
				в т.ч. малолетние	172,0	15,3	60,7	18,56	4
				многолетние	5,8	4,0	2,9	2,46	1
120-125		1		всего	268,9	107,1	59,6	28,01	4
				в т.ч. малолетние	247,6	24,5	54,8	17,87	4
				многолетние	21,3	82,5	4,9	10,14	1
		3		всего	242,6	64,7	57,9	39,67	4
				в т.ч. малолетние	233,0	22,1	54,4	23,43	4
				многолетние	12,9	42,6	3,5	16,25	1
		5		всего	237,7	30,6	69,6	32,55	4
				в т.ч. малолетние	228,4	27,8	65,1	30,37	4
				многолетние	9,3	2,8	4,5	2,18	1

Таблица Б.3 – Структура урожая и качество зерна ячменя в зависимости от уплотнения почвы тракторами, 1996-1998 гг.

Уплотнение трактора на почву, кПа	Кратность уплотнения	Количество, шт./м ²			Кусти-стость		Высота расте-ний, см	Дли на коло-са, см	Коли-чество зерен в ко-лесе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Содержание, %	
		расте-ний	стеблей		об-щая	про-дук-тивная						белок	жир
			общее	с ко-ло-сом									
Без		321,7	393,0	370	1,22	1,15	93,8	8,5	17,4	52,6	690	11,28	2,52
40-	1	315,0	390,0	386	1,24	1,17	86,3	7,9	17,3	54,2	560	10,57	2,72
45	3	290,1	380,0	342	1,31	1,18	83,0	7,6	17,1	51,0	650	10,46	2,54
	5	264,0	343,2	315	1,30	1,19	76,9	7,1	16,0	48,7	650	10,36	2,35
45-	1	315,0	390,6	368	1,24	1,17	91,2	8,0	18,0	51,9	709	10,41	2,31
50	3	309,0	380,1	364	1,23	1,18	87,4	7,6	17,9	52,4	660	10,63	2,32
	5	260,1	350,0	315	1,34	1,21	84,2	7,5	16,8	52,6	680	10,85	2,34
50-	1	315,0	390,6	368	1,24	1,17	89,2	7,0	17,8	54,6	660	-	-
55	3	300,0	381,0	354	1,27	1,18	85,3	6,8	17,3	52,3	600	-	-
	5	262,0	345,8	314	1,32	1,20	85,0	6,4	17,0	52,1	550	-	-
75-	1	306,2	410,0	329	1,34	1,07	85,5	7,5	17,0	51,3	560	10,56	2,61
80	3	279,0	354,0	309	1,27	1,11	81,6	7,1	17,0	51,3	570	10,44	2,38
	5	252,0	317,5	279	1,26	1,11	76,6	6,4	16,0	48,8	550	10,31	2,14
120-	1	298,0	393,4	339	1,32	1,14	86,2	7,0	17,5	51,6	580	11,14	2,54
125	3	273,0	354,9	311	1,30	1,14	79,8	6,7	16,6	51,1	570	10,98	2,75
	5	236,0	313,9	271	1,33	1,15	75,1	6,2	16,0	49,2	590	10,83	2,96

Таблица Б.4 – Структура урожая ячменя в зависимости от уплотнения почвы тракторами, 2001 – 2004 гг.

Уплотнение трактора на почву, кПа	Кратность уплотнения	Количество, шт./м ²			Кустистость		Высота растения, см	Длина колоса, см	Количество зерен в колосе, штук	Масса, г/м ²		Отношение соломы к зерну	Масса 1000 зерен, г
		растений	стеблей		общая	продуктивная				зерна	соломы		
			общее	с колосом									
2001 – 2004 гг.													
Без уплотнения		153,4	452,0	342,9	2,95	2,27	54,57	6,3	17,6	146,2	257,1	2,01	38,1
45-50	1	143,0	405,5	305,1	2,84	2,06	51,78	6,0	16,2	104,1	189,9	2,48	37,8
	3	111,9	385,9	283,8	3,45	2,40	50,07	6,0	15,4	107,2	173,6	2,13	35,2
	5	96,5	358,8	270,0	3,72	2,74	49,52	6,1	15,9	108,4	155,6	2,14	36,2
120-125	1	147,1	433,1	318,7	2,94	2,03	51,15	6,1	15,4	130,6	227,5	2,22	36,4
	3	134,8	430,8	358,5	3,20	2,41	49,41	6,0	15,2	128,6	208,2	2,35	35,5
	5	120,0	395,2	280,1	3,29	2,19	48,38	5,9	15,1	107,7	166,6	2,28	33,6
2001 г.													
Без уплотнения		202,4	340,0	314,4	1,68	1,55	56,87	6,0	19,9	230,2	329,0	1,43	42,7
45-50	1	199,2	280,8	250,4	1,41	1,26	56,52	5,9	18,8	160,6	218,2	1,36	42,4
	3	151,2	295,2	244,0	1,95	1,61	55,26	5,8	17,4	143,8	187,1	1,30	40,1
	5	147,2	241,6	198,4	1,64	1,35	50,19	5,7	17,1	140,0	180,7	1,29	40,5
120-125	1	200,8	313,6	296,0	1,56	1,47	53,58	6,0	17,3	179,5	324,6	1,81	42,0
	3	188,8	296,8	266,4	1,57	1,41	50,53	5,6	16,5	162,1	226,3	1,40	41,5
	5	164,0	259,2	216,0	1,58	1,32	50,41	5,5	16,6	140,8	182,5	1,30	41,1
130-135	1	194,4	348,8	304,8	1,79	1,57	51,22	5,9	18,0	194,2	290,6	1,50	42,0
	3	184,0	332,0	291,2	1,80	1,58	50,44	5,9	17,7	167,3	220,8	1,32	41,6
	5	142,4	204,8	177,6	1,44	1,25	49,66	5,2	16,4	112,5	141,4	1,26	39,1
50-55*	1	172,0	325,6	309,6	1,89	1,80	55,77	5,9	17,5	179,6	279,7	1,56	41,1
	3	138,7	308,8	263,2	2,23	1,90	50,27	5,8	17,6	148,4	227,8	1,53	40,7
	5	115,2	250,4	200,0	2,17	1,74	43,47	5,8	17,6	114,5	182,6	1,59	40,1
40-45	1	173,6	317,6	274,4	1,83	1,58	55,11	5,7	17,3	157,0	233,0	1,48	42,6
	3	160,0	296,0	248,8	1,85	1,56	53,79	5,6	17,1	140,8	219,3	1,56	41,9
	5	109,6	228,0	212,0	2,08	1,93	52,85	5,5	16,9	107,8	172,5	1,60	40,3
50-55**	1	199,2	336,0	298,4	1,69	1,50	50,07	5,9	18,3	181,2	254,2	1,40	41,8
	3	181,6	339,2	292,0	1,87	1,61	50,04	5,8	18,5	179,4	242,9	1,35	39,9
	5	161,6	292,0	234,4	1,81	1,45	48,50	5,7	17,7	101,0	207,9	2,06	39,7

* - масса трактора 8,1 т, ** - масса трактора 8,0 т

Таблица Б.5 – Влияние уплотнения почвы тракторами на урожайность ячменя, т/га

Удельное давление трактора на почву, кПа (фактор А)	Кратность уплотнения (фактор В)				Среднее (фактор А)
	0	1	3	5	
1996-1998 гг.					
40-45	3,19	3,03	2,89	2,59	2,93
45-50	3,19	3,14	2,93	2,53	2,95
50-55*	3,14	2,83	2,62	2,41	2,75
75-80	3,27	2,84	2,55	2,25	2,73
120-125	3,19	2,64	2,48	2,27	2,65
Среднее (фактор В)	3,20	2,90	2,70	2,41	2,80
НСР ₀₅ (А)= 0,16-0,25; НСР ₀₅ (В)=0,16-0,25; НСР ₀₅ (частных различий)=0,33...0,50					
1999 г.					
45-50	4,30	3,82	2,99	2,12	3,31
40-45	4,30	3,62	2,72	2,01	3,16
50-55*	4,30	3,72	2,43	1,91	3,08
120-125	4,30	2,86	2,29	1,72	2,79
Среднее (фактор В)	4,30	3,51	2,61	1,94	3,09
НСР ₀₅ (А) = 0,46; НСР ₀₅ (В) =0,46; НСР ₀₅ (частных различий) = 0,89					
2000 год					
40-45	2,57	2,07	1,11	0,74	1,62
50-55*	2,57	1,71	0,94	0,70	1,48
50-55**	2,57	1,85	0,99	0,73	1,54
45-50	2,57	1,64	0,95	0,74	1,48
120-125	2,57	0,82	0,59	0,48	1,12
80-85	2,57	1,57	0,93	0,79	1,46
Среднее (фактор В)	2,57	1,61	0,92	0,70	1,45
НСР ₀₅ =0,06 (А); НСР ₀₅ =0,05 (В); НСР ₀₅ =0,13(для частных различий)					
2001 г.					
45-50	2,30	1,60	1,44	1,40	1,69
120-125	2,30	1,79	1,62	1,41	1,78
80-85	2,30	1,94	1,67	1,12	1,76
50-55*	2,30	1,80	1,48	1,14	1,68
40-45	2,30	1,57	1,41	1,08	1,59
50-55**	2,30	1,81	1,79	1,01	1,73
Среднее (фактор В)	2,30	1,75	1,57	1,19	1,70
НСР ₀₅ =0,17 (А); НСР ₀₅ =0,14 (В); НСР ₀₅ =0,33 (для частных различий)					

* - масса трактора 8,1 т, ** - масса трактора 8,0 т

Таблица Б.6- Агрофизические показатели плодородия почвы под посевами сои в зависимости от уплотнения почвы тракторами , 2001 – 2004 гг.

Удельное давление трактора на почву, кПа	Кратность уплотнения	Слой почвы, см	Плотность почвы, г/см ³	Объем пор, занятых влагой	Общая пористость	Предельная полевая влагоемкость	Содержание воздуха	Общий запас влаги, мм	Запасы доступной влаги, мм
Без уплотнения		0-10	1,10	16,7	57,7	50,6	41,0	16,7	3,7
		10-20	1,18	28,4	54,6	49,6	26,2	28,4	14,4
		0-20	1,14	22,6	56,2	50,1	33,6	45,1	18,1
		20-50	1,42	34,8	47,4	43,2	12,6	104,4	52,0
45-50	1	0-10	1,25	19,8	51,9	48,1	32,1	19,8	5,0
		10-20	1,24	28,1	52,3	48,4	24,2	28,1	13,4
		0-20	1,25	24,0	52,1	48,3	28,2	47,9	18,4
		20-50	1,41	35,5	47,6	43,5	12,2	106,4	54,2
	3	0-10	1,28	20,0	50,8	47,4	30,8	20,0	4,8
		10-20	1,25	27,8	51,9	48,1	24,1	27,8	13,0
		0-20	1,27	23,9	51,4	47,8	27,5	47,8	17,8
		20-50	1,42	34,7	47,5	43,4	12,8	104,2	51,9
	5	0-10	1,30	19,9	50	46,8	30,1	19,9	4,5
		10-20	1,27	27,9	51,2	47,6	23,3	27,9	12,9
		0-20	1,29	23,9	50,6	47,2	26,7	47,8	17,4
		20-50	1,42	33,9	47,5	43,4	13,7	101,6	49,3
80-85	1	0-10	1,28	22,1	50,8	47,4	28,7	22,1	6,9
		10-20	1,26	30,7	51,5	47,9	20,8	30,7	15,8
		0-20	1,27	26,4	51,2	47,7	24,8	52,8	22,7
		20-50	1,42	33,4	47,5	43,4	14,1	100,3	48,0
	3	0-10	1,32	22,0	49,2	46,1	27,2	22,0	6,4
		10-20	1,28	30,2	50,8	47,4	20,6	30,2	15,0
		0-20	1,30	26,1	50,0	46,8	23,9	52,2	21,4
		20-50	1,42	32,8	47,4	43,2	14,6	98,4	46,0
	5	0-10	1,34	21,9	48,5	45,4	26,6	21,9	6,0
		10-20	1,29	29,7	50,4	47,1	20,7	29,7	14,4
		0-20	1,32	25,8	49,5	46,3	23,7	51,6	20,4
		20-50	1,42	32,2	47,3	43,1	15,1	96,6	44,0

Таблица Б.7 - Засоренность посевов сои в зависимости от уплотнения почвы тракторами (2002, 2004, 2005 гг.)

Уплотнение почвы тракторами на почву, кПа	Кратность уплотнения	Сорные растения	Количество сорняков, шт./м ²	Сухая масса сорняков, г/м ²	Доля сорняков в структуре агрофитоценоза, % от общего (сорные + культурные)		Степень засоренности, балл
					по количеству	по массе	
Без уплотнения		всего	138,4	141,6	67,8	40,20	4
		в т.ч. малолетние	99,0	100,6	41,7	23,53	3
		многолетние	39,4	41,0	26,1	16,67	3
45-50	1	всего	145,3	88,8	72,9	40,94	4
		в т.ч. малолетние	127,6	69,6	63,0	32,93	4
		многолетние	17,8	19,2	9,9	8,05	2
	3	всего	265,0	130,0	74,4	49,30	4
		в т.ч. малолетние	253,2	117,8	66,5	44,78	4
		многолетние	11,8	12,1	7,9	4,52	2
	5	всего	407,5	122,2	79,9	53,70	4
		в т.ч. малолетние	395,6	117,5	73,6	51,80	4
		многолетние	12,0	4,7	6,4	1,90	2
80-85	1	всего	202,7	122,8	74,9	41,23	4
		в т.ч. малолетние	183,1	110,7	57,9	37,15	4
		многолетние	19,6	12,1	17,0	4,08	2
	3	всего	290,0	101,3	81,4	39,24	4
		в т.ч. малолетние	265,2	85,0	63,3	34,31	4
		многолетние	24,8	16,3	18,2	4,93	2
	5	всего	324,9	107,7	85,0	45,85	4
		в т.ч. малолетние	302,7	97,1	70,4	42,14	4
		многолетние	22,2	10,7	14,6	3,75	2

Таблица Б.8 – Структура урожая и качество семян сои в зависимости от уплотнения почвы тракторами (1995, 1996, 1998 гг.)

Уплотнение трактора на почву, кПа	Кратность уплотнения	Количество растений, шт./м ²	Высота, см		Количество на 1 растении, шт.			Масса		Фракции семян по крупности, %			Содержание в семенах, %	
			стебля	прикрепления нижнего боба	ветвей	бобов	семян	семян, г/м ²	1000 семян, г	>7мм	5-7мм	3-5мм	белок	жир
Без уплотнения		56	73,3	11,3	1,2	16	27	200,7	151,8	0,6	96,0	3,4	38,7	19,1
45-50	1	54	65,4	10,6	1,3	13	26	180,1	151,6	0,2	96,7	3,2	38,0	19,1
	3	50	64,6	12,4	0,7	12	24	177,1	154,7	0,7	96,5	3,0	38,4	19,1
	5	50	61,4	11,0	0,8	11	22	169,5	150,2	0,4	95,7	3,8	38,8	19,2
	7	46	54,8	12,0	1,4	13	22	99,1	133,3	0,0	95,4	4,6	38,6	18,8
40-45	1	52	67,2	10,6	1,1	13	26	181,6	155,1	0,4	97,0	2,6	38,4	19,3
	3	51	66,8	14,9	0,5	11	24	177,8	151,6	0,4	95,8	3,8	38,4	19,1
	5	49	61,8	11,2	0,8	9	20	162,7	156,6	0,3	95,4	4,4	38,6	19,1
	7	47	53,9	12,6	0,3	9	17	114,8	151,6	0,6	97,0	2,4	38,2	18,4
120-125	1	48	60,1	10,8	0,4	10	20	159,0	160,4	0,1	96,2	3,6	38,6	19,2
	3	42	56,3	12,5	0,7	12	24	144,2	152,6	0,1	95,5	4,4	38,9	19,1
	5	40	56,1	10,0	0,8	12	24	129,5	148,4	0,1	95,6	4,4	39,0	19,4
	7	36 -	46,5	9,2	0,8	10	20	79,4	138,6	0,3	92,6	7,1	38,9	18,9
75-80	1	51	62,1	10,8	0,9	11	23	150,1	159,0	0,5	96,6	2,9	38,0	19,7
	3	50	58,8	7,9	0,9	11	22	141,1	155,0	0,2	96,1	3,7	38,7	20,0
	5	48	59,0	8,5	0,9	11	21	123,1	155,0	0,3	95,3	4,4	39,4	20,7
50-55	1	54	61,6	11,6	1,3	11	20	219,1	153,4	0,3	96,8	2,9	-	-
	3	50	60,9	11,3	1,0	11	24	211,0	153,2	0,6	96,2	3,2	-	-
	5	47	59,0	10,6	1,0	И	20	203,0	153,4	0,4	95,6	4,0	-	-

Таблица Б.9 - Структура урожая сои в зависимости от уплотнения почвы тракторами, 2001 – 2004 гг.

Удельное давление трактора на почву, кПа	Кратность уплотнения	Количество растений, шт./м ²	Масса, г/м ²			Высота растения, см	Высота прикреплённого нижнего боба, см	Количество, штук на 1 растении			Масса 1000 семян, г	Отношение соломы к семенам
			снопа	семян	соломы			ветвей	бобов	семян		
Без уплотнения		39,7	209,5	84,7	124,8	58,6	10,0	0,50	11,5	20,1	115,2	1,56
45-50	1	36,4	174,5	73,3	101,2	53,6	9,5	0,44	10,7	18,3	118,4	1,38
	3	35,5	170,4	62,3	108,1	52,7	10,2	0,50	9,9	17,3	114,9	1,69
	5	32,4	160,8	51,3	109,5	51,0	9,8	0,35	9,3	15,6	112,3	2,11
80-85	1	35,6	213,6	46,6	137,0	60,2	11,2	0,60	11,9	21,1	114,9	1,93
	3	35,5	210,0	69,8	140,3	58,4	11,4	0,52	10,6	18,0	114,7	2,30
	5	33,4	180,2	57,7	122,5	58,2	12,1	0,42	11,1	18,0	113,0	2,37

Таблица Б.10 – Урожайность сои в зависимости от уплотнения почвы тракторами, т/га (1995 год)

Удельное давление трактора на почву, кПа (фактор А)	Кратность уплотнения (фактор В)					Среднее (фактор А)
	0	1	3	5	7	
45-50	1,69	1,29	1,28	1,11	0,99	1,27
40-45	1,69	1,49	1,47	1,23	1,15	1,41
120-125	1,69	1,24	1,18	1,06	0,79	1,19
Среднее (фактор В)	1,69	1,34	1,31	1,13	0,98	1,29
<p>НСР₀₅=0,03 (А); НСР₀₅= 0,04 (В); НСР₀₅ = 0,07 (частные различия)</p>						

Таблица Б.11 – Урожайность сои в зависимости от уплотнения почвы тракторами, т/га

Удельное давление трактора на почву, кПа (фактор А)	Кратность уплотнения (фактор В)				Среднее (фактор А)
	0	1	3	5	
1996 год					
45-50	2,02	1,88	1,83	1,82	1,89
40-45	2,02	1,74	1,74	1,62	1,78
75-80	2,02	1,50	1,41	1,23	1,54
120-125	2,02	1,35	1,20	1,12	1,42
Среднее (фактор В)	2,02	1,62	1,54	1,45	1,66
НСР ₀₅ =0,05 (А); НСР ₀₅ = 0,05 (В); НСР ₀₅ = 0,10 (частные различия)					
1998 год					
45-50	2,31	2,24	2,20	2,16	2,23
40-45	2,31	2,22	2,13	2,04	2,17
50-55	2,31	2,19	2,11	2,03	2,16
120-125	2,31	2,18	1,95	1,17	2,04
Среднее (фактор В)	2,31	2,21	2,10	1,98	2,15
НСР ₀₅ =0,10 (А); НСР ₀₅ = 0,10 (В); НСР ₀₅ = 0,21 (частные различия)					
2001 г.					
50-55	1,05	0,94	0,86	0,87	0,93
40-45	1,05	0,86	0,82	0,82	0,89
45-50	1,05	0,97	0,78	0,74	0,89
120-125	1,05	0,91	0,76	0,71	0,86
80-85	1,05	0,95	0,94	0,95	0,97
Среднее (фактор В)	1,05	0,93	0,83	0,82	0,91
НСР ₀₅ = 0,10 (А); НСР ₀₅ = 0,10 (В); НСР ₀₅ = 0,21 (частные различия)					
2002					
120-125	1,31	0,90	0,75	0,63	0,90
80-85	1,31	1,10	1,01	0,77	1,08
50-55	1,31	1,05	0,91	0,88	1,04
40-45	1,31	0,69	0,83	1,05	0,97
45-50	1,31	1,00	0,91	0,69	0,98
Среднее (фактор В)	1,31	0,95	0,88	0,80	0,99
НСР ₀₅ = 0,04 (А); НСР ₀₅ = 0,04 (В); НСР ₀₅ = 0,09 (частные различия)					
2001 – 2004 гг.					
45-50	0,85	0,73	0,62	0,51	0,68
80-85	0,85	0,77	0,70	0,58	0,73
Среднее (фактор В)	0,85	0,75	0,66	0,55	0,70
НСР ₀₅ = 0,03 (А); НСР ₀₅ = 0,02 (В); НСР ₀₅ = 0,04 (частные различия)					

Таблица Б.12 – Изменение твердости почвы на расстоянии от колеи трактора под посевами сои, кг/см² (1985, 1990 гг.)

Тяговый класс, тип движителя*, масса трактора, т	Место определения	Глубина, см										
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	0-20
3 Г 6,5	колея	11	15	19	20	20	20	20	20	21	21	19
	1,5 м от колеи	7	10	14	16	19	19	20	20	20	20	16
4 Г 8,4	колея	14	17	19	19	20	20	20	20	20	21	19
	1,5 м от колеи	7	12	16	16	18	19	19	20	20	20	17
3 К 8,1	колея	14	17	19	19	19	20	20	20	20	20	19
	1,5 м от колеи	7	9	14	15	17	17	18	18	18	18	15
5 К 13,5	колея	14	18	21	21	21	21	21	21	21	21	20
	1,5 м от колеи	7	9	13	14	17	17	18	19	20	20	15
3 Г 8,1	колея	13	16	19	19	19	20	20	20	20	20	19
	1,5 м от колеи	7	9	12	13	16	17	17	18	18	18	15

* Г – гусеничный, К - колесный

Приложение В. Экспериментальные данные по системе технологий и машин для обработки почвы и посева сои

Таблица В.1 – Изменение агрофизических свойств почвы в зависимости от обработки различными сельскохозяйственными машинами после уборки предшественника (2007–2009 гг.).

Слой почвы, см	Плотность, г/см ³	Влажность, % к массе	Полевая влагоёмкость		Пористость общая	Фактическое содержание влаги	Фактическое содержание воздуха	Запас влаги общий	Недоступная влага	Доступная влага
			% к массе	% к объёму						
Агротехнический срок 1 (обработка почвы непосредственно после уборки предшественника)										
Buhler Versatile + БДМ-8х4										
0–10	1,21	19,8	58,0	64,7	53,5	21,7	31,8	21,7	12,8	8,9
10–20	1,63	22,2	38,2	61,5	37,2	34,7	2,5	34,7	17,3	17,4
0–20	1,42	21,0	48,1	63,1	45,3	28,2	17,1	56,4	30,1	26,3
К-701 + ПЛН-8-40										
0–10	1,19	23,0	54,1	60,5	54,2	25,1	29,1	25,1	12,6	12,5
10–20	1,34	20,2	50,5	66,8	48,3	24,8	23,5	24,8	14,2	10,6
0–20	1,27	21,6	52,3	63,6	51,3	25,0	26,3	49,9	26,8	23,1
Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000										
0–10	1,23	21,5	50,5	61,6	52,6	25,3	27,3	25,3	13,1	12,2
10–20	1,62	24,0	39,9	63,1	37,8	37,0	0,8	37,0	17,1	19,9
0–20	1,43	22,8	45,2	62,3	45,2	31,1	14,1	62,2	30,2	32,1
Агротехнический срок 2 (обработка почвы через 2 недели после уборки предшественника)										
Buhler Versatile + БДМ-8х4										
0–10	1,18	32,9	55,7	62,1	54,7	38,4	16,4	38,4	12,5	25,9
10–20	1,58	29,5	40,4	63,2	39,2	44,9	-5,7	44,9	16,7	28,2
0–20	1,38	31,2	48,0	62,6	47,0	41,7	5,3	83,3	29,2	54,1
К-701 + ПЛН-8-40										
0–10	1,21	30,7	52,7	61,8	53,6	36,8	16,8	36,8	12,8	24,0
10–20	1,47	29,6	46,1	65,7	43,6	42,3	1,3	42,3	15,5	26,8
0–20	1,34	30,2	49,4	63,7	48,6	39,5	9,1	79,1	28,3	50,8
Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000										
0–10	1,24	33,5	55,4	65,5	52,2	41,9	10,3	41,9	13,2	28,8
10–20	1,50	31,9	41,8	62,8	42,2	47,9	-5,7	47,9	15,9	32,0
0–20	1,37	32,7	48,6	64,1	47,2	44,9	2,3	89,8	29,1	60,8
НСР ₀₅ для плотности: 0,07 (по агротехническим срокам); 0,09 (по агрегатам); 0,12 (по частным различиям)										
НСР ₀₅ для влажности: 3,28 (по агротехническим срокам); 4,02 (по агрегатам); 5,69 (по частным различиям)										
НСР ₀₅ для полевой влагоёмкости: 4,44 (по агротехническим срокам); 5,44 (по агрегатам); 7,69 (по частным различиям)										

Таблица В.2 – Агрофизические свойства почвы после посева сои в зависимости от обработки различными сельскохозяйственными машинами (2008–2010 гг.)

Слой почвы, см	Плотность, г/см ³	Влажность, % к массе	Полевая влагоёмкость		Пористость общая	Фактическое содержание влаги	Фактическое содержание воздуха	Запас влаги общий	Недоступная влага	Доступная влага
			% к массе	% к объёму						
Агротехнический срок 1 (обработка почвы непосредственно после уборки предшественника)										
Buhler Versatile + БДМ-8х4										
0–10	0,91	20,8	58,5	52,7	65,1	17,8	47,3	17,8	9,6	8,2
10–20	1,10	24,5	47,3	52,2	57,6	27,0	30,5	27,0	11,7	15,4
0–20	1,01	22,7	52,9	52,5	61,3	22,4	38,9	44,8	21,3	23,6
К-701 + ПЛН-8-40										
0–10	0,93	23,4	52,8	49,2	64,1	21,8	42,3	21,8	9,9	11,9
10–20	1,08	27,1	41,0	44,3	58,5	29,3	29,2	29,3	11,4	17,8
0–20	1,01	25,2	47,0	46,7	61,3	25,5	35,7	51,1	21,3	29,8
Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000										
0–10	0,90	27,3	55,3	49,3	65,3	24,4	40,8	24,4	9,6	14,9
10–20	1,18	26,4	42,0	49,3	54,7	31,0	23,7	31,0	12,5	18,6
0–20	1,04	26,9	48,6	49,3	60,0	27,7	32,3	55,4	22,0	33,4
Агротехнический срок 2 (обработка почвы через 2 недели после уборки предшественника)										
Buhler Versatile + БДМ-8х4										
0–10	0,99	29,3	55,7	55,0	61,9	29,0	32,9	29,0	10,5	18,5
10–20	1,12	30,2	44,9	50,0	57,1	33,8	23,3	33,8	11,8	21,9
0–20	1,06	29,8	50,3	52,5	59,5	31,4	28,1	62,8	22,3	40,5
К-701 + ПЛН-8-40										
0–10	0,86	28,4	56,3	47,9	67,1	23,9	43,1	23,9	9,1	14,9
10–20	1,14	30,5	47,2	53,2	56,3	34,8	21,5	34,8	12,0	22,7
0–20	1,00	29,4	51,7	50,5	61,7	29,3	32,3	58,7	21,1	37,6
Buhler Versatile + культиватор Morris Concept 2000										
0–10	0,94	24,5	51,6	48,5	63,7	23,1	40,6	23,1	10,0	13,1
10–20	1,11	26,2	40,0	44,4	57,2	29,2	28,0	29,2	11,8	17,4
0–20	1,03	25,4	45,8	46,5	60,4	26,1	34,3	52,2	21,8	30,5
НСР ₀₅ (агротехнические сроки)										
	0,06	3,2	4,5	3,8	2,5	3,9	5,7	7,8	-	7,1
НСР ₀₅ (агрегаты)										
	0,08	3,9	5,5	4,7	3,0	4,8	7,0	9,5	-	8,6
НСР ₀₅ (частные различия)										
	0,11	5,5	7,8	6,6	4,3	6,7	9,9	13,4	-	12,2

Таблица В.3 - Засоренность посевов многолетних трав, 4 июля 2007 г.

Вид сорного растения	Количество, шт./м ²	Структура агрофитоценоза, % от общего количества растений (сорные+культурные)	Степень засоренности, балл
Овсяг обыкновенный	1,6	1,43	1
Смолевка обыкновенная	2,4	2,14	1
Полынь горькая	8,8	7,86	2
Полынь обыкновенная	2,4	2,14	1
Пырей ползучий	66,4	59,29	4
Хвощ полевой	3,2	2,86	1
Бодяк полевой	5,6	5,00	2
Сорные растения всего	90,4	80,71	4
В т. ч. малолетние	1,6	1,43	1
Многолетние	88,8	79,29	4
Из них стержнекорневые	13,6	12,14	2
Корневищные	69,6	62,14	4
Корнеотпрысковые	5,6	5,00	2
Донник	21,6	19,29	-
Сорные+культурные	112,0	100,00	-

Таблица В.5 – Качество посева сои, ЗАО «Агрофирма АНК».

Посевной агрегат	Глубина заделки семян при посеве, см	Коэффициент выравниности, %	Оценка равномерности глубины заделки семян	Количество незаделанных семян, шт./м ²	Количество высеянных семян, шт./1 м ²	Коэффициент вариации, %	Оценка равномерности распределения семян на поверхности поля
При посеве							
Foton + Amazone 09-60-Super	3,2	76,6	очень плохо 1 балл	1,1	74,9	19,6	2 балла плохо
Buhler Versatile + Salford AC 240	5,3	81,8	3 балла удовлетворительно	0,4	60,8	23,8	1 балл очень плохо
Buhler Versatile + Salford T 1200	4,1	85,8	3 балла удовлетворительно	2,3	98	17,8	2 балла плохо
По всходам							
Foton + Amazone 09-60-Super	3,1	81,1	2 балла плохо	-	73,6	27,2	1 балл очень плохо
Buhler Versatile + Salford AC 240	4,7	83	2 балла плохо	-	74,9	16	2 балла плохо
Buhler Versatile + Salford T 1200	3,4	80,4	2 балла плохо	-	85,3	23,4	1 балл очень плохо

Приложение Г. Экспериментальные данные по системе технологий и машин для возделывания зерновых культур

Таблица Г.1 – Плотность в слое почвы 0-20 см, г/см³ при закладке опыта (2005, 2007, 2008 гг.)

Удельное давление трактора на почву, кПа (фактор В)	Количество проходов трактора по следу (фактор С)				Среднее (взаимодействие АВ) НСР ₀₅ =0,04	Среднее (фактор В) НСР ₀₅ =0,03	Среднее (фактор А) НСР ₀₅ =0,02
	0	1	3	5			
Отвальная технология (фактор А)							1,19
50-55	1,04	1,23	1,16	1,18	1,15	1,16	
45-50	1,04	1,27	1,26	1,24	1,20	1,20	
120-125	1,04	1,23	1,27	1,26	1,20	1,20	
80-85	1,04	1,24	1,28	1,23	1,20	1,20	
Среднее (взаимодействие АС) НСР ₀₅ =0,04	1,04	1,24	1,24	1,23			
Безотвальная технология (фактор А)							1,19
50-55	1,08	1,21	1,17	1,23	1,17		
45-50	1,08	1,21	1,24	1,25	1,20		
120-125	1,08	1,21	1,27	1,21	1,19		
80-85	1,08	1,21	1,22	1,28	1,20		
Среднее (взаимодействие АС) НСР ₀₅ =0,04	1,08	1,21	1,23	1,24			
Среднее по взаимодействию ВС НСР ₀₅ =0,06							
50-55	1,06	1,22	1,17	1,21			
45-50	1,06	1,24	1,25	1,25			
120-125	1,06	1,22	1,27	1,24			
80-85	1,06	1,23	1,25	1,26			
Среднее (взаимодействие АС) НСР ₀₅ =0,03	1,06	1,23	1,23	1,24			
НСР ₀₅ = 0,09 (частные различия)					Среднее = 1,19 (по опыту)		

Таблица Г.2 – Засоренность посевов ячменя (% по количеству), 2005, 2007, 2008 гг.

Удельное давление трактора на почву, кПа (фактор В)	Количество проходов трактора по следу (фактор С)				Среднее (взаимодействие АВ) НСР ₀₅ =13,1	Среднее (фактор В) НСР ₀₅ =9,3	Среднее (фактор А) НСР ₀₅ = 6,6
	0	1	3	5			
Отвальная технология (фактор А)							27,7
50-55	25,2	21,7	26,7	36,7	27,6	27,1	
45-50	25,2	29,5	32,7	37,4	31,2	30,2	
120-125	25,2	24,5	27,0	42,6	29,8	31,8	
80-85	25,2	18,0	21,6	24,3	22,3	25,7	
Среднее (взаимодействие АС) НСР ₀₅ =13,1	25,2	23,4	27,0	35,3			
Безотвальная технология (фактор А)							29,6
50-55	13,4	20,8	33,2	38,7	26,5		
45-50	13,4	26,4	43,0	33,7	29,1		
120-125	13,4	28,7	49,5	43,8	33,8		
80-85	13,4	33,0	40,6	29,3	29,1		
Среднее (взаимодействие АС) НСР ₀₅ =13,1	13,4	27,2	41,6	36,4			
Среднее по взаимодействию ВС НСР ₀₅ =18,5							
50-55	19,3	21,3	30,0	37,7			
45-50	19,3	28,0	37,9	35,6			
120-125	19,3	26,6	38,3	43,2			
80-85	19,3	25,5	31,1	26,8			
Среднее (фактор С) НСР ₀₅ =9,3	19,3	25,3	34,3	35,8			
НСР ₀₅ = 26,2 (частные различия)					Среднее = 28,7 (по опыту)		

Таблица Г.3 – Структура урожая ячменя, возделываемого по отвальной технологии на уплотненном фоне (2005, 2007, 2008 гг.)

Удельное давление трактора на почву, кПа	Кратность уплотнения	Количество			Масса		Высота растения, см	Длина колоса, см	Количество зерен в колосе, шт.	Кустистость		Отношение соломы к зерну
		растений, шт./м ²	стеблей общее, шт./м ²	стеблей с колосом, шт./м ²	зерна на одном растении, г	1000 зерен, г				обца	продуктивная	
Без уплотнения		200,3	425,1	282,1	0,78	42,6	48,5	6,2	19,0	2,1	1,4	1,6
50-55	1	167,2	392,6	256,9	0,83	39,5	56,1	6,2	19,4	2,3	1,5	1,7
	3	201,9	437,3	294,2	0,78	42,9	46,0	6,0	17,2	2,2	1,5	1,2
	5	231,5	481,6	341,3	0,52	39,1	47,2	7,1	18,7	2,1	1,5	2,3
45-50	1	166,1	389,1	276,5	0,95	41,4	55,0	6,3	17,4	2,3	0,6	1,4
	3	188,0	447,5	310,1	0,75	46,4	50,4	7,4	18,5	2,4	1,6	1,2
	5	176,8	321,1	219,5	0,88	43,4	49,5	7,4	20,5	1,8	1,2	1,1
120-125	1	204,5	383,8	283,9	0,76	43,9	54,8	5,4	17,8	1,9	1,4	1,6
	3	157,3	343,4	240,7	1,02	42,3	50,8	7,8	16,9	2,2	1,5	1,2
	5	253,6	564,3	395,2	0,46	41,9	49,7	5,4	19,9	2,2	1,6	1,9
80-85	1	203,5	417,7	276,3	0,74	38,9	52,9	5,6	16,4	2,1	1,4	1,6
	3	196,4	423,7	258,8	0,69	41,9	52,3	6,2	18,4	2,2	1,3	1,9
	5	193,1	402,9	270,9	0,74	42,6	50,2	6,2	17,3	2,1	1,4	1,5

Таблица Г.5 - Качество посева пшеницы, ЗАО «Агрофирма АНК».

Посевной агрегат	Глубина заделки семян при посеве, см	Коэффициент выравниности, %	Оценка равномерности глубины заделки семян	Количество незаделанных семян, шт./м ²	Количество высеянных семян, шт./1 м ²	Коэффициент вариации, %	Оценка равномерности распределения семян на поверхности поля
При посеве							
T-150K + Amazone 09-60-Super	2,8	74,4	очень плохо	12,9	599,2	25,6	очень плохо
Buhler Versatile + Salford	5	80	очень плохо	0	512,1	32,5	очень
BT-175 + 3C3-3,6	3,9	72,2	очень плохо	10,5	605,5	41	очень плохо
По всходам							
T-150K + Amazone 09-60-Super	1,4	73,8	очень плохо	-	600,8	7	хорошо
Buhler Versatile + Salford	3,9	80,8	плохо	-	514,4	9,2	хорошо
BT-175 + 3C3-3,6	3,2	78,6	очень плохо	-	712,8	15,6	плохо

Приложение Д. Агротехническая эффективность

Таблица Д.1 – Дополнительные показатели агротехнической эффективности системы машин для возделывания ячменя и сои, 1985 - 1996 гг. (экспериментальные участки)

Агротехнические показатели	Культура	Тяговый класс; тип движителя*; масса трактора, т					
		3 Г 6,5	4 Г 8,4	3 К 8,1	5 К 13,5	3 Г 8,1	3 Г 8,0
Урожайность по участку, т/га	ячмень	2,63	2,62	2,43	2,45	2,61	2,40
	соя	1,75	1,78	1,70	1,59	1,77	1,70
Прибавка урожая от функционирования системы машин, т/га	ячмень	1,20	1,19	1,00	1,02	1,18	0,97
	соя	0,85	0,88	0,80	0,69	0,87	0,80
Индекс урожайности	ячмень	эталон	1,00	0,92	0,93	0,99	0,91
	соя	эталон	1,02	0,97	0,91	1,01	0,97
Индекс качества абсолютный	ячмень	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	соя	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Индекс качества относительный	ячмень	эталон	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	соя	эталон	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Плотность механизированных работ, у.э.га/га (фактическая)	ячмень	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56
	соя	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
Уровень агротехнической эффективности II группы	ячмень	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
	соя	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Уровень выполнения работ в оптимальные сроки	ячмень	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	соя	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Уровень обеспечения нормативных сроков	ячмень	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	соя	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Частный обобщающий показатель по срокам	ячмень	эталон	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	соя	эталон	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Уровень эффективности процесса	ячмень	0,82	0,74	0,78	0,80	0,80	0,83
	соя	0,82	0,83	0,81	0,81	0,80	0,81
Частный обобщающий показатель по качеству работ	ячмень	эталон	0,90	0,95	0,98	0,98	1,01
	соя	эталон	1,01	0,99	0,99	0,98	0,99
Потери, т/га	ячмень	1,00	1,01	1,20	1,18	1,02	1,23
	соя	0,95	0,92	1,00	1,11	0,93	1,00
Частный обобщающий показатель по потерям	ячмень	эталон	1,01	1,20	1,18	1,02	1,23
	соя	эталон	0,97	1,05	1,17	0,98	1,05
Уровень положительного влияния системы машин	ячмень	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	соя	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Уровень отрицательного влияние системы машин	ячмень	1,02	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00
	соя	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00
Уровень эффективности IV группы	ячмень	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
	соя	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00

* Г – гусеничный, К - колесный

Таблица Д.2 – Обобщающие показатели агротехнической эффективности системы машин для возделывания ячменя и сои по отвальной и безотвальной обработке почвы относительно эталонного трактора, 1992-1996 гг. (экспериментальные участки)

Обобщающие показатели по группам	Тяговый класс; тип движителя*; масса трактора, т												
	отвальная обработка					безотвальная обработка							
	4 Г	3 К	5 К	3 Г	3 Г 8,0	осенняя					весенняя		
	8,4	8,1	13,5	8,1		4 Г	3 К	5 К	3 Г	3 Г 8,0	4 Г	3 К	5 К
Ячмень													
I	1,06	1,04	1,08	0,97	0,99	1,13	1,12	1,04	1,14	1,06	1,02	0,93	1,11
II	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
III	1,09	1,04	1,12	0,95	1,00	1,30	1,23	1,04	1,32	1,07	1,07	0,89	2,20
IV	1,00	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
V	1,05	1,03	1,06	0,98	1,00	1,13	1,10	1,03	1,14	1,04	1,02	0,94	1,34
Соя													
I	1,07	0,87	0,93	0,94	-	1,13	0,87	0,91	0,92	-	0,92	0,86	0,91
II	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00
III	1,09	0,90	0,93	0,94	-	1,53	0,86	0,88	0,90	-	0,89	0,85	0,89
IV	1,00	0,99	0,99	1,00	-	1,00	0,96	0,96	0,97	-	0,95	0,98	1,00
V	1,05	0,92	0,95	0,96	-	1,18	0,91	0,93	0,94	-	0,93	0,90	0,94

* Г – гусеничный, К - колесный

Таблица Д.3 – Показатели агротехнической эффективности системы машин для возделывания зерновых и сои в АО «Луч» (1986-2016 гг.)

Показатели агротехнической эффективности	Группа культур	Годы				
		1986-1990 (база для сравнения)	1991-1994	2006-2010	2011-2015	2016
Урожайность, т/га	зерновые	1,73	2,62	1,62	1,89	2,53
	соя	1,54	1,68	1,18	1,04	0,97
Индекс урожайности	зерновые		1,52	0,90	1,09	1,47
	соя		1,09	0,80	0,67	0,63
Индекс качества абсолютный	зерновые	0,9	0,82	0,8	1,06	1,11
	соя	0,94	0,91	0,9	0,84	0,88
Индекс качества относительный	зерновые		1,38	0,9	1,17	1,23
	соя		1,06	1	0,89	0,93
Обобщающий КI	зерновые		1,48	0,9	1,07	1,28
	соя		1,08	0,8	0,75	0,74
Уровень агротехнической эффективности II группы	зерновые	0,79	0,84	1	1,00	1,00
	соя	0,83	0,84	1	1,00	1,00
Обобщающий КII	зерновые		1,07	1,3	1,26	1,26
	соя		1,01	1,2	1,20	1,20
Уровень выполнения работ в оптимальные сроки	зерновые	0,68	0,82	0,9	1,00	1,00
	соя	0,57	0,78	0,9	1,00	1,00
Уровень обеспечения нормативных сроков	зерновые	1,62	1,25	1,1	1,00	1,00
	соя	2,55	1,66	1,1	1,00	1,00
Частный обобщающий показатель по срокам	зерновые		1,21	0,8	0,80	0,80
	соя		1,38	0,7	0,60	0,60
Частный обобщающий показатель по потерям	зерновые		0,98	1,6	0,40	0,56
	соя		0,65	1,4	0,40	0,30
Уровень положительного влияния	зерновые		1,74	1,7	1,70	1,70
	соя		1,74	1,7	1,70	1,70
Уровень отрицательного влияния	зерновые		1	1	1,00	1,00
	соя		1	1	1,00	1,00
Уровень эффективности IV группы	зерновые		1,74	1,7	1,70	1,70
	соя		1,74	1,7	1,70	1,70
Обобщающий КIV	зерновые		1,74	1,1	1,13	1,13
	соя		1,74	1,1	1,13	1,13
Обобщающий КV	зерновые		1,36	1,1	1,03	1,14
	соя		1,24	1	0,89	0,89

Таблица Д.4 – Показатели агротехнической эффективности системы машин для возделывания зерновых и сои в Амурской области (2012-2016 гг.)

Показатели агротехнической эффективности	Культуры	Год					
		2012	2013	2014	2015	2016	2012-2016
Урожайность, т/га	зерновые	1,26	1,42	2,16	1,97	2,28	1,82
	соя	1,10	0,95	1,34	1,14	1,11	1,13
Индекс урожайности	зерновые	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	соя	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Индекс качества абсолютный	зерновые	0,88	0,83	0,87	0,89	0,90	0,88
	соя	0,92	0,95	0,95	0,90	0,96	0,93
Обобщающий КI	зерновые	0,94	0,91	0,93	0,94	0,95	0,94
	соя	0,96	0,97	0,97	0,95	0,98	0,97
Уровень агротехнической эффективности II группы	зерновые	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	соя	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Уровень обеспечения нормативных сроков	зерновые	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
	соя	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Частный обобщающий показатель по потерям	зерновые	0,28	0,31	0,47	0,43	0,51	0,40
	соя	0,45	0,39	0,59	0,61	0,34	0,48
Обобщающий КIII	зерновые	0,35	0,36	0,43	0,41	0,44	0,40
	соя	0,42	0,40	0,48	0,48	0,38	0,43
Уровень эффективности IV группы	зерновые	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	соя	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Обобщающий KIV	зерновые	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	соя	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Обобщающий KV	зерновые	0,60	0,59	0,62	0,61	0,63	0,61
	соя	0,62	0,62	0,64	0,63	0,62	0,63

Таблица Д.5 – Показатели агротехнической эффективности системы машин для возделывания зерновых и сои в агрофирме «Партизан» (2012-2016 гг.)

Показатели агротехнической эффективности	Культуры	Год					
		2012	2013	2014	2015	2016	2012-2016
Урожайность, т/га	зерновые	1,55	2,16	3,65	1,61	3,04	2,40
	соя	1,99	1,56	2,22	1,40	1,92	1,82
Прибавка урожая от функционирования системы машин, ц/га	зерновые	2,90	7,40	14,90	-3,60	7,60	5,84
	соя	8,90	6,10	8,80	2,60	8,10	6,90
Индекс урожайности	зерновые	1,23	1,52	1,69	0,82	1,33	1,32
	соя	1,81	1,64	1,66	1,23	1,73	1,61
Индекс качества абсолютный	зерновые	0,89	0,82	0,87	0,84	0,93	0,87
	соя	0,93	0,98	0,97	0,91	0,99	0,96
Обобщающий КI	зерновые	1,05	1,12	1,21	0,83	1,11	1,06
	соя	1,30	1,27	1,27	1,06	1,31	1,24
Уровень агротехнической эффективности II группы	зерновые	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	соя	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Обобщающий КII	зерновые	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
	соя	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Уровень обеспечения нормативных сроков	зерновые	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	соя	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Частный обобщающий показатель по срокам	зерновые	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
	соя	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
Частный обобщающий показатель по потерям	зерновые	0,34	0,47	0,80	0,35	0,68	0,53
	соя	0,81	0,64	0,98	0,75	0,59	0,75
Обобщающий КIII	зерновые	0,78	0,83	0,96	0,78	0,91	0,85
	соя	0,97	0,90	1,03	0,94	0,88	0,94
Уровень эффективности IV группы	зерновые	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	соя	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Обобщающий KIV	зерновые	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	соя	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Обобщающий KV	зерновые	0,97	1,02	1,09	0,89	1,03	1,00
	соя	1,12	1,09	1,13	1,02	1,10	1,09

Таблица Д.6 – Показатели агротехнической эффективности системы машин для возделывания зерновых и сои в АО «Луч» (2012-2016 гг.)

Показатели агротехнической эффективности	Культуры	Год					
		2012	2013	2014	2015	2016	2012-2016
Урожайность, т/га	зерновые	1,63	1,40	2,45	1,82	2,53	1,97
	соя	1,12	1,01	0,80	0,69	0,97	0,92
Прибавка урожая от функционирования системы машин, ц/га	зерновые	3,71	-0,24	2,87	-1,50	2,54	1,48
	соя	0,16	0,60	-5,42	-4,50	-1,37	-2,11
Индекс урожайности	зерновые	1,29	0,98	1,13	0,92	1,11	1,09
	соя	1,01	1,06	0,60	0,61	0,88	0,83
Индекс качества абсолютный	зерновые	0,88	0,88	0,87	0,90	0,86	0,88
	соя	0,90	0,88	0,89	0,88	0,89	0,89
Обобщающий КI	зерновые	1,07	0,93	0,99	0,91	0,97	0,97
	соя	0,95	0,97	0,73	0,73	0,88	0,85
Уровень агротехнической эффективности II группы	зерновые	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	соя	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Обобщающий КII	зерновые	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
	соя	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Уровень обеспечения нормативных сроков	зерновые	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	соя	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Частный обобщающий показатель по срокам	зерновые	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
	соя	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
Частный обобщающий показатель по потерям	зерновые	0,36	0,31	0,54	0,39	0,56	0,43
	соя	0,46	0,41	0,35	0,37	0,30	0,38
Обобщающий КIII	зерновые	0,78	0,76	0,86	0,80	0,87	0,81
	соя	0,82	0,81	0,78	0,79	0,76	0,79
Уровень эффективности IV группы	зерновые	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	соя	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Обобщающий КIV	зерновые	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	соя	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Обобщающий KV	зерновые	0,98	0,92	0,97	0,92	0,97	0,95
	соя	0,95	0,95	0,85	0,85	0,90	0,90

Приложение Е. Экономическая и агроэнергетическая эффективность

Таблица Е.1 – Агроэнергетическая эффективность системы технологий и машин для возделывания зерновых культур и сои, 1985-1996 гг. (экспериментальные участки)

Тяговый класс трактора; тип двигателя*; масса, т	Полные затраты энергии, ГДж/га		Энергия, накопленная в урожае, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности	Энергетическая себестоимость продукции, ГДж/т	Чистый энергетический доход, ГДж/га
	всего	в т.ч. на обработку почвы				
Ячмень						
3 Г 6,5	19,72	1,84	50,31	2,55	7,50	30,59
4 Г 8,4	20,03	2,06	50,12	2,50	7,64	30,10
3 К 8,1	19,79	1,90	46,48	2,35	8,14	26,69
5 К 13,5	20,75	2,58	46,87	2,26	8,47	26,12
3 Г 8,1	19,81	1,93	49,93	2,52	7,59	30,12
3 Г 8,0	19,86	1,96	45,91	2,31	8,27	26,06
Соя						
3 Г 6,5	11,85	3,03	36,00	3,04	6,77	24,15
4 Г 8,4	12,18	3,34	36,61	3,01	6,84	24,44
3 К 8,1	11,91	3,15	34,97	2,94	7,01	23,06
5 К 13,5	12,83	3,78	32,71	2,55	8,07	19,87
3 Г 8,1	11,79	3,03	36,41	3,09	6,66	24,62
3 Г 8,0	11,89	3,08	34,97	2,94	6,99	23,08

* Г – гусеничный, К – колесный

Таблица Е.2 – Оценка влияния качества посева на экономические показатели возделывания пшеницы, ОАО «Димское»

Показатели	Buhler Versatile			MT3-80 + С-6ПМ1
	Salford 4050	Sunflower	Morris Concept	
Биологическая урожайность, т/га	3,37	3,75	3,56	3,34
Фактическая урожайность, т/га	3,2	3,6	2,6	3,0
Коэффициент качества	0,95	0,96	0,73	0,9
Доход с 1 га по биологической урожайности, руб./га	13529	15341	14463	13027
Доход с 1 га по фактической урожайности, руб./га	12589	14381	9368	11143
Потери дохода по показателям качества, руб./га	940	960	5095	1844
Условная рентабельность, %	251,3	265,4	190	208,3
Дополнительный доход, руб./га	1446	3238	1775	контроль

Таблица Е.3 – Оценка влияния типов сеялок на экономическую эффективность прямого посева пшеницы, ОАО «Димское» (2007 г.)

Показатели	Buhler Versatile		ДТ-75М + ЗСЗ-3,6
	Morris Concept	Salford 4050	
Биологическая урожайность, т/га	3,50	4,83	4,00
Фактическая урожайность, т/га	3,37	4,00	3,21
Коэффициент качества	0,96	0,83	0,80
Доход с 1 га по биологической урожайности, руб./га	14289	21618	16926
Доход с 1 га по фактической урожайности, руб./га	13629	17218	12643
Потери дохода по показателям качества, руб./га	660	4400	4283
Условная рентабельность, %	277,8	360,1	252,3
Дополнительный доход, руб./га	986	4575	контроль

Таблица Е.4 – Экономическая и энергетическая эффективность возделывания пшеницы в зависимости от качества работы посевных агрегатов, ЗАО «Агрофирма АНК» (2008 г.)

Показатели	BT-175 + 3СЗ-3,6	T-150K + Amazone 09-60-Super	Buhler Versatile + Salford
Урожайность, т/га	1,27	1,34	0,51
Себестоимость выращивания пшеницы, руб./тонну	4698	4740	11667
Рентабельность, %	28	27	-49
Прямые эксплуатационные затраты, руб./га	5489	5843	5475
Чистая прибыль с 1 га, руб.	1660	1690	-2890
Дополнительный доход, руб./га	контроль	30	-4550
Энергетическая себестоимость, ГДж/т	7,05	6,32	16,62
Чистый энергетический доход, ГДж/га	11369,3	12965,3	-314,7
Коэффициент энергетической эффективности	1,3	1,530	-0,037

Приложение Ж. Система обработки почвы АО «Луч»

Таблица Ж.1 – Система обработки почвы в севообороте с многолетними травами

Культура	Приемы обработки
1 Пшеница с подсевом многолетних трав	После уборки предшественника: вспашка на глубину 20-22 см, культивация, дискование. Весной: закрытие влаги, дискование или культивация, боронование, прикатывание до или после посева пшеницы, посев трав поперек рядков.
2 Многолетние травы первого года пользования	Весной – подкормка, боронование
3 Многолетние травы второго года пользования	Весной – подкормка, боронование
4 Многолетние травы третьего года пользования	Весной – подкормка, боронование
5 Соя	После уборки предшественника: дискование, вспашка на глубину 20-22 см с последующим дискованием. Весной: закрытие влаги, предпосевное дискование, боронование, прикатывание, посев, боронование по всходам.
6 Соя	После уборки предшественника: вспашка на 16 - 18 см, дискование или культивация. Весной: закрытие влаги, поверхностно-послойные обработки (прикатывание, дискование, культивация по мере отрастания сорняков). Глубокое безотвальное рыхление на глубину 25-35 см. Прикатывание до посева, посев. Боронование до всходов, по всходам, две междурядные культивации.
7 Пшеница	После уборки предшественника: безотвальная обработка тяжелыми дисковыми боронами в два следа на глубину 12-14 см. Весной: закрытие влаги, боронование, дискование, прикатывание, посев. Боронование по всходам.
8 Соя	После уборки предшественника: лушение стерни, культивация по мере отрастания сорняков, вспашка на глубину 20-22 см. Весной: закрытие влаги, поверхностно-послойные обработки (прикатывание, дискование, культивация по мере отрастания сорняков). Прикатывание до посева, посев. Боронование до всходов, по всходам, две междурядные культивации.
9 Пшеница	После уборки предшественника: безотвальная или отвальная обработка. Весной: закрытие влаги, боронование, дискование, прикатывание, посев. Боронование по всходам.
10 Соя	После уборки предшественника: отвальная или безотвальная обработка, глубокое рыхление. Весной: закрытие влаги, поверхностно-послойные обработки (прикатывание, дискование, культивация по мере отрастания сорняков). Перед посевом прикатывание. Посев. Боронование до всходов, по всходам, две междурядные культивации.

Таблица Ж.2 – Система обработки почвы в севообороте с пожнивным сидератом

Культура	Приемы обработки
1 Ячмень, пожнивной сидерат	После уборки предшественника: безотвальная или отвальная обработка. Весной: закрытие влаги, боронование, дискование, прикатывание, посев. Боронование по всходам.
2 Соя	После уборки предшественника: дискование, посев сидеральной культуры. Первая декада октября: дискование сидеральной массы в два следа в перекрестном направлении, вспашка на глубину 20 - 22 см. Весной: закрытие влаги, поверхностно-послойные обработки (прикатывание, дискование, культивация по мере отрастания сорняков). Перед посевом прикатывание. Посев. Боронование до всходов, по всходам, две междурядные культивации.
3 Овес	После уборки предшественника: безотвальная или отвальная обработка. Весной: закрытие влаги, боронование, дискование, прикатывание, посев. Боронование по всходам.
4 Соя	После уборки предшественника: вспашка на 16 - 18 см, дискование или культивация. Весной: закрытие влаги, поверхностно-послойные обработки (прикатывание, дискование, культивация по мере отрастания сорняков). Глубокое безотвальное рыхление на глубину 25 - 35 см. Прикатывание до посева, посев. Боронование до всходов, по всходам, две междурядные культивации.

Приложение 3. Внедрение результатов исследований

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2014616453

**Программа для создания паспортов полей
сельскохозяйственного назначения**

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВПО ДальГАУ) (RU)*

Авторы: *Захарова Елена Борисовна (RU), Тихончук Павел Викторович (RU), Никульчев Константин Анатольевич (RU)*

Заявка № **2014611040**
Дата поступления **13 февраля 2014 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **24 июня 2014 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*




Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2014616199

Программа для анализа паспортов полей
сельскохозяйственного назначения

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Дальневосточный государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВПО ДальГАУ) (RU)*

Авторы: *Захарова Елена Борисовна (RU), Чурилова Клавдия Семеновна (RU), Столяров Алексей Степанович (RU)*

Заявка № 2014611088

Дата поступления 14 февраля 2014 г.

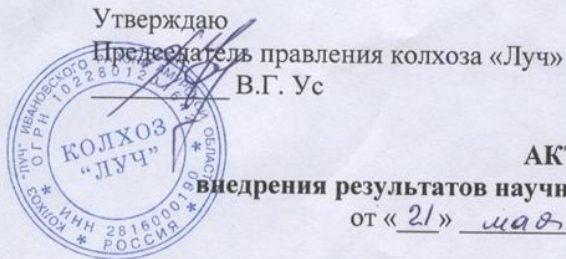
Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 16 июня 2014 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



АКТ
внедрения результатов научно-исследовательских работ
от « 21 » марта 2009 г.

Мы, нижеподписавшиеся представитель заказчика – колхоза «Луч»: главный агроном Кондратьев Н.И.

и представители исполнителя – ФГОУ ВПО ДальГАУ: аспирант Немыкин А.А., доцент кафедры «Земледелие, почвоведение и агрохимия», к. с.-х. н. Захарова Е.Б.

составили настоящий акт о том, что в 2005 – 2008 гг. в результате проведения научно-исследовательских работ по теме «Формирование урожая ячменя на фоне различных способов обработки почвы» установлено, что отвальная обработка почвы благоприятно влияет на условия формирования урожая ячменя, эффективность возделывания ячменя по безотвальной обработке повышается за счет уменьшения затрат топлива. Наибольшая урожайность, минимальная себестоимость и самые высокие показатели рентабельности получены в вариантах с трактором ДТ-75М, обеспечивающим более оптимальные условия формирования урожая ячменя.

В процессе внедрения выполнены следующие работы: проведен полевой опыт по изучению формирования урожая ячменя под влиянием уплотнения на фоне различных способов основной обработки почвы.

От внедрения получены:

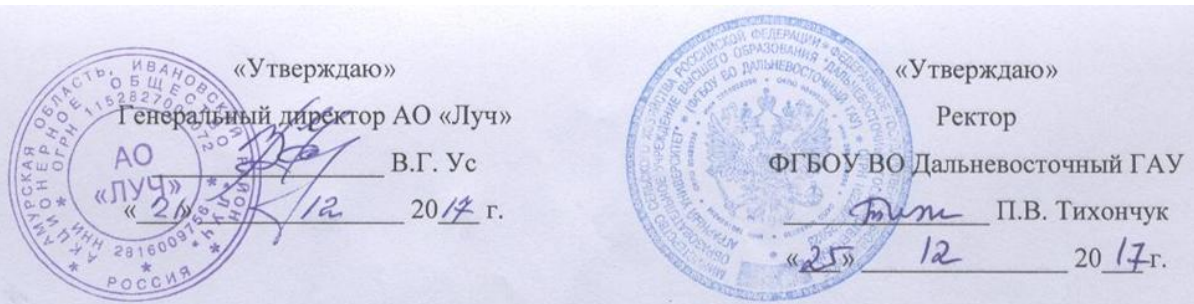
технико-экономический эффект: увеличение условного чистого дохода при безотвальной обработке почвы трактором ДТ-75М, по сравнению с отвальной обработкой 1570000 руб. на площади 5000 га (314 руб./га);

научно-технический эффект: экономия затрат на топливо для колхоза «Луч» 1327000 руб. на площади 5000 га (265,4 руб./га), увеличение чистый энергетический дохода на 100 гДж на площади 5000 га (20 Дж/га).

Предложения по дальнейшему внедрению результатов: поддерживать уплотнение почвы под ячменем на уровне $1,23 \text{ г/см}^3$. Для существенного повышения урожайности следует уменьшить площадь поля, подверженному трех – и пятикратному прохождению сельскохозяйственной техники по безотвальной обработке и пятикратному по отвальной. Рентабельно возделывать ячмень будет при урожайности больше 1,18 т/га при отвальной обработке и 1,01 т/га по безотвальной обработке. Эффективность безотвальной обработки повышается только за счет уменьшения затрат на ГСМ.

Представители заказчика
Главный агроном колхоза «Луч»
Кондратьев Н.И.

Представители исполнителя
А.А. Немыкин
А.А. Немыкин
к. с.-х. н., доцент
Е.Б. Захарова
Е.Б. Захарова



«Утверждаю»

Генеральный директор АО «Луч»

В.Г. Ус

12 2014 г.

«Утверждаю»

Ректор

ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ

П.В. Тихончук

12 2017 г.

АКТ

внедрения результатов научно-исследовательской работы

«21» сентября 2014 г.

Мы, нижеподписавшиеся, представители АО «Луч»: главный агроном Кондратьев Н.И., агроном Бондаренко И.А. и представители ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ: доцент кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии, канд. с.-х. наук Захарова Е.Б., доцент кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии, канд. с.-х. наук Немыкин А.А., аспирант Немыкин С.А. составили настоящий акт о том, что в 2012-2016 гг. проведены полевые опыты в производственных условиях АО «Луч» по изучению влияния прямого посева и способов основной обработки почвы на агрофизические свойства почвы и продуктивность сои.

Наибольшее разуплотняющее воздействие в процессе основной обработки почвы оказывают глубокое рыхление Buhler Versatile + Salford 9715 CTS и отвальная вспашка К-701 + ПЛН-8-35 по сравнению с культивацией К-701 + культиватор КУП-6 (конструкция ДальНИИМЭСХ) и дискованием К-701 + БДМ-8х4П. Дискование в качестве основной обработки почвы и прямой посев (Buhler Versatile + Amazone Primera DMC-12000) приводят к значительному увеличению в структуре агрофитоценоза многолетних сорных растений. Существенное увеличение урожайности сои обеспечивает применение плуга при основной обработке почвы, при этом условный чистый доход достигает 14,3 тыс. руб./га. Наибольшая рентабельность возделывания сои достигнута при прямом посеве 128,6%.

Представители АО «Луч»

главный агроном

Н.И. Кондратьев Н.И. Кондратьевагроном И.А. Бондаренко И.А. Бондаренко

Представители


ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ

Е.Б. Захарова Е.Б. ЗахароваА.А. Немыкин А.А. НемыкинС.А. Немыкин С.А. Немыкин

«Утверждаю»
 Генеральный директор АО «Луч»
 В.Г. Ус
 «12» _____ 2017 г.



«Утверждаю»
 Ректор
 ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ
 П.В. Тихончук
 «25» _____ 12 _____ 2017 г.



АКТ

внедрения результатов научно-исследовательской работы

«11» декабря 2017 г.

Мы, нижеподписавшиеся, представители АО «Луч»: главный агроном Кондратьев Н.И., агроном Бондаренко И.А. и представители ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ: доцент кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии, канд. с.-х. наук Захарова Е.Б., доцент кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии, канд. с.-х. наук Немыкин А.А. составили настоящий акт о том, что:

В результате проведения научно-исследовательских работ с 1999 по 2003 гг. по оценке фитосанитарной обстановки посевов сельскохозяйственных культур, показателей плодородия почвы, состояния систем семеноводства, севооборотов, обработки почвы, технологий возделывания культур, разработана система земледелия сельскохозяйственного предприятия. Для хозяйства разработаны следующие элементы системы земледелия: 1) система севооборотов, основу которой составляют зерно-соевые севообороты, включающие многолетние травы, занятые и сидеральные пары; 2) система обработки почвы, основное направление которой – минимализация, разноглубинность; 3) система защиты растений, планируемая в системе севооборотов, включает предупредительные, биологические, агротехнические, химические мероприятия; 4) система удобрений, ориентированная на расширенное воспроизводство плодородия почвы; 5) система семеноводства; 6) система технологий отражает особенности возделывания культур в хозяйстве и содержит конкретные рекомендации по совершенствованию; 7) система кормопроизводства ориентирована на производство кормов на пашне хозяйства; 8) рекомендации по повышению эффективности системы машин для растениеводства даны с учетом потребности в обновлении парка сельскохозяйственной техники с учетом затрат энергии на проведение технологических операций.

Выполнение предложенного комплекса мероприятий обеспечило повышение продуктивности земледелия. Землеотдача составила 2450,8 тыс. руб. на 100 га сельхозгодий. Рентабельность производства продукции растениеводства при освоении системы земледелия имеет тенденцию к росту и к 2016 году составила 22%.

Представители АО «Луч»
 главный агроном
 _____ Н.И. Кондратьев
 агроном _____ И.А. Бондаренко

Представители
 ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ
 _____ Е.Б. Захарова
 _____ А.А. Немыкин

«Утверждаю»
 Генеральный директор управляющей
 организации ООО «АИК-холдинг»
 П.Н. Инюточкин
 «19» 12 2014 г.

«Утверждаю»
 Ректор
 ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ
 П.В. Тихончук
 «25» 12 2017 г.

АКТ

внедрения научно - технической продукции

от «19» декабря 2014 г.

Мы, нижеподписавшиеся представитель ЗАО «Агрофирма АНК»: исполнительный директор Носаченко М.Н., главный агроном Норко Е.П. и представители ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ: доцент кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии, канд. с.-х. наук Захарова Е.Б., начальник НИЧ Муратов А.А. составили настоящий акт о том, что проведена комплексная агротехническая оценка работы посевных агрегатов по агротехническим параметрам. На посеве пшеницы: Т-150К + Амазония; Buhler Versatile + Salford; BT-175 + СЗ-3,6. На посеве сои: Photon + Амазония; Buhler Versatile + Salford AC 240; Buhler Versatile + Salford T 1200.

Комплексная оценка показала экономическое преимущество посева пшеницы сеялкой Amazone 09-60-Super. Многооперационные машин типа Salford 4050 при более низком уровне эксплуатационных затрат не обеспечивают равного уровня урожайности. На посеве сои при незначительной разнице в урожайности наиболее высокую рентабельность показали варианты с энергонасыщенными тракторами и широкозахватными высокопроизводительными агрегатами Salford AC на 117 и Salford T-1200.

Представители
 ЗАО «Агрофирма АНК»
 исполнительный директор
 М.Н. Носаченко
 главный агроном
 Е.П. Норко

Представители
 ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ
 начальник НИЧ
 А.А. Муратов
 доцент
 Е.Б. Захарова

«Утверждаю»
 Генеральный директор управляющей
 организации ООО «АНК-холдинг»
 П.Н. Иноточкин
 «19» 12 2014 г.

«Утверждаю»
 Ректор
 ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ
 П.В. Тихончук
 «25» 12 2017 г.

АКТ
внедрения научно - технической продукции
 от «19» декабря 2014 г.

Мы, нижеподписавшиеся представители ЗАО «Агрофирма АНК»: исполнительный директор Носаченко М.Н., главный агроном Норко Е.П. и представители ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ: доцент кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии, канд. с.-х. наук Захарова Е.Б., начальник НИЧ Муратов А.А. составили настоящий акт о том, что в 2009 гг. в ЗАО «Агрофирма АНК» внедрена компьютерно-информационная система паспортизации полей.

Программа позволяет хранить и анализировать следующую информацию: 1) о поле (площадь, тип почвы, гранулометрический состав, агрохимическая характеристика и др.); 2) о возделываемых культурах (сорт, урожайность); 3) о засоренности посевов (тип засоренности, балл, преобладающие сорняки и их характеристика); 4) о болезнях и вредителях; 5) о технологических операциях и составе агрегатов по их выполнению; 6) о ресурсах (норма высева, нормы внесения пестицидов, дозы удобрений и т.д.). В процессе внедрения выполнены следующие работы: 1) собрана информация для заполнения книги истории полей: данные агрохимического обследования 1987, 1999 гг.; данные обследования посевов на засоренность 1988, 2002, 2006, 2007 гг.; данные фитосанитарного обследования посевов 1990, 1991, 2001, 2006 гг.; сведения по размещению культур, обработке почвы, внесению удобрений, обработке гербицидами за предшествующие годы; сведения о размещении культур и проводимых агротехнических мероприятиях в текущем году. 2) подготовлена электронная форма паспортов полей. 3) заполнена база данных информационной системы паспортизации полей. 4) проведено обучение специалистов хозяйства работе с информационной системой паспортизации полей.

От внедрения получены:

технико-экономический эффект – информационная система паспортизации полей позволяет сократить время на поиск и анализ информации по каждому полю севооборота и по хозяйству в целом;

научно-технический эффект – информационные ресурсы программы паспортизации полей дают полное представление о состоянии и эффективном использовании землепользования и являются основой для разработки научно-обоснованных технологических и организационных мероприятий в растениеводстве.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов: используя базу данных информационной системы паспортизации полей проводить оценку эффективности агротехнических мероприятий, планировать и своевременно корректировать агротехнические и организационно-хозяйственные мероприятия, направленные на повышение эффективности производства; используя информацию по мониторингу землепользования, анализируя конкретные природно-производственные условия на территории данного хозяйства проектировать систему земледелия ЗАО «Агрофирма АНК».

Представители ЗАО «Агрофирма АНК»

исполнительный директор
 М.Н. Носаченко
 главный агроном
 Е.П. Норко

Представители

ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ

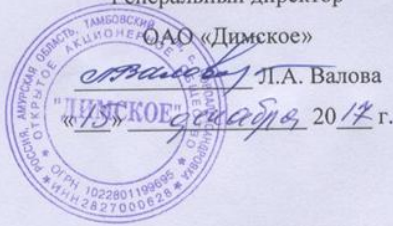
начальник НИЧ А.А. Муратов
 доцент Е.Б. Захарова

«Утверждаю»

Генеральный директор

ОАО «Димское»

Л.А. Валова



«15» сентября 2014 г.

«Утверждаю»

Ректор

ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ

П.В. Тихончук



«25» 12 2014 г.

АКТ

внедрения результатов научно-исследовательской работы

«15» сентября 2014 г.

Мы, нижеподписавшиеся, представители ОАО «Димское»: зам. директора по растениеводству Петров А.Н., главный агроном Демчук Н.И. и представители ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ: начальник НИЧ Муратов А.А., доцент кафедры общего земледелия и растениеводства, канд. с.-х. наук Захарова Е.Б. составили настоящий акт о том, что:

В результате проведения научно-исследовательских работ с 2007 – 2010 гг. по изучению влияния способов и сроков основной обработки почвы на формирование урожая сои установлено, что применение в технологии основной обработки почвы дискатора БДМ-8х4, культиватора (Concept 2000) со стрельчатыми лапами, отвального плуга ПЛН-8-40 обеспечивает создание оптимальных условий для роста и развития растений сои в слое 0-20 см почвы по плотности от 1,00 до 1,06 г/см³, что характеризует показатели пахотного слоя как удовлетворительные и хорошие. Культивация стерни ячменя через две недели после уборки снижает на 27% долю многолетних сорняков по сравнению с дискованием (48,7 %) сразу после уборки. Наибольший экономический эффект может быть получен при проведении основной обработки почвообрабатывающим агрегатом Buhler Versatile + культиватор Morris (Concept 2000).

В результате внедрения технологии возделывания сои с использованием Buhler Versatile + культиватор Morris (Concept 2000) со стрельчатыми лапами в системе основной обработки почвы через две недели после уборки предшественника получен технико-экономический эффект, выражающийся в увеличении условного чистого дохода на 4600 руб./га, чистого энергетического дохода на 7,9 ГДж/га, экономии топлива на 14,8 л/га по сравнению с контрольным вариантом К-701 + ПЛН-8-40 сразу после уборки предшественника. Рентабельность возделывания сои составила 185%.

Представители

ОАО «Димское»

Петров А.Н.

Демчук Н.И.

Представители

ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ

А.А. Муратов

Е.Б. Захарова



Акт
об использовании результатов
докторской диссертационной работы
Захаровой Елены Борисовны

Комиссия в составе:

председатель – начальник управления растениеводства и земледелия А.А. Седых;
члены комиссии:

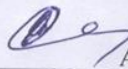

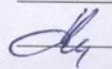
начальник отдела растениеводства Ю.В. Положиёва;

начальник отдела землепользования и плодородия К.В. Кибирев

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Захаровой Елены Борисовны на тему «Оптимизация системы технологий и машин для производства продукции растениеводства по агротехническим показателям», представленной на соискание ученой степени доктора с.-х. наук, использованы при подготовке системы земледелия Амурской области в виде рекомендаций по обработке почвы в системе технологий возделывания сельскохозяйственных культур.


«Система земледелия Амурской области» разработана с учетом зональных почвенно-климатических условий, биологических требований культур, современных социально-экономических и технико-технологических особенностей сельскохозяйственного производства. Содержит рекомендательно-справочную информацию по научно-обоснованному проектированию основных элементов системы земледелия. «Система земледелия Амурской области» используется руководителями и специалистами сельскохозяйственных предприятий и крестьянско-фермерских хозяйств Амурской области.

Соблюдение рекомендаций «Системы земледелия Амурской области» позволит увеличить урожайность в среднем по области зерновых культур до 2,27 т/га, сои до 1,5 т/га. Дополнительный доход от оптимизации системы технологий и машин по агротехническим показателям на выращивании зерновых культур и сои может составить 3955 руб./га за счет улучшения агрофизических свойств почвы, прироста урожайности и экономии затрат.

 А.А. Седых
 Ю.В. Положиёва
 К.В. Кибирев



«Утверждаю»

Проректор по учебной работе
ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ
 С.В. Щитов
«11» декабря 2014 г.

Акт

об использовании результатов
докторской диссертационной работы
Захаровой Елены Борисовны

Комиссия в составе:

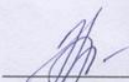

председатель – проректор по учебной работе, д-р с.-х. наук, Щитов С.В.;

члены комиссии:

декан факультета агрономии и экологии, канд. с.-х. наук, Селихова О.А.;

декан факультета механизации сельского хозяйства, канд. с.-х. наук, Самарина Ю.Р.

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Захаровой Елены Борисовны на тему «Оптимизация системы технологий и машин для производства продукции растениеводства по агротехническим показателям», представленной на соискание ученой степени доктора с.-х. наук, используются в учебном процессе ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ в преподавании профильных дисциплин для подготовки бакалавров и магистров по направлениям «Агрономия», «Механизация», «Экономика». Результаты диссертационной работы используются в виде экспериментальных данных по исследованию влияния системы технологий и машин на агрофизические параметры плодородия почвы; по сравнительному изучению влияния различных способов и сроков основной обработки почвы на основе современных почвообрабатывающих орудий на формирование соевого агрофитоценоза, структуру урожая и урожайность сои; по изучению влияния работы современных посевных комплексов на урожайность пшеницы и сои. Результаты исследований по теме диссертационной работы использованы при подготовке «Системы земледелия Амурской области» и «Системы технологий и машин для растениеводства Амурской области», также используемые в учебном процессе в ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ.

 О.А. Селихова
 Ю.Р. Самарина