

СТАВРОПОЛЬСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ

На правах рукописи

УДК 631.51:633.1:631.582(470.630)

КУЗЫЧЕНКО Юрий Алексеевич

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ
ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПОД КУЛЬТУРЫ
ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВ
ЦЕНТРАЛЬНОГО И ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

Диссертация

на соискание ученой степени

доктора сельскохозяйственных наук

Научный консультант:

Пенчуков В. М. – академик РАСХН,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Ставрополь – 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДОВ К ФОРМИРОВАНИЮ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	
1.1. Научные аспекты становления систем основной обработки почвы.....	9
1.2. Концептуальные положения развития систем основной обработки почвы.....	12
1.3. Формирование оптимальных агрофизических параметров пахотного слоя почвы.....	18
1.4. Современные тенденции развития систем обработки почвы на Юге России.....	34
2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	53
2.1. Климат и погодные условия в годы проведения исследований	53
2.2. Почвы зон исследований и опытных полей.....	71
2.3. Методика исследований.....	77
3. СИСТЕМЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПОД КУЛЬТУРЫ ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВ	
3.1. Эффективность систем основной обработки почвы в севообороте на черноземе обыкновенном	100
3.2. Система основной обработки почвы под культуры севооборота на черноземе обыкновенном солонцеватом	122
3.3. Эффективность систем основной обработки на темно-каштановой почве.....	134
3.4. Система основной обработки светло-каштановой почвы в засушливой зоне.....	146

4. МИНИМАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПОД КУЛЬТУРЫ ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТОВ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ	152
4.1. Система минимализации основной обработки почвы под кукурузу на зерно	157
4.2. Обобщенный показатель минимализации систем обработки почвы под пропашные культуры	161
5. ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН КРАЯ	165
5.1. Оценка природного энергетического потенциала	165
5.2. Оценка агротехнологического потенциала различных зон края	168
6. НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ	176
6.1. Снижение уплотняющего воздействия на почву	176
6.2. Оптимизация выбора приемов основной обработки почвы по показателю качества обработки	186
6.3. Технические решения, повышающие эффективность обработки почвы	190
6.4. Выбор приемов основной обработки почвы по топливным затратам	193
7. ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВЫ	211
8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ	219
ВЫВОДЫ	227
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	230
ЛИТЕРАТУРА	232
ПРИЛОЖЕНИЯ	282

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Современные рыночные условия сельскохозяйственного производства требуют пересмотра ранее рекомендованных систем земледелия и поиска более экологизированных и биологизированных подходов в земледелии. Поэтому необходимо определение более рациональных путей использования природно-климатических и ландшафтных ресурсов, разработка новой, более совершенной и экономичной сельскохозяйственной техники и адаптация ее применения к конкретным почвенно-климатическим условиям.

Важным звеном в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур являются современные системы обработки почвы. Рабочие органы сельскохозяйственных машин, механическим способом воздействуя на почву, изменяют строение пахотного слоя, создавая благоприятные условия для протекания физических, физико-химических и биологических процессов в почве, активизируя деятельность почвенной микрофлоры. При обработке почвы осуществляется заделка в нее пожнивных, растительных остатков и удобрений на определенную глубину, что позволяет создать дифференцированный по плодородию пахотный слой, благоприятный для развития корневой системы растений [Обработка почвы... 1988, Кушнарев, Кравчук, 2010].

Приемы обработки почвы изменяются в зависимости от разновидности почв, рельефа местности, климата, особенностей выращивания культуры, системы удобрений, характера засоренности полей, наличия вредителей и болезней, при этом требуются значительные материальные затраты. Установлено, что издержки эксплуатации машин составляют 60–70 % от величины издержек на производство сельскохозяйственной продукции, кроме того, ходовые системы машинно-тракторных агрегатов, уплотняя почву, снижают урожайность культур на 15–20 %, затраты на обработку почвы повышаются на 20–30 %, расход топлива увеличивается на 18 % [Джанаев, 1997, 2001]. Поэтому необходимо совершенствование и оптимизация систем основной

обработки почвы с использованием современных машин и комбинированных почвообрабатывающих агрегатов применительно к зонам возделывания и особенностям отдельных культур [Почвозащитные технологии... 2001; Краснощеков, 2002; Петрова, Кузыченко, Хвостов, 2002; Кирюшин, 2006; Петрова, Липкович, Дридигер, 2006].

Решение специфически инженерных задач в формировании систем основной обработки почвы при возделывании сельскохозяйственных культур в определенной степени отражено в научных работах, где дается оценка влияния технико-технологических факторов на эффективность машинных технологий обработки почвы [Орманджи, 1983; Зангиев, 1987; Хабатов, 1993; Зангиев, Дидманидзе, Митягин, 2000; Хабатов, Вуколов, 2001; Сохт, 2001; Обработка почвы... 2004; Сохт, Захаров, 2005]. Кроме того, в ряде работ рассматривались экономические вопросы эффективного использования систем машин при основной обработке почвы [Синюков, 1989; Конкин, 1990; Власенко, 2005; Косачев, 2007].

В приведенных выше работах основное внимание уделялось перспективам оптимизации машинных технологий обработки почвы с точки зрения улучшения их технологических и экономических параметров (применения в комбинации тех или иных новых рабочих органов, производительности и т. д.), т. е. решались вопросы технико-технологических и экономических подходов к решению проблем внедрения машинных технологий в систему обработки почвы.

Поэтому необходим системный научно-прогнозируемый и комплексно-агротехнологический подход в вопросе разработки оптимизированных систем основной обработки почвы в различных почвенно-климатических условиях отдельного региона [Корчагин, Горянин, 2006; Корчагин, 2008; Коринец, 2009].

Цель работы – научное обоснование и агротехнологическая оценка эффективности систем основной обработки почвы в технологиях возделыва-

ния культур полевых севооборотов на различных типах почв Центрального и Восточного Предкавказья.

Задачи исследований:

- изучить влияние систем основной обработки почвы на агрофизические и агрохимические показатели её плодородия, фитосанитарное состояние посевов и урожайность культур полевых севооборотов;
- дать научное обоснование применения минимальной системы основной обработки почвы под пропашные культуры на черноземе обыкновенном в зоне Центрального Предкавказья;
- разработать методы и критерии оценки энергетического и агротехнологического потенциала возделывания основных сельскохозяйственных культур в различных зонах Центрального и Восточного Предкавказья;
- разработать методику выбора орудий основной обработки почвы при различной влажности пахотного слоя и установить оптимальный маршрут движения почвообрабатывающего агрегата;
- разработать метод оценки топливных затрат при основной обработке различных подтипов почвы по агрофизическим показателям;
- установить энергетическую и экономическую эффективность систем основной обработки почвы различными почвообрабатывающими орудиями при возделывании культур полевых севооборотов на различных типах почв.

Научная новизна и теоретическая ценность работы подтверждена тремя патентами на изобретения и заключается в том, что дано научное обоснование систем основной обработки разных типов почв Центрального и Восточного Предкавказья и изучено их влияние на почвенное плодородие, фитосанитарное состояние посевов и урожайность культур полевых севооборотов; впервые разработан критериальный метод оценки энергетического и агротехнологического потенциала возделывания основных сельскохозяйственных культур; установлена высокая эффективность применения комбинированных агрегатов

под отдельные культуры севооборота на различных типах почв с учетом складывающихся условий увлажнения; разработана методика выбора орудий основной обработки почвы и оптимального маршрута движения почвообрабатывающих агрегатов; разработаны номограммы определения топливных затрат при различных приемах основной обработки разных подтипов почв.

Практическая значимость работы. На основании многолетних исследований и экономических расчетов производству рекомендованы оптимальные системы основной обработки почвы под культуры полевых севооборотов, адаптированные к почвенно-климатическим условиям отдельных зон Центрального и Восточного Предкавказья; даны рекомендации по применению комбинированных агрегатов нового типа в системах основной обработки почвы, в зависимости от складывающихся условий увлажнения пахотного слоя; определены районы, где возможна минимализация систем основной обработки почвы под пропашные культуры; предложен оптимальный маршрут движения почвообрабатывающих агрегатов (патент № 2444171) и номограммы выбора орудий основной обработки для различных подтипов почв с целью оптимизации топливных затрат; проведена биоэнергетическая и экономическая оценка эффективности систем основной обработки под культуры полевых севооборотов на различных типах почв в зонах Центрального и Восточного Предкавказья.

Основные положения, выносимые на защиту:

- урожайность и экономическая эффективность возделывания зерновых и пропашных культур определяются оптимальным сочетанием применения отвальных, безотвальных и комбинированных способов обработки в системах основной обработки почвы под отдельные культуры севооборота;
- оценка энергетического и агротехнологического потенциала территории края является критерием внедрения оптимальных систем основной обработки почвы под отдельные культуры севооборотов на различных типах почв;

- разработка научных подходов к совершенствованию систем основной обработки почвы позволит снизить уплотняющее воздействие на почву, повысить качество её обработки и уменьшить топливные затраты.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены на научно-практических конференциях (Ставропольский НИИСХ, 1990–1993, 2011 гг.; Ставропольский ГАУ, 1997–2003, 2004–2010, 2013 гг.; ВНИИПТИМЭСХ, 2007 г., КБНИИСХ, 2013 г.). Материалы исследований изложены в одной из глав учебных пособий «Земледелие Ставрополья» (2003) и «Основы систем земледелия Ставрополья» (2005). Результаты исследований одобрены научно-техническим советом министерства сельского хозяйства Ставропольского края, что нашло подтверждение в опубликованных рекомендациях производству (2006, 2007 гг.). По материалам исследований изданы рекомендации (2006, 2010, 2012, 2013 гг.), получено 3 патента РФ на изобретения. Опубликована монография «Оптимизация систем основной обработки почвы под культуры полевых севооборотов на различных типах почв Центрального и Восточного Предкавказья». Результаты исследований прошли производственную проверку и внедрены в хозяйствах Красногвардейского, Петровского и Георгиевского районов Ставропольского края на площади 10,5 тыс. га.

Публикации. Всего опубликовано 90 научных и методических работ, в том числе 64 по теме диссертации, из них 14 в ведущих рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК. Автором получены три патента РФ на изобретения.

Объем работы. Диссертация изложена на 290 страницах компьютерного текста, включает 88 таблиц, 31 график и рисунок; состоит из введения, обзора литературы, 8 глав собственных исследований, выводов, предложений производству, списка литературы из 463 наименований, в том числе 12 иностранных авторов, и 6 приложений.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДОВ К ФОРМИРОВАНИЮ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. Научные аспекты становления систем основной обработки почвы

В современной земледелии одно из ведущих мест в сохранении и увеличении плодородия почвы занимает рациональная система обработки почвы. Наиболее спорным моментом является вопрос, как глубина и способы основной обработки почвы влияют на ее плодородие, т. е. на агрофизические, агрохимические свойства, биологическую активность, количественное и качественное изменение гумуса. В литературе по этому вопросу имеются весьма противоречивые взгляды.

Идея создания мощного культурного пахотного слоя в нашей стране получила свое развитие в 70–90 годах XVIII столетия. И.А. Стебут (1871) утверждал, что углубление обработки почвы должно начинаться с увеличения глубины вспашки почвы под осень, для того чтобы почва могла в течение зимы лучше и глубже пропитаться влагой и далее сохранять ее весной на пользу растений в первое время их развития. При этом А.С. Ермолов (1894) рассматривал разнообразие приемов обработки в контексте организации научно обоснованных севооборотов и общей оптимизации системы полевого хозяйства. К.А. Тимирязев (1948) отмечал, что глубокая вспашка важна не только как средство для увеличения запасов воды, но и как средство развития корневой системы.

В начале 20-х годов XX века наряду с плужной пахотой земледельцы применяли и другие способы обработки почвы. И.Е. Овсинский (1909) установил, что неглубоко взрыхленный верхний слой почвы служит проводником воздуха, атмосферной влаги и воздушно-питательной пыли, в нем накапливаются питательные вещества, в частности азот. П.А. Некрасов (1924), анали-

зируя данные опытных станций по водному режиму почв, неоднократно приходит к выводу, что глубокая вспашка черноземных и каштановых почв не ведет к лучшему накоплению и сохранению почвенной влаги. Исследования Н.С. Соколова (1935) и Н.М. Тулайкова (1937) приводят к аналогичным выводам.

С критикой теории мелкой обработки почвы выступил академик В.Р. Вильямс (1940). Начиная с этого периода пропагандировалась и внедрялась глубокая и сверхглубокая пахота как основной прием повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур. Применение ежегодной отвальной вспашки В.Р. Вильямс обосновывал тем, что благодаря этому приему верхний слой почвы (0–10 см), утративший за лето ценную структуру, сбрасывается на дно борозды, а нижний, более плодородный слой поднимается наверх. Однако эта теория не получила подтверждения. Еще в 20-е годы прошлого столетия Л.Н. Барсуков (1937) экспериментально доказал, что именно верхний слой почвы характеризуется самой высокой биологической активностью. По поводу этого положения П.У. Бахтин (1996) замечает, что В.Р. Вильямс не учел различной роли верхней и нижней части пахотного слоя в создании эффективного плодородия почвы.

В литературе имеются весьма противоречивые данные по влиянию глубины и способов обработки на ее агрофизические свойства.

Б.И. Тарасенко (1960, 1969, 1975, 1981, 1987), рассматривая обычную вспашку как основополагающий элемент в системе основной обработки почвы под отдельные культуры севооборота, предлагал ориентироваться на ее последствие и не увеличивать без надобности глубину пахоты. При этом высококачественное лушение он считал одним из важнейших агротехнических приемов, предшествующих вспашке.

Л. И. Храмцов (1996) на тяжелосуглинистых черноземах Ростовской области, В. Е. Казаков, Б. К. Тютюнник, И. Л. Молдавский (1984) в условиях засушливой степи Украины, П.Т. Кибасов (1982) на карбонатных черноземах Молдавии пришли к выводу, что увеличение глубины обработки способствует

ет большему накоплению влаги в почве и более экономному ее расходованию. М.Д. Васильев (1989) установил, что увеличение глубины обработки способствует увеличению влажности и снижает плотность сложения карбонатных почв Молдавии.

Н.И. Федотова (1972) пришла к выводу, что в засушливых условиях Ставрополя безотвальная обработка по сравнению с отвальной способствует лучшей аккумуляции выпавших осадков.

К.И. Балтян и др. на основе проведенных исследований сделали вывод, что верхний горизонт почвы не только не утрачивает агротехнически положительных свойств, но и, наоборот, приобретает их на протяжении вегетационного периода. Несмотря на то, что сразу же после проведения того или иного вида механической обработки рыхлящий эффект от ее действия явно заметен, она в большинстве случаев не может вызвать постоянные или растягивающиеся хотя бы на несколько сроков изменения в плотности почвы [О прочности структуры... 1951].

В.Л.Чернышов (1971), обобщая опыт обработки почвы в нечерноземной зоне, указывает, что при сравнении мелкой обработки со вспашкой на обычную глубину плотность почвы в слое 0–10 см очень быстро выравнивается и мало различается в слое 10–20 см, при этом по вспашке более рыхлое сложение сохраняется несколько дольше.

С.Я. Мухортов (1983) установил, что систематическое применение мелких, поверхностных и безотвальных обработок приводит к дифференциации пахотного слоя по плодородию, увеличению плотности почвы, токсичности почвы, засоренности посевов сельскохозяйственных культур.

Многолетние исследований ряда ученых-земледелов [Тулайков, 1937; Сидоров, 1989; Макаров, Захаренко, Рассадин, 2003] указывают на то, что на черноземных почвах глубину основной обработки в полевом севообороте можно существенно сократить, вспашку на отдельных полях заменить плоскорезной и поверхностной обработкой почвы. Физические условия в пахотном слое при этом не ухудшаются.

В.А. Корчагин (2008), проводивший исследования в Самарском НИИСХ, пришел к выводу, что в полевых севооборотах с минимальными обработками почвы в сочетании с удобрением полей соломой создаются условия, позволяющие обеспечить бездефицитный баланс гумуса. В результате вместо классических схем, основанных на постоянной вспашке, предлагаются почвозащитные ресурсоэнергосберегающие технологии с минимальными приемами обработки почвы и с использованием комбинированных почвообрабатывающих машин (ОПО-4,25, ОПО-8,5) и посевных машин (АУП-18,05), совмещающих за один проход до 4–5 технологических операций. В зернопропашных севооборотах рекомендуются дифференцированные обработки со вспашкой или глубоким рыхлением под пропашные культуры [Ресурсосберегающий технологический комплекс... 2008; Концепция формирования... 2008; Комбинированные почвообрабатывающие... 2009].

При рассмотрении вопроса плодородия черноземов Г.Н. Черкасовым и др. было установлено, что при минимализации основной обработки почвы происходит уплотнение почвы и дифференциация пахотного слоя по агрохимическим показателям. При «прямом» посеве и поверхностной обработке в сравнении с отвальной вспашкой в слое 0–10 см содержание подвижного фосфора и обменного калия увеличивается, а в слое 10–20 см наблюдается существенное снижение их содержания [Плодородие чернозема... 2012]. И.А. Чуданов (2006) установил, что минимальная обработка и «прямой» посев, не противореча законам естественного почвообразования, способствуют гумусообразованию, повышению подвижности фосфора и калия, ослабляют минерализацию гумуса.

1.2. Концептуальные положения развития систем основной обработки почвы

Одним из важнейших направлений в структурной перестройке методов ведения сельскохозяйственного производства в новых экономических усло-

виях является энергоресурсосбережение. Необходимость перехода к менее трудоемким энергосберегающим технологиям возделывания основных сельскохозяйственных культур связана прежде всего с возрастанием топливно-энергетических затрат в структуре себестоимости продукции сельского хозяйства. В настоящее время появилось значительное количество исследований и научных трудов, проведенных в различных регионах РФ, посвященных вопросам формирования современных систем земледелия, в т. ч. и технологий обработки почвы [Волобуев, 1979; Система земледелия... 1983; Основы систем... 2005; Инкин, 2007; Кирдин, 2008; Пестряков, Свирина, Еремина, 2008; Ресурсосбережение при обработке... 2009; Системы обработки... 2009; Карпович, 2010; Немцев, Сабитов, 2010].

Прогноз внедрения различных типов технологий возделывания зерновых культур, предложенный академиком Н.В. Краснощековым (2006), показывает, что в ближайшие 10–15 лет в сельском хозяйстве России будут использоваться три типа технологий – нормальные, интенсивные и высокие. При этом если объем применения нормальных технологий составит 18 млн га: в т.ч. отвальных – 7 млн га; безотвальных – 4 млн га; минимальных – 4 млн га; нулевых – 3 млн га, то интенсивных – 36 млн га, в т. ч. соответственно по видам – 13, 4, 13 и 6 млн га.

При этом главный ограничивающий фактор интенсификации – коэффициент полезного использования почвенной влаги – при интенсивных технологиях предполагается повысить почти в два раза: при классической технологии расходуется до 20 мм и более атмосферных осадков на один центнер зерна, при интенсивных – в диапазоне 7–10 мм и ниже.

Концепция развития аграрного сектора Центрального и Восточного Предкавказья должна базироваться на использовании системного подхода к комплексности решения вопросов земледелия, как важнейшей составной части всей системы ведения АПК. Поскольку засушливость климата, низкое плодородие почв, эрозия и дефляция являются неотъемлемой чертой почвен-

но-климатических условий данного региона, разработка систем земледелия должна проводиться с непременным учетом этих неблагоприятных факторов.

В последние годы в силу организационно-экономических и других причин перестали действовать или сохранялись отдельные элементы разработанных ранее систем ведения сельскохозяйственного производства для различных регионов центральной и восточной зоны Ставропольского края. Кроме того, существенно снизилось материально-техническое оснащение, нарушилась структура посевных площадей, севооборотов, практически полностью прекратилась химическая мелиорация солонцов, сократилось применение минеральных и практически прекратилось использование органических удобрений.

Пытаясь найти выход из создавшегося положения и приспособиться к рыночным условиям, товаропроизводители перешли к экстенсивным способам ведения хозяйства, упрощенным технологиям и нарушенным севооборотам. В результате сельскохозяйственное производство региона понесло значительный урон, и лишь благодаря усилиям научной общественности удалось сохранить базовые принципы «сухого» земледелия в восточной зоне Ставропольского края, которые возродили былую продуктивность сельского производства. Немалый вред хозяйствам нанесли попытки обосновать возможность в рыночных условиях решать проблемы технологий возделывания конкретных культур без соблюдения основных принципов построения севооборотов в рекомендованных ранее системах земледелия.

По данным Г.И. Баздырева и др., при правильно организованном севообороте, в сравнении с бессменным посевом, прибавка от севооборота составляет по зерновым культурам от 50 до 73 %, при этом севооборот является лучшим экологическим оздоровителем почв, активно влияющим на почвенное плодородие [Земледелие, 2008]. В результате исследований, проведенных в Ставропольском НИИСХ, установлено, что эффективность удобрений в севообороте повышается на 45 % по сравнению с бессистемным применением их под отдельные культуры [Чернов, Квасов, 2005]. При этом регулирование

микробиологической деятельности и азотного режима невозможно без правильно организованного севооборота [Петрова, Махров, 2009], т. е. исследованиями доказано, что несоблюдение базовых основ земледелия в системе ведения АПК и сведение земледелия к простому набору технологических приемов бесперспективно [Чернов, 2005].

С 60-х годов прошлого столетия в Америке, а позднее в Европе и СССР начала распространяться «нулевая» обработка почв и так называемый «прямой» посев, исключая всяческие механические рыхлящие приемы и предполагающий в борьбе с сорняками использование гербицидов. Возникшее противоречие заключается в том, что, с одной стороны, для сохранения и накопления почвенной влаги предполагается периодическое рыхление почвы, а с другой стороны – полное его исключение. Как показывают исследования СНИИСХ, при той или иной технологии обработки почв можно либо дополнительно накопить в почве, либо бесполезно потерять в расчете на всю площадь пашни Ставропольского края в среднем 800 млн м³ воды, что достаточно для формирования урожая в пределах 1 млн тонн зерна [Основы систем... 2005]. Согласно теории дифференциальной влажности, при увлажнении почвы выше константы ВРК (влажность разрыва капилляров) преобладает капиллярный механизм передвижения влаги к испаряющей поверхности. При высыхании ниже величины ВРК преобладающее значение имеет конвекционно-диффузный механизм передвижения влаги. Поэтому в первом случае требуется рыхление, во втором – уплотнение почвы.

Величина ВРК зависит от структуры почвы и может колебаться в широких пределах. Нижний предел, равный 0,60–0,70 долей от наименьшей полевой влагоемкости (НПВ), характерен для бесструктурных почв, какими являются каштановые почвы и их разновидности, верхний – 0,90–0,95 НПВ – для структурных черноземов. По среднесуточным данным гидрометеослужбы, в крайне засушливой и засушливой зонах Ставропольского края с преобладанием в почвенном покрове разновидностей каштановых почв степень увлажнения к уборке озимых культур составляет 0,46–0,47 НПВ и увеличивается к

концу осени до 0,56–0,59 НПВ. В зонах неустойчивого и достаточно устойчивого увлажнения на черноземных почвах эти показатели составляют соответственно 0,63–0,67 НПВ и 0,80–0,81 НПВ [Технология возделывания... 2000; Основы систем... 2005]. Таким образом, во всех зонах на всех типах почвенного покрова от уборки предшественников до наступления зимы степень увлажнения почвы находится ниже значений константы ВРК. В режиме преобладающего в этих условиях конвекционно-диффузного механизма испарения влаги предпочтительным является плотное сложение почвы.

Новые рыночные условия требуют пересмотра ранее рекомендованных систем земледелия, определения более рациональных путей использования природно-климатических и ландшафтных ресурсов, т. е. назрела необходимость перехода к адаптивно-ландшафтным системам земледелия [Методические пособия... 2001; Модель адаптивно-ландшафтного земледелия... 2003; Повышение устойчивости... 2003; Агрландшафтно-экологическое районирование... 2005; Абалдов, Желнакова, 2006; Немцев, 2008; Новиков, Нечаев, 2010]. В Ставропольском НИИСХ разработка концепции методологических и методических основ перевода земледелия на ландшафтную основу проводилась на специальном ландшафтном полигоне под руководством ведущего научного сотрудника, канд. с.-х. наук Л.И. Желнаковой [Оптимизация соотношения... 2006; Желнакова, Антонов, 2006, 2011]. Кроме того, ею проведено агроландшафтное районирование края, созданы системы перевода земледелия на ландшафтную основу для Андроповского и Изобильненского районов Ставропольского края. Главными вопросами, которые необходимо решить при освоении адаптивно-ландшафтных систем земледелия, являются: проведение агроэкологической группировки земель и разработка новых систем обработки почвы с использованием орудий нового типа применительно к конкретным агроландшафтам.

Организация дифференцированного использования пашни предусматривает не только проведение нового землеустройства, освоение соответствующих севооборотов, но и предполагает внедрение ресурсосберегающих си-

стем обработки почвы в севообороте, их оптимизацию и адаптацию к конкретным таксономическим единицам ландшафта (тип местности, урочище, подурочище, фация). Этой проблеме необходимо уделять особое внимание, так как в засушливых районах именно обработка почвы является главным фактором регулирования водного режима почвы, воздействия на ее плодородие, эрозионные и дефляционные процессы.

Обработка почвы, особенно основная, является серьезным актом вмешательства в структуру почвы и физико-химические процессы, протекающие в ней. Ее последствия имеют долговременный характер, поэтому основные принципы и критерии выбора той или иной системы обработки с применением различных орудий должны быть привязаны, в первую очередь, к севообороту, почвенно-климатическим особенностям зон и агроландшафтов. Только после выбора наиболее оптимальной, стратегически долговременной системы обработки нужно решать вопросы адаптации обработок к потребностям той или иной культуры. Многолетние научные исследования в области земледелия, проводящиеся в ГНУ Ставропольский НИИСХ и на Прикумской ОСС, накопленный производственный опыт, перспективные направления развития сельскохозяйственного машиностроения в крае, а также расширение рынка и спектра средств защиты растений создали объективные условия для перехода на новые технологии, основанные на принципах ресурсосбережения [Кузыченко, 1997; Адаптивные ресурсосберегающие... 2006; Кузыченко, Федотов, 2010; Система земледелия... 2011].

При внедрении в растениеводческую отрасль сельскохозяйственного производства адаптированных к определенным почвенно-климатическим условиям ресурсосберегающих технологий возделывания основных культур необходимо ориентироваться как на уровень сложившейся в хозяйстве культуры земледелия, которая должна быть достаточно высокой, так и на общую окультуренность почв. При этих условиях система обработки почвы должна обеспечивать решение следующих задач:

- оптимизации условий для развития корневой системы культурных растений по плотности и агрегатному составу почвы;
- обеспечения благоприятного водно-воздушного и пищевого режимов для роста и развития растений;
- равномерного распределения и заделки в пахотном слое растительных и пожнивных остатков, органических и минеральных удобрений (при безотвальном рыхлении – максимальное сохранение пожнивных остатков на поверхности поля);
- создания благоприятных условий для семян в посевном слое и обеспечения равномерной заделки семян по глубине.

1.3. Формирование оптимальных агрофизических параметров пахотного слоя почвы

Критерии оценки структурного состояния почвы. Как свидетельствуют наблюдения последних лет, наряду с правильным выбором сроков обработки почвы, не менее, а в некоторых случаях даже более существенное значение имеет способ обработки, определяющий характер сложения и структурную организацию обрабатываемого слоя, пищевой и водный режимы почвы. Следовательно, речь идет о создании для растений оптимальных параметров структурно-агрегатного состава и плотности сложения почвы в корнеобитаемом слое, учитывая, что полевые культуры предъявляют не одинаковые требования к агрофизическим свойствам почвы в отдельных ее частях.

А.А. Измаильский (1949) и П.А. Костычев (1951) впервые предложили систему научно обоснованных мероприятий по регулированию физических свойств и режимов черноземов, главным составляющим звеном которой является создание благоприятной структуры пахотного слоя. Структурный состав почвы является важным показателем качества ее обработки, поскольку степень измельчения почвы определяется удельной поверхностью частиц, с

которой связан весь комплекс физико-химических процессов, способствующих получению высоких урожаев, при этом желательно, чтобы большая часть структурного состава находилась в виде водопрочных макроагрегатов, образующих структуру почвы.

По данным В.В.Медведева (1988), структурный состав поверхностного надпосевного слоя чернозема обыкновенного по содержанию агрегатов от 5 до 0,25 мм отличается от оптимума (не менее 60 %). В засушливые и нормальные по увлажнению годы содержание этих агрегатов существенно меньше и лишь во влажные годы агрегатов данного размера больше, чем требуется. Отрицательные факты неблагоприятного строения посевного слоя очевидны: низкое качество сева, непроизводительная потеря влаги, медленное набухание семян, изреженность всходов, медленное и преимущественно поверхностное развитие корневой системы, неэффективное использование удобрений. В годы с благоприятными погодными условиями отрицательное действие такого строения почвы менее заметно, чем в годы с острым дефицитом влаги.

Важно подчеркнуть, что оптимальные параметры пахотного слоя как черноземов, так и каштановых почв среднего и тяжелого механического состава, т. е. преимущественно оструктуренных почв, можно создать целенаправленной обработкой. Из анализа литературных данных [Панов, 1988] следует, что после обработки почвы плугом, безотвальным орудием, плоскорезом, культиватором, бороной и другими орудиями ее структурный состав варьирует в широких пределах при достаточно разнообразном соотношении между отдельными компонентами почвенных агрегатов. Специальные исследования показали, что на черноземных почвах агрегаты средних и крупных размеров (крупнее 3 мм) образуются не в результате внутрипочвенных механизмов последовательного физико-химического и химического закрепления, а благодаря дроблению под влиянием разнообразных факторов: корневых систем, объемных изменений и, главным образом, механической обработки. Поэтому хорошо оструктуренную черноземную почву можно довести до тре-

буемого оптимального соотношения компонентов, применяя комбинации различных конструкций рабочих органов для перераспределения агрегатов почвы в посевном слое.

По данным П.У. Бахтина (1971), наилучшему качеству обработки почвы соответствует 90–100 % содержание комков размером менее 5 см и менее 5 % пыли (агрегаты менее 0,25 мм), хорошему качеству – 70–90 % комков и 5–10 % пыли, удовлетворительному – 50–70 % комков и 10–15 % пыли. Однако это весьма общие подходы к параметрам пахотного слоя, поскольку конкретно посевной слой к посеву должен иметь более определенные и оптимальные параметры в связи с требованием о накоплении в нем достаточного количества продуктивной влаги.

В работе В.В. Медведева (1988) были сформулированы основные агротехнические требования к технологиям и техническим средствам обработки черноземных почв среднего и тяжелого механического состава при возделывании полевых культур, предусматривающие доведение структурного состава в посевном слое до размеров 0,25–20 мм с преобладанием агрегатов от 20 до 5 мм в поверхностном и от 5 до 0,25 мм – в посевном слоях, содержание пыли (агрегаты менее 0,25 мм) в посевном слое должно быть не более 15 %.

Агротехнические требования к верхнему 10–12-сантиметровому слою почвы, независимо от вида применяемых почвообрабатывающих орудий и способов обработки почвы в плане концепции влагосбережения, сформулированы А.Ф. Бурбелем и А.Н. Беланом (1996). Они заключаются в необходимости содержания верхнего слоя почвы (4–6 см) от первой до последующих обработок (исключение – поздняя зябь) в мелкозернистом, выровненном и сухом состоянии с почвенными агрегатами от 0,5 до 3 мм, а нижележащий слой должен быть мелкозернистым и уплотненным до плотности 1,30 г/см³. Верхний сухой (мульчирующий) слой уменьшает расход влаги на физическое испарение, улавливает атмосферные осадки даже малой интенсивности, а уплотненный нижележащий слой почвы уменьшает процесс конвекции и диффузии, а также «запирает» движение

парообразной влаги из нижних слоев почвы. Кроме того, являясь увлажненным или влажным, нижний слой почвы служит эффективным проводником атмосферных осадков в нижние слои почвы.

Исходя из того, что макроструктура почвы должна обладать хорошими физическими свойствами и обеспечивать оптимальные условия для развития растений, принято считать, что агрономически ценная структура почвы должна быть представлена водопрочными агрегатами от 1 до 10 мм в диаметре, а наиболее ценная – от 1 до 3 мм. Одним из критериев определения уровня окультуренности черноземов является следующее процентное содержание водопрочных агрегатов в почве: высокое – 45–55 %, среднее – 35–45 %, низкое – менее 35 %.

Формирование структурно-агрегатного состава пахотного слоя почвы при основной обработке ее орудиями различного типа. Одним из факторов, влияющих на физические свойства почвы в результате основной обработки почвообрабатывающими орудиями, является почвенная структура. Работы К.К. Гедройца (1926, 1955), А.Н. Соколовского (1933, 1936), В.Р. Вильямса (1946), Н.А. Качинского (1947, 1963), В.В. Квасникова и П.П. Давыдовой (1950), П.В. Вершинина (1958, 1959), В.А. Францессона и А.В. Герасимовой (1959), А.Г. Дояренко (1966) указывают на ведущее значение агрономически ценной структуры, как основы благоприятных агрофизических свойств в почве.

Что касается вопросов формирования структурно-агрегатного состава пахотного слоя почвы при основной обработке орудиями различных типов, то здесь отмечается неоднозначность суждений.

В исследованиях В.В. Медведева (1988) подчеркивается снижение содержания в пахотном слое агрономически ценных агрегатов (0,25–10 мм) и водопрочных агрегатов диаметром более 0,25 мм при длительной вспашке плугом по сравнению с целинной.

Несколько противоречивы мнения о влиянии плоскорезной обработки на структуру почвы. По данным Н.И. Кабановой (1981), А.Г. Тарарико

(1988), В.П. Васильева (1988), В.В. Яровенко, В.В. Медведева (1988), В.И. Бодня (1991), применение плоскорезной обработки по сравнению со вспашкой способствует увеличению агрономически ценных агрегатов. Кроме того установлено, что увеличивается и количество водопрочных агрегатов всех фракций [Фрагин, Шульга, 1985; Булыгин, Лисецкий, 1996; Холмов, Юшкевич, 2010]. Однако Н.В. Гниненко и др. отмечают, что при плоскорезной обработке наблюдается тенденция к понижению водопрочности структуры почвы в сравнении со вспашкой. [Некоторые аспекты... 1998] При этом Н.С. Голоусов, Г.А. Шматко, О.И. Подпорина (2000) приводят данные, свидетельствующие, что заметных изменений в структурном составе почвы в слоях 10–20 и 20–30 см в зависимости от применения этих способов обработки не происходит.

Дальнейшими исследованиями было установлено, что чизелевание в сравнении как со вспашкой [Усманов, 1984; Пупонин, 2010], так и с плоскорезной обработкой [Сенченко, Сергеев, Найденов, 1986] оказывает лучшее последствие на структуру пахотного слоя. Данные зарубежных исследователей [Schafer, Johnson, 1982; Khan, 1984; Braim, Hodson, 1984; Voisgontier, Bartelemy, 1985] также свидетельствуют о высокой эффективности формирования почвенной структуры чизельной стойкой типа «Параплау». Однако Н.А. Старовойтов (1984), касаясь вопроса применения чизельных орудий, отмечает, что в результате основной обработки наблюдается несколько меньшее количество водопрочных агрегатов (менее 0,25 мм) по сравнению со вспашкой.

По поводу влияния фрезерной обработки на структуру почвы высказываются самые противоречивые суждения. Если ряд исследователей [Сиротенко, Матвиенко 1993; Трушин, Крылов, 1990; Солошенко, 1985] приводят данные, что количество агрономически ценных фракций (0,25–10 мм) было больше при фрезеровании, чем при отвальной вспашке, то И.П. Васильев в исследованиях совместно с Н.А. Полевым (1984) и А.М. Чигаевым (2003) вообще не выявили существенных различий между фрезой и плугом по влия-

нию на структурное состояние почвы, а В.Н. Шептухов и Р.М. Гафуров (2002) утверждают, что фрезерование приводит к снижению содержания ценных агрегатов при фрезерной обработке [Влияние обработки... 1987].

Исследуя воздействие фрезерной обработки на почву, ряд авторов утверждают, что количество водопрочных агрегатов более 0,25 мм при обработке фрезой больше, чем при вспашке [Фисюнов, Дьяченко, 1982], или их содержание примерно одинаково [Действие длительной... 1977; Блинов, Мельцаев, 1984; Васильев, Полев, 1984; Макаров, 2007; Доспехов, Панов, Пупонин, 2007]. Вместе с тем И.Г. Мальцева и А.М. Блинов (1987) приводят данные о том, что применение фрезерной обработки привело к снижению содержания водопрочных агрегатов по сравнению с бессменной вспашкой.

Требования культур к водно-воздушному режиму почвы. Урожай сельскохозяйственных культур зависит прежде всего от содержания в почве доступной для растений влаги. Поэтому особое внимание всегда уделялось исследованию водного режима почвы [Измаильский, 1937, 1949; Долгов, 1948; Большаков, 1950, 1961; Костычев, 1951; Высоцкий, 1962; Роде, 1965; Слейчер, 1970; Проблемы оптимизации... 1982, Судницын, 1979, 2008]. Водный режим почвы формируется на основе ее водного баланса, состоящего из приходной и расходной частей. Приходная часть баланса – атмосферные осадки, расходная – это потери воды культурными и сорными растениями, а также физическое испарение. Г.Н. Высоцкий (1962) установил, что в динамике влаги черноземов можно выделить два периода. Первый период, заключающийся в иссушении почвы, охватывает лето и первую половину осени, когда влага интенсивно расходуется растениями и испаряется. Вторым периодом – промачивание, начинающееся со второй половины осени, прерывается морозами и продолжается весной благодаря талым водам и весенним осадкам.

Ф.Ш. Гарифуллин и Ф. Н. Русаков (1996), Е.А. Афанасьева (1980), отмечая эти периоды в водном режиме как характерные для всех черноземов, уточняют, что летние осадки увлажняют только пахотный слой. Запас влаги в

нижних горизонтах черноземов создается осадками холодного периода (позднеосенние осадки, талые воды).

По данным ГНУ СНИИСХ, пополнение запасов влаги происходит за счет осадков осенне-зимнего периода (октябрь – март), когда существенно падает испаряемость, т. е. то количество воды, которое может поглотить атмосфера за счет испарения с водной поверхности [Агротехнические основы... 1999]. Так, если испаряемость в летние месяцы превышает количество осадков в крайне засушливой зоне в 3,5–5 раз, в зоне неустойчивого увлажнения в 2,5–3 раза, то в октябре соответственно лишь в 2 и 1,5 раза, а с ноября по март количество выпавших осадков больше испаряемости в среднем в 1,5 раза. Поэтому важной задачей влаго-энергосберегающей системы обработки почвы является формирование ее водного режима, т. е. создание оптимальных условий для максимального накопления запасов влаги в холодное время года и предотвращение ее непродуктивного расхода в теплый период.

Для решения этой задачи необходимо создание термоградиентного барьера на пути передвижения влаги к испаряющей поверхности. Под действием температурных градиентов влага передвигается в направлении меньших температур, в связи с чем приемами обработки почвы необходимо формирование такого теплового режима, при котором создается наибольшая разность температур между пограничным с атмосферой и нижележащим слоем почвы. Увеличение доли воздушной фазы (воздухоемкости) уменьшает теплоемкость обрабатываемого слоя, т. е. ускоряет его прогревание и одновременно уменьшает температуропроводность, препятствуя прогреванию нижележащих слоев почвы.

Исследования, проведенные на черноземных почвах опытной станции Украинской СХА, показали, что семена озимой пшеницы не прорастают, если запас продуктивной влаги в пахотном слое ниже 5 мм. Для получения дружных всходов удовлетворительным считается запас продуктивной влаги от 20 до 30 мм, т. е. влажность почвы суглинистого мехсостава должна находиться в пределах 17–20 % [Руденко, Рубан, Максимчук, 1985].

Десятилетние исследования по балансу влаги на парах в засушливой зоне, проведенные в СНИИСХ, свидетельствуют, что за период от осенней обработки до посева озимой пшеницы в метровом слое пара накапливается в среднем около 53 мм влаги, или 13,5 % от количества выпавших осадков. Около 340 мм влаги расходуется на испарение. Отношение накопленной влаги к испарившейся составляет 1:6,4 [Основы систем... 2005].

По данным Прикумской опытной станции СНИИСХ [Федотова, 1982], нормальные всходы озимой пшеницы можно получить лишь на полях, где в пахотном слое содержится 15–25 мм продуктивной влаги.

Наблюдения Л.И. Желнаковой (1989), проведенные в крайне жестких условиях возделывания озимой пшеницы в зоне сухих степей Ставропольского края, показали, что критерием своевременного появления всходов являются запасы продуктивной влаги в пахотном слое в размере 16 мм, а 10 мм – критерием возможности появления всходов.

Говоря о воздушном режиме, необходимо отметить, что хорошая оструктуренность черноземов определяет их высокую пористость в гумусовых горизонтах, которая составляет 50–60 %, для них также характерно благоприятное сочетание капиллярной и некапиллярной пористости. Некапиллярная пористость может составлять 1/3 общей пористости, что обеспечивает хорошую воздухо- и водопроницаемость черноземов [Вадюнина, Корчагина, 1986].

Вследствие изменения агрофизических свойств черноземов в результате интенсивных обработок, ухудшения структуры поверхностного слоя, изменения состава и характера произрастания растительности (большая часть года пашня без растительности) существенно трансформируется водно-тепловой режим. Температурный режим становится более контрастным, с большими колебаниями сезонных и суточных температур [Медведев, 1988].

По мнению И.Б. Ревута (1972), общий объем порового пространства и степень занятости пор водой определяют газообмен компонентов почвенного воздуха с приземной атмосферой. Н.П. Поясов (1960) установил, что отвод

углекислого газа из почвы резко снижается при уменьшении пористости и совершенно прекращается при свободной пористости, составляющей 8–11 % ко всему объему почвы. По данным С.И. Долгова и С.А. Модиной (1969) степень аэрации 10–15 % является критической, ниже нее растения испытывают депрессию в росте.

Теоретические исследования Б.Н. Мичурина (1957) показали, что единственной причиной изменения пористости почвы является плотность, т. е. система расположения почвенных агрегатов. Увеличение плотности черноземов с 0,8 до 1,5 г/см³ приводит к снижению воздухоемкости почвы с 27,8 до 0,2 % [Коломиец, Мацевецкая 1990].

Водный режим почвы при различных приемах основной обработки.

Рядом исследований установлено, что плоскорезная обработка способствует более полному усвоению осенне-зимних осадков в сравнении со вспашкой [Акантьева, Чижова 1985; Медведев, Булыгин, 1986; Медведев, 1988; Голоусов, Шматко, Подпорина 1999; Вражнов, Агеев, 2008]. По данным Е.В. Орлова (1985), в засушливые годы в осенний период вегетации озимой пшеницы плоскорезная обработка по непаровым предшественникам увеличивает запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы на 23–28 мм по сравнению со вспашкой. Однако в некоторых работах [Петрова, 1977; Хабибрахманов, Нигматзянов, 2003] указывается, что замена вспашки плоскорезной обработкой не привела к увеличению накопления влаги в почве в осенне-зимний период.

Установлено, что чизельная обработка увеличивает запасы продуктивной влаги в сравнении с плугом и плоскорезом [Санковский, 1985, 1986; Кильдюшкин, Трегубов, 1986; Горошко, Парфенова, Белов, 1987; Зайцев, 1987]. По данным советских и зарубежных исследователей чизельная стойка типа «Параплау», сочетая в себе свойства щелевателя и рыхлителя, способствует лучшему передвижению влаги в почве, а также снижает весеннее испарение [Boisgontier, Bartelemy, 1985; Щелевание почвы...1987; Каскарбаев, Буряков, 2006]. Однако С.Н. Илюхин (1988, 1990), проводивший исследова-

ния в КубНИИТиМ, не выявил существенных различий в накоплении влаги в метровом слое почвы при обработке плугом со стойкой «Параплау», отвальным плугом и чизелем.

Данные сравнительных исследований по накоплению влаги при фрезеровании и вспашке плугом весьма противоречивы. Если Ю.Г. Тхайцухов, Б.И. Тарасенко и Н.Н. Сиротенко (1979) говорят о преимуществах фрезерования, то в других работах [Действие длительной... 1977; Трушин, Крылов, Жемпиисов, 1985, 1990] утверждается, что по накоплению влаги орудия равноценны, а А.М. Блинов (1994) отмечает несколько меньший запас влаги в почве при обработке фрезой под яровые культуры по сравнению со вспашкой. Исследования по сравнению плоскорезной и фрезерной обработок в одних случаях показали преимущества фрезы [Инкин, 1979; Фисюнов, Дьяченко, 1982], в других случаях преимущество плоскорезной обработки [Бушнев, Юшко, Мисюра, 1983; Мальцева, Блинов, 1987, 1994].

Накопление влаги и предотвращение развития эрозионных процессов в значительной мере зависят от водопроницаемости всего профиля почвы и особенно ее обрабатываемого слоя. В.В. Медведев (1988), Е.В. Полуэктов, Н.И. Балакай, Г.Т. Балакай (2010) установили, что сразу после вспашки черноземов, в максимально взрыхленном состоянии наблюдается высокая водопроницаемость.

Вместе с тем, по утверждению Е.А. Афанасьевой (1980) и Г.В. Назарова (1970, 1981), если на целине талые воды усваиваются полностью и отсутствует сток во время ливней, то на пашне сток может достигать больших размеров из-за низкой водопроницаемости. Поэтому на пахотных черноземных почвах по сравнению с целинными возможна значительная потеря воды из-за сноса снега и поверхностного стока талых вод.

Исследования, проведенные на черноземных почвах, показали, что при плоскорезном рыхлении водопроницаемость была выше, чем при вспашке [Тарарико, Миронов, 1983; Медведев, Булыгин, 1986; Медведев, 1988; Парфенов, 1992, Полуэктов, 2010]. Однако С.П. Танчик (1988) утверждает, что

скорость впитывания и фильтрации воды за два часа на плоскорезной обработке была меньше, чем при вспашке на 8,5–11,8 %.

Работы, проведенные на солонцах, показывают, что стойка СибИМЭ создает лучшие условия для водопроницаемости по сравнению с отвальными и плоскорезными орудиями [Мухин, Пыльник, 2000; Константинов, Ломова, 2008].

Д.Д. Брежнев, И.С. Рабочев, А.К. Ильичев (1981), Н.А. Старовойтов (1984), В.Ф. Кивер, Н.И. Конопля (1990) отмечают, что применение чизельной обработки или несколько увеличивает водопроницаемость по сравнению со вспашкой, или значения близки. При этом А.С. Буряков и др. установили, что водопроницаемость при щелевании наклонной стойкой выше, чем прямой стойкой на 0,2–0,5 мм/мин [Щелевание почвы... 1987].

А.М. Бурыкин (1987) приводит данные зарубежных авторов, утверждающих, что длительная фрезерная обработка приводит к снижению общей и некапиллярной пористости и водопроницаемости по сравнению со вспашкой. В заключение необходимо отметить, что влияние таких орудий основной обработки, как чизель, стойка СибИМЭ и др. на накопление влаги изучено недостаточно и требует дальнейших исследований.

Оптимальная плотность сложения почвы. Плотность почвы всегда интересовала исследователей как физический фактор, определяющий многие условия почвенного плодородия [Некрасов, 1924; Качинский, 1930; Колясев, 1949; Квасников, 1964; Дояренко, 1966; Долгов, Модина, 1969]. Различные приемы механической обработки почвы значительно изменяют сложение пахотного слоя. Это достигается главным образом благодаря изменению объема межагрегатных промежутков [Атаманюк, 1968]. В работах С.И. Долгова, И.В. Кузнецовой, С.А. Модина (1970), И.Б. Ревута, Н.А. Соколовской, А.М. Васильева (1971) указывается, что влагоемкость и водопроницаемость почвы, аэрация и испарение влаги, а также теплопроводность зависят от плотности почвы, величины и характера ее порового пространства. Таким образом, считается общепризнанным, что плотность сложения почвы, являясь одним из

основных параметров, определяет ее физические свойства и режимы, оказывающие влияние на урожайность сельскохозяйственных культур.

Одним из основных параметров, влияющих на степень интенсивности обработки почвы, является ее равновесная плотность. По данным В.А. Корчагина и др. научной основой для обоснования минимальной обработки почвы служит установленная закономерность: почвы с высоким содержанием гумуса (выше 3,5 %) не нуждаются в постоянных глубоких обработках [Ресурсосберегающие технологии... 2001]. Они способны поддерживать оптимальную для большинства культурных растений плотность почвы под влиянием естественных факторов.

Однако при создании благоприятных агрофизических условий для культурных растений необходимо исходить из требований к оптимальной плотности сложения почвы. Н.А. Качинский (1965) и В.П. Нарциссов (1972) считают, что оптимальное сложение почвы характеризуется некоторым диапазоном ее плотности. По экспериментальным данным С.И. Долгова и С.А. Модиной (1969), для суглинистых почв этот интервал составляет 0,2–0,3 г/см³, для почв легкого механического состава 0,3–0,4 г/см³. Изменение плотности почвы в пределах этого диапазона, как установили авторы, не приводит к снижению урожайности культур.

В.В. Медведев (1988) на основании анализа данных многих исследователей приводит следующие диапазоны оптимальной плотности почвы для культур на черноземах обыкновенных и южных: зерновые колосовые – 1,05–1,30 г/см³, кукуруза – 1,05–1,30 г/см³, подсолнечник – 1,25–1,30 г/см³. Отклонение плотности почвы от оптимума в сторону увеличения или уменьшения ухудшает условия жизни растений и снижает их урожайность.

На основании обобщения данных многолетних исследований И.Б. Ревута, Н.А. Соколовской, А.М. Васильева (1971), а также работ СНИИСХ в этом направлении, проведенных Б.П. Гончаровым, В.М. Рындиным (1971) и Л.А. Инкиным (1973), установлено, что оптимальная плотность сложения почвы для растений различается в зависимости от типа почвы, механическо-

го состава и биологических групп сельскохозяйственных культур. Для зерновых культур оптимальный диапазон плотности сложения составляет 1,05–1,30 г/см³, при этом среднее значение находится в пределах 1,21–1,23 г/см³. В данном диапазоне находится равновесная плотность черноземов центральной зоны и частично темно-каштановых почв юго-восточной зоны Ставропольского края. Это дает основание говорить о целесообразности применения энергосберегающих приемов обработки почвы на черноземах в зоне неустойчивого увлажнения Ставрополя.

Солонцы, каштановые и светло-каштановые почвы засушливой зоны самоуплотняются до 1,40–1,50 г/см³, т. е. они требуют более глубокого рыхления и менее всего пригодны для различных систем минимальной, а тем более «нулевой» обработки или «прямого посева». Поскольку накопление и расход влаги, ее передвижение по горизонтам почвы происходят в соответствии с законами влаготеплопереноса, в засушливых районах необходимо системой обработок создать мульчирующий верхний слой, а на глубине 5–6 см сформировать уплотненный слой с меньшим эффективным размером капилляров относительно основной массы почвы, способствующий снижению потерь влаги на испарение. Если верхний слой почвы излишне уплотнен, испарение увеличивается многократно и на большую глубину, поэтому необходимо поддерживать верхний слой (0–5 см) в постоянно сухом и рыхлом состоянии (плотность 0,7–0,9 г/см³). Независимо от способа основной обработки почвы плотность слоя ниже 5–10 см желательно поддерживать на уровне от 1,1 до 1,15 г/см³, но не более 1,30 г/см³. Такая двухслойная структура пахотного горизонта обеспечивает сохранение влаги в почве от излишнего испарения и не препятствует накоплению ее при выпадении осадков [Агротехнологические основы... 1999].

Формирование плотности почвы при различных приемах основной обработки. Плотность обрабатываемого слоя почвы, как одна из наиболее существенных агрофизических характеристик в процессе механической обработки, претерпевает значительные изменения. По данным В.В. Медведева

(1988), диапазон изменения плотности почвы при вспашке плугом чернозема обыкновенного достигает $0,31-0,36 \text{ г/см}^3$, в то время как на целине динамика изменения плотности почвы почти не проявляется.

Касаясь сравнения плоскорезной обработки с отвальной, ряд авторов приходят к выводу, что плотность сложения верхнего слоя почвы (0–10 см) либо не зависит от применяемых обработок [Бенедичук, 1984; Медведев, Булыгин, 1986], либо отмечается тенденция к снижению плотности при плоскорезной обработке в сравнении с отвальной вспашкой [Акантьева, Чижова, 1985]. В ряде же других исследований отмечается, что в нижних слоях почвы наблюдается существенное увеличение плотности сложения в осенний и весенний периоды при обработке плоскорезом [Горбунов, Рябов, 1968; Титов, 1988; Казаков, 2010]. Исследованиями В.Х. Яковлева, В.П. Непейвода (2006), проведенными на солонцах, установлено, что плотность почвы после рыхления стойкой СибИМЭ ниже, чем при обработке плоскорезом и плугом. Данные исследований последних лет показывают, что применение чизельных орудий оказывает положительное влияние на плотность сложения почвы в сторону ее уменьшения по сравнению со вспашкой [Брежнев, Рабочев, Ильичев, 1981; Усманов, 1984; Сенченко, Сергеева, Найденов, 1986; Шлычков, 1987; Панов, Черепяхин, 2000]. В.И. Санковский (1985, 1986), В.М. Кильдюшкин и П.С. Трегубов (1986) в результате изучения влияния отвальной, плоскорезной и чизельной обработок на плотность сложения почвы установили преимущество чизельной обработки. Вместе с тем Н.А. Старовойтов (1984) приводит данные, свидетельствующие о несколько большей величине плотности по слоям почвы при обработке чизелем по сравнению со вспашкой.

Исследование влияния фрезерной обработки на плотность сложения почвы в сравнении с отвальной и плоскорезной обработками показало, что наблюдается более высокий показатель плотности почвы при обработке плоскорезом [Инкин, 1979; Фисюнов, Дьяченко, 1982; Салова, Адомяко, 1985; Мальцева, Блинов, 1987]. Однако В.Н. Шептухов и Р.М. Гафуров (2002) утверждают, что на вариан-

те с фрезерованием наблюдается увеличение плотности сложения в течение вегетационного периода по сравнению со вспашкой.

Эрозионная устойчивость почвы при различных приемах основной обработки. Интенсивная обработка почвы не только ухудшает агрофизические условия в почве, но и снижает их противэрозионную устойчивость. Еще в работах А.А. Измаильского (1949) и П.А. Костычева (1951) показано, что использование целинного чернозема под сельскохозяйственными культурами, длительная и нерациональная его распашка сопровождаются разрушением структуры, образованием пыли и глыб, ухудшением вследствие этого водного режима и устойчивости почвы к эрозии.

К.Г. Шульмейстер (1988) отмечает, что одним из главных факторов развития водной эрозии является слабая оструктуренность почвенного покрова. Это положение подтверждается в работах М.Н. Заславского (1983), А.Г.Тарарико (1991), Е.В. Полуэктова, Д.Е. Сухова (2006) и многих других исследователей. Кроме того, отмечается отсутствие способности почвы при отвальной обработке противостоять разрушающей силе ветра [Захаров, 1971; Научно-методическое пособие... 2002]. Поэтому они указывают, что интенсивные приемы использования земель должны сопровождаться надежными способами повышения плодородия почвы и защиты ее от эрозии, что может быть достигнуто за счет применения новых способов основной обработки почвы.

В настоящее время широкое распространение получили различные виды безотвального рыхления почвы. В ряде работ [Горбунов, Рябов, 1968; Медведев, 1979; Медведев, Булыгин, 1986; Медведев, 2011] отмечается, что почвозащитный эффект плоскорезных обработок, обусловленный оставлением на поверхности поля стерни, способствует противэрозионной устойчивости почвы.

В исследованиях А.Я. Бука и А.П. Коваленко (1980), В.Н. Зайцева (1987), А.М. Бурыкина (1987), проводивших исследования на склоновых землях в различных почвенно-климатических зонах, отмечается, что смыв почвы, особенно от талых вод, при плоскорезной обработке существенно снижа-

ется по сравнению с отвальной обработкой. Вместе с тем можно считать, что сток при этом увеличивается [Желнакова, Петрова, 1983].

В работе А.К. Дубового (1986) установлено, что чизельная обработка, благодаря мульчирующему слою из пожнивных остатков и глубокому рыхлению способствует значительному сокращению поверхностного стока талых вод по сравнению с отвальной вспашкой.

По утверждению ученых ВНИИ зернового хозяйства, увеличение количества мульчирующего материала положительно влияет на физические параметры обрабатываемого слоя почвы, кроме того, наличие в поверхностном слое почвы более 50 % частиц диаметром более 1 мм повышает дефляционную устойчивость почвы [Бараев, Госсен, Зайцев, 1975; Бараев, Госсен, 1980].

Анализ структурного состава почвы показал, что обработка плоскорезом черноземных почв по сравнению со вспашкой способствует уменьшению эрозионно-опасных частиц [Горбунов, Рябов, 1968; Аристов, 1974; Захарова, 1982; Гребенников, 1982; Парфенов, 1992]. Однако выводы И.В. Гниненко (1982) говорят о том, что плоскорезная обработка чернозема обыкновенного способствует некоторому увеличению в верхнем слое эрозионно опасных (менее 1 мм) и пылеватых (менее 0,25 мм) частиц в первые 3–4 года ее применения.

Исследованиями, проведенными за рубежом, установлено, что при чизельной обработке пожнивные остатки не заделанные на глубину, препятствуют разрушению почвенной структуры и снижают эрозию почвы по сравнению со вспашкой [Ali, 1985].

В.М. Горошко, Я.А. Парфенова, Г.Д. Белов (1987), проводившие сравнительные испытания отвальной, плоскорезной и чизельной обработок, пришли к выводу, что на песчаных почвах наименьшее содержание эрозионно опасных частиц наблюдается на плоскорезной обработке.

По данным исследований, проведенных в различных регионах, при фрезерной обработке не наблюдается заметного распыления почвенной

структуры [Доспехов, Смирнова, 1975; Действие длительной... 1977; Тхайцухов, Тарасенко, Сиротенко, 1979; Ботезату, Шойхет, Гринь, 1982; Ермакова, 1983; Васильев, Полев, 1984]. В то же время исследования, проведенные Л.А. Инкиным (1979) на среднесуглинистых черноземах, показывают, что при фрезеровании сохраняется меньше эрозионно-устойчивых агрегатов (51,1 %) по сравнению со вспашкой (65,5 %) и плоскорезной обработкой (76,8 %). Такие же данные приводят И.М. Панов, В.И. Скорик, Ю.А. Кузнецов (1983) и Г.Г. Солошенко (1985), утверждая, что фрезерная обработка больше, чем отвальная, распыляет почву.

Таким образом, задача оптимизации систем основной обработки почвы заключается в создании благоприятных агрофизических условий: влагообеспеченности, структуры и плотности сложения почвы, являющихся основными параметрами, оказывающими влияние на физико-химические и биологические процессы в почве и определяющими уровень урожайности сельскохозяйственных культур.

1.4. Современные тенденции развития систем обработки почвы на Юге России

Современные исследования в различных регионах Юга России показали неоднозначность суждений по вопросу о способах и глубинах основной обработки почвы под отдельные культуры севооборота.

Ростовская область. Современные исследования ученых Ростовской области в области земледелия направлены на поиск новых систем обработки почвы, которые должны в наибольшей степени ликвидировать противоречие между потребностью и неизбежностью нагрузки на почву, минимальной и необходимой глубиной для увеличения поглотительной способности почвы, между целесообразностью в тех или иных случаях проведения вспашки или заменой ее разноглубинным безотвальным рыхлением, обеспечивающим повышенную эрозионную устойчивость почвы [Зональные системы... 1981, 1991; Система ведения... 1996, Листопадов, 2005].

Н.Н. Бородин (1967) рекомендовал в условиях Ростовской области проводить мелкую обработку на 8–10 см под озимую пшеницу после пропашных культур, а А.С. Кириченко (1978) предлагает применять комбинированный агрегат АКП-2,5 на ту же глубину.

В.П. Ермоленко (2001), обобщая материалы исследований, проводимых в ГНУ Донском ЗНИИСХ, заключает, что на обыкновенных черноземах как в сухие, так и благоприятные годы уровень урожайности при отвальной обработке в среднем по основным возделываемым в области культурам был выше соответственно на 1,2 и 2,9 ц/га в сравнении с плоскорезной обработкой. На темно-каштановых почвах как в сухие, так и в благоприятные годы уровень урожайности озимой пшеницы по плоскорезной обработке был выше в сравнении со вспашкой соответственно на 1,5 и 1,0 ц/га, а по яровому ячменю соответственно на 1,0 и 0,9 ц/га. Автор приходит к выводу, что плоскорезная обработка и безотвальное рыхление, в т. ч. чизельным плугом, стойкой СибИМЭ и другими орудиями, рекомендованы прежде всего для районов, подверженных дефляции и засухе, а также на эрозионно опасных склоновых землях. Обобщающим же положением, предложенным автором, является тот факт, что наиболее оптимальной системой основной обработки почвы в севообороте является разноглубинная обработка с учетом биологических особенностей культур и их предшественников, специфики почв и особенностей почвенно-климатических условий. При этом некоторые виды обработки почвы, такие как поверхностная, «нулевая» и даже плоскорезная, снижая эрозионные процессы и сокращая энергозатраты, способствуют дифференциации слоев почвы в нежелательном направлении (в частности, ухудшается фосфорный режим), повышают засоренность полей и ухудшают фитосанитарную обстановку, так как незаделанные растительные остатки становятся очагом распространения вредных объектов, что противоречит экологическим принципам.

Результаты исследований, проведенных А.А. Сухаревым (2010), показали, что в южной зоне Ростовской области при возделывании озимой пше-

ницы по гороху наиболее эффективным приемом обработки почвы является применение комбинированного агрегата КУМ-4 (глубина обработки 8–10 см) в комплексе с посевным агрегатом АУП-18,05 в сравнении с отвальной вспашкой плугом ПЛН-5-35 на глубину 18–20 см, безотвальным рыхлением агрегатом КАО-2 на глубину 18–20 см или лущением БДТ-7.

В.С. Полоус (2012) на основании многолетних исследований приводит данные о том, что лучшими энергосберегающими адаптивными способами основной обработки почвы на черноземе обыкновенном в зернопропашном севообороте являются: минимальная обработка на 12–14 см под подсолнечник, кукурузу на зерно, клещевину, яровой ячмень, суданскую траву; поверхностная обработка на 6–8 см под озимую пшеницу. При высокой культуре земледелия возможно возделывание подсолнечника и кукурузы на зерно по поверхностной обработке на 6–8 см и даже применение «прямого» посева под подсолнечник, кукурузу на зерно и озимую пшеницу.

Волгоградская область. Система адаптивно-ландшафтного земледелия Волгоградской области на период до 2015 года, разработанная А.И. Ивановым и др. (2009), определяет, что приоритетным направлением внедрения систем обработки почвы в зернопаровых и зернопропашных севооборотах будет сочетание безотвальной, отвальной, поверхностной и мелиоративной обработок, позволяющих на 20–25 % повысить влагообеспеченность растений [Система адаптивно-ландшафтного земледелия... 2009]. Отмечается, что при переходе на мелкую, поверхностную и нулевую обработку зональных почв, склонных к быстрому и сильному уплотнению, возникает необходимость использования приемов, способствующих разуплотнению нижних слоев почвы для повышения ее водопроницаемости и предотвращения водной эрозии. Особенно актуально внедрение этих приемов на чистых парах под яровые культуры (например использование широкозахватного культиватора «Хорш-Агросоюз» со специальной лапой «Мульч-Микс»).

В засушливых условиях Нижнего Поволжья обработку черного пара под озимые в летне-осенний период рекомендуется вести по типу зяби, а в

весенне-летний период применять разноглубинные способы, меньше иссушающие почву и препятствующие образованию уплотненной подошвы на глубине хода рабочих органов культиватора. Ранние пары рекомендуется обрабатывать отвально на 18–22 см комбинированными пахотными агрегатами, весенне-летний уход, как и для черного пара, предполагает исключение весенних глубоких культиваций. Основную обработку почвы после занятых паров (кукуруза на силос, горох с овсом, озимые на корм) и непаровых предшественников рекомендуется проводить в сжатые сроки на глубину 12–14 см дисковыми и безотвальными орудиями.

Необходимо отметить некоторое расхождение в результатах исследований последних лет. По утверждению В.Д. Кострова (1994), на обыкновенных черноземах Нижнего Поволжья в засушливые периоды черный пар должен обрабатываться плоскорезами или чизелями, а под кукурузу на зерно наиболее эффективна плужная отвальная вспашка. Д.В. Ефанов (2003) и П.А. Винтуар (2005) утверждают, что безотвальное рыхление стойками СибИМЭ не приводит к существенному снижению урожайности кукурузы на зерно в сравнении со вспашкой на светло-каштановых почвах Волгоградской области.

Ю.Н. Плескачев (2005) утверждает, что на светло-каштановых почвах под пар необходимо проведение тяжелой культивации орудием ОП-8 на глубину 12–14 см с последующим щелеванием орудием ЩН-2-140 на глубину до 35–40 см или плугом ПРСН-5 + ПР-2,8 на глубину 30–32 см. Однако К.К. Бралиевым (2006) установлено, что в короткоротационных севооборотах при обработке черного пара под озимую пшеницу необходимо применение комбинированного агрегата АПК-6 на глубину 25–27 см, а под ячмень рекомендуется вспашка плугом на глубину 20–22 см.

Исследования, проведенные А.И. Беленковым (2006) в сухостепной зоне Поволжья, подтверждают, что можно рекомендовать применение в парах двупольных полевых севооборотов орудий безотвальной обработки почвы (плоскорезы и стойки СибИМЭ), а в трех-четырепольных севооборотах применять комбинированную (отвально-безотвальную) систему ос-

новой обработки почвы с использованием плоскорезного или безотвального рыхления корпусами СибИМЭ в пару под озимые и вторую после пара культуру, а под замыкающую культуру севооборота применять вспашку отвальным плугом.

В то же время данные К.В. Шиянова (2010) свидетельствуют о том, что в парозерновом севообороте наиболее высокий урожай озимой пшеницы и ячменя получен при мелкой обработке.

Краснодарский край. Системы обработки почвы, разработанные в Краснодарском крае, предполагают дифференцированную их адаптацию к конкретной агроландшафтной зоне. Они ориентированы прежде всего на минимализацию обработки почвы под колосовые культуры, с глубоким безотвальным рыхлением под кукурузу на зерно, подсолнечник и сахарную свеклу [Совершенствование технологии... 1985; Новые адаптивные энерго- и почвосберегающие технологии... 2002; Адаптивные энерго- и почвосберегающие... 2003; Система земледелия... 2009; Найденев, 1991, 2011].

Однако Н.Н. Зайцев (2012) рекомендует в зоне неустойчивого увлажнения на структурных черноземах проводить: под подсолнечник – безотвальную обработку на глубину 20–22 см или дискование на глубину 10–12 см; под озимый рапс полупаровую отвальную вспашку на 20–22 см, в отдельных случаях дискование на глубину 12–14 см.

Изучая технологию «прямого» посева, В.А. Небавский (2004) установил, что урожайность кукурузы на зеленую массу при «прямом» посеве в неблагоприятные по увлажнению годы снижается по сравнению с традиционной отвальной вспашкой на 18 %, а в благоприятные по увлажнению годы разница в урожайности незначительна. Урожайность озимой пшеницы при «прямом» посеве в неблагоприятные по увлажнению годы превышает контроль (отвальная вспашка), а в благоприятные по увлажнению годы разница в урожайности незначительна.

Республика Дагестан. Исследованиями А.А. Айтемирова (2010), проведенными на различных почвенных разностях Дагестана, установлено, что

на светло-каштановых почвах легко- и среднесуглинистого мехсостава система земледелия должна предусматривать полное исключение механических обработок и замену чистых паров занятыми. На каштановых почвах тяжелосуглинистого мехсостава обработка почвы под озимые культуры после занятых паров и раноубираемых предшественников должна проводиться по почвозащитной схеме с дополнительным рыхлением пахотного слоя до 40 см стойками СибИМЭ.

Кабардино-Балкария. Х.Ш. Тарчоков (2009), проводивший исследования в Кабардино-Балкарском НИИСХ, установил, что наиболее эффективными ресурсосберегающими системами обработки почвы под отдельные культуры с учетом предшественника и степени засоренности являются: под озимые зерновые после раноубираемых предшественников – полупаровая система обработки почвы (лушение ЛДГ-20 на глубину 8–10 см двукратно); после кукурузы под озимые культуры – дискование БДТ-7,0 на 12–15 см двукратно; под пропашные культуры (кукурузу, подсолнечник) после озимых и яровых зерновых – двукратное лушение ЛДГ-20 на 8–10 см, зяблевая вспашка на 28–30 см с последующей культивацией чизельным культиватором ЧКУ-4,0.

РСО–Алания. Моделью адаптивно-ландшафтной системы земледелия для горной зоны РСО–Алания, разработанной научными сотрудниками СКНИИГ и ПСХ, предлагается дифференцированный подход при внедрении классической и минимальной систем обработки почвы под отдельные культуры севооборотов с учетом почвенно-климатических факторов и степени развития эрозионных процессов [Модель адаптивно-ландшафтной системы... 2010]. В частности, после второго или третьего укоса трав под яровые культуры (овес и ячмень) проводится дисковое лушение в два следа и через 2–3 недели зяблевая вспашка на глубину 18–20 см. Под кукурузу на склонах до 6° проводят вспашку поперек склонов на глубину 25–27 см с предварительным лушением стерни. При крутизне 6–8° применяют гребнисто-ступенчатую вспашку плугом ПН-4-35 + ПВР-3,5 с выравниванием чизельным культива-

тором ЧКУ-4 и нарезкой гребней культиватором КРН-5,6 трехъярусной лапой-окучником.

Проведенный анализ тенденций развития систем основной обработки почвы в южном регионе России позволяет сделать вывод о необходимости большей конкретизации в вопросах технологической и экономической эффективности различных систем основной обработки почвы в севооборотах и их оптимизации с учетом внедрения новых технических средств и складывающихся почвенно-климатических условий в различных зонах Центрального и Восточного Предкавказья.

Ставропольский край. Становление и развитие научных основ земледелия и в частности систем обработки почвы в Ставропольском крае началось с проведения опытных исследований в зоне каштановых почв на Прикумской опытной станции в 1924 году. В период с момента создания СНИИСХ, в феврале 1956 года по 1963 год в институте осуществлялось научное сопровождение зернового производства в крайне засушливых районах Ставрополья. Институт возглавлял В.М. Докучаев, а в отделе земледелия под руководством А.В. Первова работал плодотворный коллектив научных сотрудников: Г.И. Петров, В.М. Орлов, В.И. Селецкий, Н.И. Федотова, Ф.З. Сыченко, Е.С. Пустовойт, А.П. Торгашева, Б.П. Гончаров, Н.Л. Павленко.

Большие исследования отдел земледелия проводил как по севооборотам так и по оценке эффективности систем обработки почвы. Были развернуты широкие опыты по изучению глубины и способов основной обработки почвы в различных звеньях севооборотов: паровое звено, звено занятого пара и др. Исследования по обработке почвы в засушливой зоне сопровождались достаточным комплексом агрофизических исследований, проведенных Н.И. Федотовой (1968). Ею было установлено, что влагообеспеченность культур в паровом звене севооборота при глубокой обработке в сравнении с обычной вспашкой не улучшается, более того, доказана эффективность мелких и поверхностных обработок под некоторые культуры.

В 1963 году институт, переведенный в зону неустойчивого увлажнения (с. Шпаковское), возглавил А.А. Никонов, стремящийся придать исследованиям института разносторонний характер на высоком научно-методическом уровне. Под руководством заведующего отделом земледелия Б.П. Гончарова возобновились работы по изучению проблем обработки почвы.

Б.П. Гончаровым (1967) совместно с В.И. Селецким (1968), а также с В.И. Селецким и Л.А. Инкиным (1972) были разработаны основные положения по системам обработки почвы с рекомендуемыми глубинами основной обработки для каштановых и черноземных почв Ставропольского края. Было установлено, что на черноземных и каштановых почвах глубокое безотвальное рыхление на глубину 40–45 см и отвальная вспашка на глубину 22–25 см с углублением дна борозды на 10–15 см не обеспечивают роста урожайности озимой пшеницы. Поэтому вследствие более высоких энергетических затрат на их проведение по сравнению с обычной вспашкой они не могут быть рекомендованы производству.

А.П. Торгашевой и М.А. Холостых (1968), проводившими исследования на Назлобненском опорном пункте СНИИСХ по возделыванию озимой пшеницы по кукурузе на силос при различных способах основной обработки почвы, установлено, что наиболее перспективными способами обработки являются: в засушливые годы – безотвальное лемешное лушение на глубину 10–12 см с прикатыванием и боронованием. В благоприятные по осадкам годы – отвальное лушение на глубину 10–12 см, что дает прибавку соответственно 2,7 и 2,4 ц / га в сравнении с контрольным вариантом (вспашка на 20–22 см). Кроме того, А.П. Торгашевой (1974, 1977) выполнен большой объем исследований по оценке эффективности паров, занятых зернобобовыми культурами и смесями.

В.И. Селецкий и Б.П. Гончаров (1969), проводившие исследования на чистых и занятых парах в засушливой зоне Ставропольского края по изучению глубины и способов основной обработки почвы, установили, что нет никаких оснований рекомендовать основную обработку чистых паров на каш-

тановых почвах на глубину свыше 22–25 см. При этом после кукурузы на силос под озимую пшеницу можно рекомендовать лущение плугами или лемешными лущильниками на глубину 10–12 см.

В 1970 году в отделе земледелия, возглавляемом Л.Д. Максименко, окончательно были сформированы долголетние стационары по обработке почвы, по севооборотам и кормопроизводству. В результате изучения в стационарных опытах глубины основной обработки почвы В.И. Селецкий (1971) доказал, что углубление основной обработки почвы более 20–22 см нерационально как с технологической, так и с экономической точки зрения. Л.Д. Максименко и др. установили, что в зернопаропропашном севообороте система основной обработки почвы должна сочетать безотвальные обработки с отвальными на различную глубину. Безотвальные поверхностные обработки на 6–8 см или отвальные мелкие на глубину 12–14 см целесообразно проводить под озимую пшеницу, размещаемую после занятого пара и кукурузы на силос, а также под культуры после занятого пара. Отвальную вспашку на 20–22 см следует проводить под 2-ю после занятого пара озимую пшеницу [Изучение теоретических основ... 1973; Способы и глубина... 1977].

В связи с разработкой системы «сухого» земледелия А.А. Никоновым (1974) были отмечены особенности этой системы и определен комплекс агротехнических и организационно-экономических мероприятий по борьбе с засухой в Ставропольском крае. Конкретика в вопросах системы «сухого» земледелия прослеживается в работах Л.Д. Максименко (1976, 1977), указывающих на необходимость улучшения структуры посевов за счет освоения севооборотов с чистыми и занятыми парами, построения системы обработки почвы с учетом максимального накопления влаги, сжатых сроков и высокого качества выполнения работ. В работах В.М. Пенчукова, возглавившего институт в 1978 году, эти положения по системе «сухого» земледелия нашли обоснованное подтверждение [Пенчуков, 1981; Система земледелия... 1983].

В эти же годы мощным направлением исследований отдела земледелия была минимализация систем основной обработки почвы под пропашные

культуры в связи с применением гербицидов, так как при возделывании пропашных культур большое значение придавалось рыхлению почвы на всех этапах развития растений. Таким образом, уже просматривались некоторые элементы индустриальной технологии. В этих условиях в земледелии стали формироваться понятия о равновесной плотности, ее оценке для различных типов почвы, а также проводились прямые исследования по изучению параметров физических процессов в почве.

Л.А. Инкин (1968, 1975) установил, что изменения плотности, пористости, аэрации и влажности почвы, обработанной на глубину 20–22 и 12–14 см, происходили в течение вегетационного периода озимой пшеницы почти одинаково, что обусловило сравнительно одинаковую урожайность зерна.

Ю.И. Аракчеевым (1970) получены данные, свидетельствующие о том, что при вспашке почвы под подсолнечник на глубину 12–15 см, 22–25 см и 32–35 см плотность пахотного слоя сравнительно быстро выравнивается и не превышает оптимальной для подсолнечника величины плотности (1,25–1,3 г/см³). Больших различий в водно-физических и химических свойствах, биологической активности почвы не наблюдается, при этом урожайность подсолнечника остается практически одинаковой.

В.Г. Мелешко (1975) делает вывод, что на типичных черноземных почвах колебания плотности сложения пахотного слоя при различных способах и глубине обработки почвы не существенны и находятся в пределах, оптимальных для роста и развития растений.

Исследования В.М. Рындина (1983) показали, что плотность почвы на участках, вспаханных на различную глубину, быстро выравнивается, и только в отдельные годы ее плотность заметно увеличивается на участках с постоянной неглубокой вспашкой. Установлено, что глубина основной обработки в севообороте почв не сказывается на сохранении в ней влаги и на активности почвенной микрофлоры.

Исследованиями В.М. Рындина (1976, 1983) и совместно с В.И. Селецким (1977) установлено, что на типичных суглинистых черноземах зоны не-

устойчивого увлажнения, на полях, не засоренных многолетними сорняками, под парозанимающую культуру и первую озимую пшеницу можно ограничиться вспашкой на глубину 12–14 см. При высокой засоренности поле под 2-ю озимую пшеницу следует пахать на глубину 20–22 см, под пропашные культуры рекомендуется мелкая или обычная отвальная вспашка, под яровые культуры после пропашных – обычная отвальная вспашка на 20–22 см.

Большой вклад в исследования по мелиорации солонцов с использованием различных способов и глубины обработки почвы внесли Л.Н. Петров, С.В. Беликова и Е.И. Годунова.

Исследования, проведенные Л.Н. Петровым совместно с С.В. Беликовой (1973) и с М.Т. Куприченковым и С.В. Беликовой (1976), а также опыты Л.Н. Петрова (1983, 1985) на каштановых почвах показали преимущество мелиоративной плантажной вспашки на глубину 50 см, в результате которой снизилась плотность почвы с 1,55 до 1,30 г/см³, уменьшилось содержание обменного натрия с 19 до 7,3 % емкости обмена и количества водорастворимых солей в профиле солонцов. Прибавка урожайности озимой пшеницы на варианте с плантажной вспашкой в среднем за 3 года по отношению к обычной вспашке (глубина 16 см) составила 7 ц к. е., экономия затрат – 0,71 руб/ц.

С.В.Беликова (1981, 1983, 1985, 1990), проводившая исследования в засушливой зоне Ставрополья на каштановых степных солонцах, установила, что при плантажной вспашке на 45–50 см в сочетании с фосфорными удобрениями урожай зерна озимой пшеницы в среднем за три года был на 4,2 ц/га выше, чем на фоне с обычной вспашкой (20–22 см). При этом необходимо после глубокой мелиоративной вспашки один раз в 2–3 года проводить безотвальное рыхление на глубину 35–45 см стойками СибИМЭ или чизельным плугом ПЧ-4,5.

По данным Е.И. Годуновой (1981, 1983, 1985), проводившей исследования на засоленных карбонатных почвах засушливой зоны, установлена эффективность применения фосфорных удобрений на фоне глубокого безотвального рыхления и плантажной вспашки. Прибавка в урожайности озимой

пшеницы от внесения суперфосфата в дозе 90 кг/га по д. в. на фоне глубокого безотвального рыхления на солонцах составила 5,8 ц/га, при обычной вспашке – 3,1 ц/га.

Вполне естественно, что для эрозионно-опасного региона, каким является Ставропольский край, большое место в исследованиях занимала почвозащитная тематика. Еще в 60-е годы XX века И.Ф. Горбуновым и Е.И. Рябовым (1968) была установлена высокая почвозащитная эффективность обработки почв культиваторами-плоскорезами, повышающая урожайность озимой пшеницы в засушливой зоне края на 1,6 ц/га.

В дальнейшем Е.И. Рябовым совместно с Л.Н. Саньковой (1975) и А.Е. Мягковым (1976) проводились исследования по почвозащитной плоскорезной системе обработки почвы. Было установлено, что при отсутствии эрозионных процессов урожайность озимой пшеницы по стерневым предшественникам может существенно снижаться на вариантах с плоскорезной обработкой. Поэтому возделывание данной культуры с применением плоскорезной обработки культиватором КПЭ-3,8 с бороной БИГ-3 предлагается только на землях с большой потенциальной опасностью проявления ветровой эрозии и обязательным внесением минеральных удобрений.

Впоследствии почвозащитная система земледелия, основу которой составляла плоскорезная обработка, была довольно хорошо изучена в ряде хозяйств края. А. Е. Мягковым (1975), проводившим исследования на светлокаштановых почвах, подверженных ветровой эрозии, установлена эффективность следующих систем основной обработки почвы: под озимые культуры – боронование БИГ-3, культивация КПП-2,2 на 12–14 см; под черный пар – осенняя обработка плоскорезом КПП-250 на 18–20 см, весной культивация КПП-2,2 или КПЭ-3,8 на 12–14 см; под ранние яровые культуры – боронование БИГ-3, поверхностная обработка КПП-2,2 на 10–12 см, поздняя зябь обрабатывается плоскорезом КПП-250 на 18–20 см.

В.В. Орлов (1983), изучавший мульчирующие и минимальные зяблевые обработки под кукурузу в дефляционных условиях, установил, что плоско-

резная обработка под кукурузу на 25–27 см в сочетании с мульчированием почвы измельченной соломой в сравнении с отвальной вспашкой более эффективна.

Е.В. Орловым (1985) установлено, что в засушливых районах в борьбе с ветровой эрозией наиболее эффективным способом основной обработки почвы под озимую пшеницу после непаровых предшественников является плоскорезная обработка культиватором КПЭ-3,8 на 14–16 см. В зоне неустойчивого увлажнения плоскорезная обработка под озимую пшеницу после колосовых предшественников приводит к снижению урожайности озимой пшеницы на 2,4 ц/га в сравнении с отвальной вспашкой на 20–22 см. Л.И. Желнакова (1992) рекомендует в крайне засушливых районах Центрального Предкавказья широко использовать безотвальную обработку чистых паров и отвальную обработку ранних паров как средств минимализации борьбы с эрозией и дефляцией почвы.

В 1991 году по инициативе академика Л.Н. Петровой (1995, 2005) были организованы исследования по вопросам адаптивно-ландшафтного земледелия. Разработка концепции методологических и методических основ перевода земледелия на ландшафтную основу проводилась на специальном ландшафтном полигоне под руководством ведущего научного сотрудника, канд. с.-х. наук Л.И. Желнаковой (2010, 2011). Кроме того, ею проведено ландшафтное районирование края, созданы системы перевода земледелия на ландшафтную основу для Андроповского и Изобильненского районов Ставропольского края. При освоении адаптивно-ландшафтных систем земледелия были решены следующие вопросы: проведена агроэкологическая группировка земель и разработана система обработки почвы с использованием орудий нового типа применительно к конкретным агроландшафтам.

Исследованиями сотрудников СНИИСХ под руководством Е.И. Рябова (1990) по вопросам разработки систем минимальной почвозащитной обработки почвы было установлено, что при минимальной обработке запасы про-

дуктивной влаги в метровом слое были на 21 мм больше, чем при отвальной вспашке, при этом урожайность кукурузы на зерно при минимальной обработке составила 38,8 ц/га, что на 8 ц/га выше, чем при отвальной вспашке и на 3 ц/га больше, чем при плоскорезной обработке [Научно-методическое пособие... 2002].

Нельзя не отметить большую работу отдела земледелия Прикумской ОСС СНИИСХ под руководством А.А. Федотова (1990), который в производственных условиях изучал и оценивал эффективность чистых паров. Им установлено, что в среднем за 8-летний срок исследований безотвальная обработка раннего пара приводит к снижению урожайности озимой пшеницы в сравнении с отвальным черным паром на 2,3 ц/га.

Не менее значимыми по своим масштабам и актуальности работами в области обработки почвы в СНИИСХ были исследования, проводимые в стационарных опытах В.И. Шлыковым, М.В. Криулиным, О.А. Поспеловой, дифференцированно изучавшими отдельные вопросы физики почв, способов обработки, биологической активности и экологии.

В.И. Шлыков (1986) установил, что для повышения и стабилизации урожайности 2-й озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья в качестве основной обработки почвы следует проводить вспашку на глубину 20–22 см с последующей обработкой по типу полупара, а безотвальную обработку – только на почвах, в сильной степени подверженных дефляции.

В результате исследований, проведенных М.В. Криулиным и В.М. Рындиным (1990), установлено, что длительное применение систематических безотвальных обработок на различную глубину в севообороте по сравнению с систематической обычной вспашкой или чередованием вспашки в севообороте с другими обработками приводит к существенному увеличению плотности сложения почвы в слое 10–20 см, снижению биологической активности нижней части пахотного слоя, дифференциации пахотного гори-

зонта по содержанию подвижного фосфора и к снижению урожайности ярового ячменя на 4,4–4,8 ц/га в сравнении с постоянной вспашкой.

О.А. Поспелова (1996), изучавшая ферментативную активность почв в связи с различными системами ее обработки, установила, что в районах, не подверженных дефляции и водной эрозии, не следует длительно применять систематические безотвальные обработки, как поверхностные так и на обычную глубину, или их чередование.

Развитие научных исследований по обработке почвы в Ставропольском ГАУ связано в т. ч. и с работами Г.М. Зюзина (1970), установившего, что поверхностное дискование после занятых паров и непаровых предшественников на глубину 8–10 см в сравнении с отвальной вспашкой на 20–22 см повышает урожайность на 7–16 %, однако под 2-ю озимую пшеницу рекомендуется вспашка полупара на глубину 20–22 см.

В дальнейшем исследованиями, проведенными А.И. Тивиковым (2006) под руководством профессора Г.Р. Дорожки, по оценке эффективности различных способов основной обработки почвы в звеньях зернопропашного севооборота было установлено, где под занятый пар, горох и кукурузу на силос, как предшественники озимой пшеницы, рекомендуется отвальная вспашка на глубину 20–22 см.

В.И.Ситников (2006), изучавший интегрированное влияние способов обработки почвы и гербицидов на урожайность подсолнечника, установил, что наиболее эффективной основной обработкой под подсолнечник является глубокое чизельное рыхление плугом ПЧ-4,5 на глубину 25–27 см в сочетании с применением баковой смеси гербицидов (нитран + гезагард-50), повышающее рентабельность производства подсолнечника в сравнении с отвальной вспашкой на 15 %.

О.И. Власовой при непосредственном участии академика В.М. Пенчукова и профессора Г.Р. Дорожки в разделе «Почвозащитная система обработки почвы в условиях Ставрополья» монографии «Системы земледелия Ставрополья» дается строго дифференцированный подход к системам

обработки почвы под озимые и яровые культуры по различным предшественникам с учетом факторов энергосбережения, одним из которых является применение комбинированных агрегатов типа АКМ-6 [Системы земледелия... 2011].

В земледельческой науке Ставрополя, благодаря фундаментальным исследованиям по вопросам оптимизации систем обработки почвы, проводимым в Ставропольском НИИСХ Б.П. Гончаровым (1981), В.М. Рындиным и М.В. Криулиным (1990), сложилась достаточно ясная картина возможности применения под отдельные культуры севооборота дифференцированных систем обработки почвы, соотносящихся с экологическими условиями, на которые можно наложить тот или иной исследовательский опыт, применительно к различным почвенно-климатическим зонам края.

С 1985 по 1988 год в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края в стационарных полевых опытах ГНУ Ставропольский НИИСХ В.М. Рындиным и В.И. Шлыковым (1986) отрабатывались технологические схемы минимальной обработки почвы на обыкновенном мицелярно-карбонатном суглинистом черноземе (гумус – 2,7 %) под озимую пшеницу после колосовых и пропашных культур в зернопропашном севообороте, включающие и вариант допосевной «нулевой» обработки почвы.

По результатам исследований четырехлетнего периода возделывания 2-й озимой пшеницы по пшенице установлено, что в период ухода в зиму при примерно равных запасах продуктивной влаги, в пределах 99–104 мм, отмечается более высокая плотность почвы в слое 0–20 см по «нулевому» варианту в сравнении с отвальной вспашкой на 0,05 г/см³, засоренность к уборке выше на 36 %. Анализ урожайности и экономические расчеты показали, что на фоне применения фунгицидов (защитный фон – з/ф) и без их применения (без защитного фона – без з/ф), лучшим способом основной обработки почвы под 2-ю озимую пшеницу после занятого пара является вспашка комбинированным агрегатом на глубину 20–22 см.

Варианты с мелкой и поверхностной обработками в сравнении со вспашкой снижали урожайность озимой пшеницы соответственно: на фоне без применения фунгицидов – на 0,3 и 0,48 т/га, с применением фунгицидов – на 0,21 и 0,51 т/га. При замене отвальной вспашки «нулевой» допосевной обработкой урожайность снизилась соответственно на 1,04 (без з/ф) и 0,92 т/га (з/ф), при этом себестоимость продукции по «нулевому» варианту возросла на 0,27 (без з/ф) и 0,19 руб./т(з/ф), а рентабельность снизилась на 81 (без з/ф) и 68,4 % (з/ф).

Данные трехлетнего цикла исследований при возделывании озимой пшеницы по кукурузе на силос с применением различных систем основной обработки почвы, в т. ч. и «нулевой» допосевной, свидетельствуют об увеличении плотности почвы по «нулевому» варианту после посева в сравнении с отвальной вспашкой на 0,05 г/см³, запас продуктивной влаги в период весенней вегетации ниже на 12 мм, засоренность к уборке выше на 28 %. Анализ урожайности и экономические расчеты показали, что на фоне применения фунгицидов (з/ф) и без их применения (без з/ф), лучшим приемом основной обработки почвы под озимую пшеницу после кукурузы на силос является дисковое лушение на глубину 8–10 см, при этом превышение урожайности в сравнении с «нулевым» допосевным вариантом составляет 0,31 (без з/ф) и 0,11 т/га (з/ф), себестоимость продукции по «нулевому» варианту увеличилась на 0,11 (без з/ф) и 0,082 руб./т (з/ф), а рентабельность снизилась на 54,6 (без з/ф) и 38,5 % (з/ф).

Вопросы о способах, глубинах и периодичности проведения основной обработки почвы изучались В.М. Рындиным (1976, 1977, 1983) совместно с В.И. Селецким (1977), В.И. Шлыковым (1986) и М.В. Криулиным (1990) на заложенном ими в 1972 году стационарном опыте по оптимизации систем основной обработки почвы. Схемой опыта предусматривалось изучение в семипольном севообороте (занятый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – гречиха – озимая пшеница – подсолнечник – яровая пшеница) чередования различных способов основной обработки (отвального, безотвального,

мелкого, поверхностного) и глубины основной обработки почвы, а также периодичности их проведения под отдельные культуры на черноземе обыкновенном среднесуглинистом [Кузыченко, Хвостов, Артамонов, 2003].

Установлено, что в годы с летне-осенней засухой в полях, занятых озимой пшеницей, на вариантах с поверхностной обработкой почвы в осенний период накапливалось больше продуктивной влаги в слое 0–100 см на 7–12 мм в сравнении с мелкой и обычной вспашкой. В полях яровых культур (подсолнечник, яровая пшеница) четкой зависимости между способами основной обработки и водным режимом в почве не установлено, однако, как показывают исследования, на вариантах с поверхностной обработкой в сравнении со вспашкой водопроницаемость почвенного профиля за час наблюдений снижалась в 1,6–2 раза, оставаясь достаточно высокой (2,8 мм/мин).

Различные системы основной обработки почвы оказали определенное влияние на изменение плотности сложения пахотного слоя, особенно в горизонте 10–20 см. Так, после основной обработки в период ухода в зиму плотность почвы по отвальной обработке на 20–22 см составила 1,04 г/см³, по безотвальному рыхлению на 20–22 см – 1,12 г/см³, по поверхностной обработке на 6–8 см – 1,18 г/см³. Перед уборкой этот показатель имел значения соответственно 1,17, 1,22, и 1,30 г/см³, т. е. увеличение плотности по безотвальному рыхлению и поверхностной обработке в осенний период в сравнении с отвальной вспашкой составило соответственно 0,08 и 0,14 г/см³, а перед уборкой соответственно 0,05 и 0,13 г/см³. Причем наибольшее уплотнение почвы в слое 10–20 см к уборке отмечается на варианте с поверхностной обработкой (6–8 см) по всем полям севооборота и составляет 1,28–1,31 г/см³.

Анализ урожайности культур севооборота показал, что отмечается тенденция к несколько более высокой продуктивности культур севооборота при чередовании обычных отвальных с поверхностными обработками почвы под отдельные культуры севооборота в сравнении с контролем (постоянная отвальная вспашка) – увеличение составляет 3,4 %. Наибольшее снижение продуктивности культур севооборота в сравнении с контролем (вспашкой) отме-

чается при систематической поверхностной обработке и при чередовании безотвальных и поверхностных обработок. В среднем по культурам снижение по сравнению с контролем (вспашкой) составляет соответственно 12,3 и 8,4 % [Адаптивные ресурсосберегающие... 2006].

Расчеты биоэнергетической и экономической эффективности различных систем основной обработки почвы в севообороте показали, что комбинированная система обработки почвы с чередованием обычных отвальных обработок с мелкими или поверхностными под отдельные культуры севооборотов позволяет снизить энергозатраты на 26,8 %, а затраты труда на 22,3 %.

По результатам исследований установлено, что на черноземных почвах зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края рекомендуется комбинированная система обработки почвы в севообороте с чередованием отвальной вспашки на глубину 20–22 см с мелкой на 6 – 8 см или поверхностной обработкой на 10–12 см под озимую пшеницу после занятых паров и непаровых предшественников, при этом под 2-ю озимую пшеницу и подсолнечник – вспашка на 20–22 см. Эти положения нашли свое отражение в книге «Основы систем земледелия Ставрополья» под общей редакцией академика РАСХН В.М. Пенчукова и д-ра с.-х. наук Г.Р. Дорожки, где в разделе «Система обработки почвы в условиях Ставрополья» четко обозначены способы и глубины основной обработки под отдельные культуры севооборотов [Кузыченко, 2005].

Поэтому в настоящее время речь должна идти о правильных критериях выбора систем обработки почвы и их оптимизации с использованием машин нового типа, в том числе комбинированных агрегатов и почвообрабатывающих посевных комплексов, адаптированных к технологиям, обеспечивающим необходимые оптимальные условия для растений в конкретных почвенно-климатических условиях.

2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые опыты проводились в Центральном Предкавказье на черноземе обыкновенном на опытном поле Ставропольского НИИСХ (2001-2006 гг.), производственном поле ООО «Победа» Красногвардейского района Ставропольского края (2009-2012 гг.) и на черноземе обыкновенном солонцеватом – в колледже «Интеграл» Андроповского района Ставропольского края (2009-2012 гг.). В Восточном Предкавказье – на темно-каштановой почве в ООО «Агро-Смета» Георгиевского района Ставропольского края (2009-2012 гг.) и на светло-каштановой почве опытного поля Прикумской опытно-селекционной станции (2001-2006 гг.).

2.1. Климат и погодные условия в годы проведения исследований

Преобладающая часть территории Северного Кавказа является благоприятной для произрастания основных сельскохозяйственных культур [Анализ ресурсного... 2007]. Однако анализ тепло- и влагообеспеченности края за четыре периода наблюдений: 1931–1960 гг., 1961–1990 гг., 1991–2010 гг. и 2001–2010 гг., проведенный Л.И. Желнаковой (2009), Л.И. Желнаковой и С.А. Антоновым (2006, 2011), говорит о существенном изменении климатических факторов. В таблице 1 представлены данные об изменении среднегодовой температуры по периодам наблюдений.

Было установлено, что рост среднегодовой температуры воздуха с 1931 по 2010 г. составил в среднем по метеостанциям края + 1,4 °С. При этом следует отметить, что потепление на +2,1 °С отмечается как в холодный период года (ноябрь – март), так и в теплый (апрель – октябрь) на +1,1 °С. Снижение изменчивости температуры холодного периода произошло вследствие уменьшения повторяемости экстремально низких температур и возрастания изменчивости температур теплого периода за счет увеличения дней с экстремально высокими температурами.

Таблица 1 – Динамика изменения среднегодовой температуры воздуха на территории Ставропольского края, °С

Период времени	Периоды наблюдений, годы				Изменение температуры, °С
	1	2	3	4	1–4
	1931–1960	1961–1990	1991–2000	2001–2010	1931–2010
Среднегодовой	+9,6	+10,0	+10,4	+11,0	+1,4
Холодное время года (ноябрь–март)	–0,8	+0,1	+0,8	+1,3	+2,1
Теплое время года (апрель–октябрь)	+16,9	+17,0	+17,7	18,0	+1,1

Происходящие изменения температурного режима крайне благоприятны для возделывания озимой пшеницы. Более длительный и теплый период осенней вегетации, благоприятные условия перезимовки, раннее возобновление весенней вегетации, близкие к оптимальным температуры периодов кошения, цветения и налива зерна способствуют формированию более высокого урожая озимых зерновых культур на Ставрополье. В таблице 2 представлены данные о динамике изменения среднегодового количества осадков по периодам наблюдений.

Таблица 2 – Динамика изменения годового количества осадков на территории Ставропольского края, мм

Осадки	Периоды наблюдений, годы				Изменение осадков, мм
	1	2	3	4	1–4
	1931–1960	1961–1990	1991–2000	2001–2010	1931–2010
1	2	3	4	5	6
Среднегодовое количество осадков	455,7	497,1	522,4	525,6	+69,9

Продолжение

1	2	3	4	5	6
Среднее количество осадков холодного периода (ноябрь–март)	123,4	144,6	155,0	155,6	+32,2
Среднее количество осадков теплого периода (апрель–октябрь)	332,3	352,5	367,4	370,0	+37,7

Потепление климата сопровождается увеличением годового количества осадков, которое составило за период 1931–2010 годы в среднем по краю +69,9 мм, при этом отмечается несколько больший прирост осадков теплого периода в сравнении с холодным на 5,5 мм.

За тридцать лет (1981–2010 гг.) в среднем по краю прибавилось +69,1 мм осадков (Таблица 3) по сравнению с периодом 1931–1960 годы (Таблица 2).

Таблица 3 – Динамика годового количества осадков по метеостанциям Ставропольского края за 1981–2010 годы

Метеостанция	Период			
	1981–1990	1991–2000	2001–2010	Среднее
1	2	3	4	5
Александровское	533,6	594,5	519,0	549,0
Арзгир	413,5	402,9	384,0	400,1
Благодарное	449,6	517,3	479,0	481,9
Буденновск	427,5	421,9	451,0	433,6
Георгиевск	544,1	519,3	579,0	547,4

Продолжение

1	2	3	4	5
Дивное	459,2	448,8	467,0	458,1
Зеленокумск	521,7	440,6	443,0	468,4
Изобильный	604,1	637,8	635,0	625,6
Кисловодск	662,6	643,9	689,0	665,1
Красногвардейское	573,9	561,2	543,0	559,3
Мин. Воды	512,7	505,0	532,0	516,7
Невинномысск	574,8	628,8	589,0	597,6
Новоалександровск	606,7	662,8	639,0	636,3
Рощино	403,5	363,7	395,0	387,4
Светлоград	522,4	506,0	505,0	511,1
Ставрополь	554,3	562,1	561,0	559,4
Среднее	522,8	526,0	525,6	524,8

При агроклиматическом районировании территории Ставропольского края, выполненном Л.И. Желнаковой и С.А. Антоновым (2011), выделение районов проведено по показателю влагообеспеченности (Таблица 4), а подрайонов – по теплообеспеченности лета (Таблица 5). В качестве показателя влагообеспеченности использовался гидротермический коэффициент (ГТК), а теплообеспеченности – сумма температур воздуха за период с температурами выше 10 °С. Для более дробной характеристики относительного показателя агроклиматических условий принимаются следующие показатели ГТК: менее 0,3 – очень сильная засуха (ОСЗ); 0,31–0,51 – сильная засуха (СЗ); 0,51–0,7 – средняя засуха (СрЗ); 0,71–0,9 – слабая засуха (СлЗ); 0,91–1,10 – оптимальное увлажнение (ОУ); более 1,10 – повышенное увлажнение (ПУ) [Методические указания... 1967].

Таблица 4 – Характеристика агроклиматических районов края
по увлажнению

Район	Характеристика по увлажнению	ГТК
I	Очень засушливый	0,5–0,7
II	Засушливый	0,7–0,9
III	Неустойчиво влажный	0,9–1,1
IV	Умеренно влажный	1,1–1,3
V	Избыточно влажный	>1,3

Таблица 5 – Характеристика подрайонов по теплообеспеченности лета

Подрайон	Характеристика лета по теплообеспеченности	Сумма температур (°С) за период со среднесуточной температурой воздуха выше 10 °С	Среднемесячная температура воздуха в июле, °С
а	Очень жаркое	3600	25
б	Жаркое	3400–3600	23–25
в	Умеренно жаркое	3200–3400	23–24
г	Недостаточно жаркое	3000–3200	21–23
д	Очень теплое	2800–3000	20–21

В соответствии с условиями влагообеспеченности (Таблица 4) и теплообеспеченности (Таблица 5) на территории Ставропольского края выделено пять агроклиматических районов (Рисунок 1).

По климатическим условиям Шпаковский район относится к неустойчиво влажному с ГТК = 0,9–1,1. Годовое количество осадков в среднем составляет 559,4 мм.

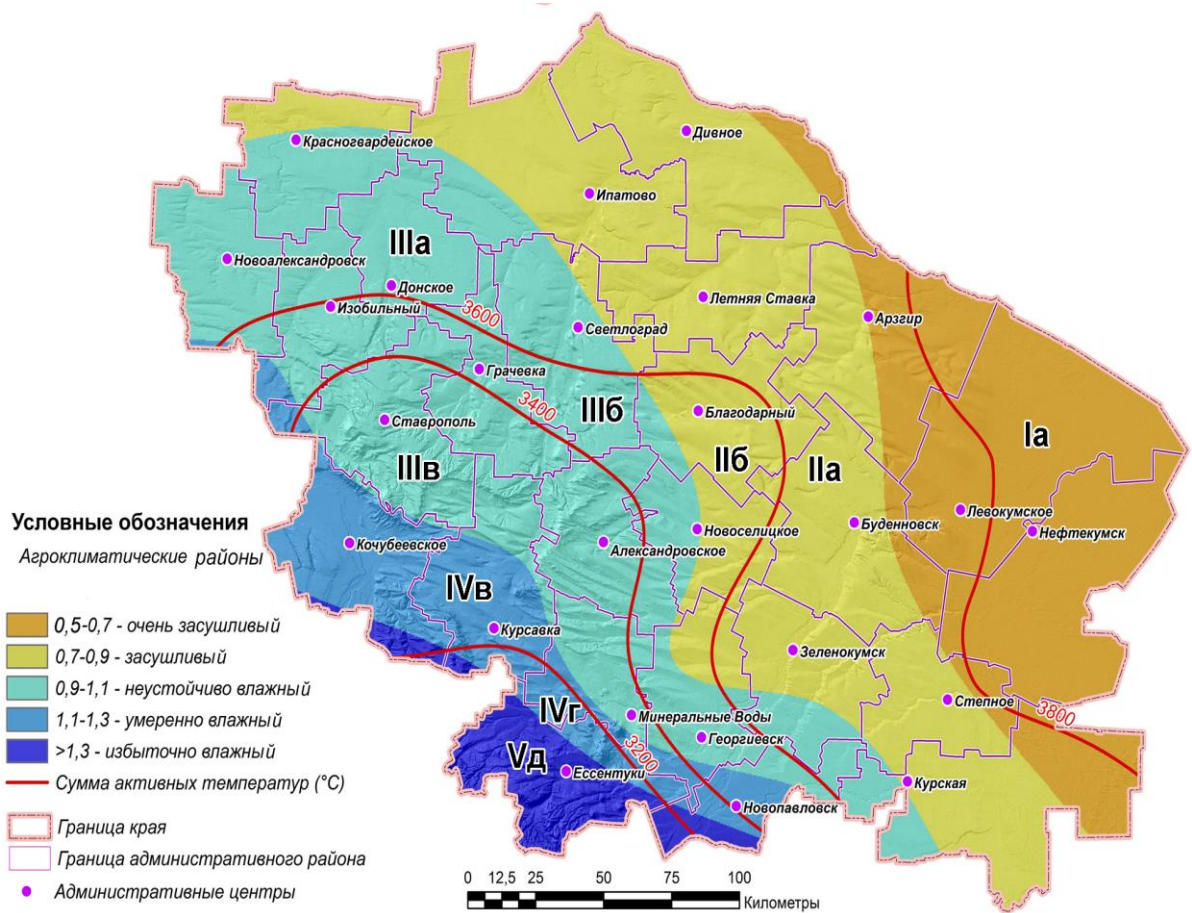


Рисунок 1 – Агроклиматическое районирование территории Ставропольского края (1981–2010 гг.)

По теплообеспеченности лета юго-запад и юг считаются недостаточно жаркими, остальная часть территории очень теплая (сумма температур выше 10°C составляет $2800\text{--}3000^{\circ}\text{C}$). Продолжительность безморозного периода $180\text{--}185$ дней, в центральной части – 175 дней.

Зима на всей территории умеренно мягкая (средняя из абсолютных минимумов температура воздуха изменяется от -20°C до -25°C). Наиболее холодный месяц – январь со средней месячной температурой $-3,5\text{--}4,5^{\circ}\text{C}$ и минимальной -32°C . Высота снежного покрова неустойчива и в среднем равна $10\text{--}12$ см. Повторяемость оттепелей составляет $50\text{--}55$ дней. В конце марта – начале апреля возобновляется вегетация озимых культур.

Лето довольно жаркое со средней месячной температурой июля $+20\text{--}24^{\circ}\text{C}$. Жарких дней (со средней суточной температурой воздуха выше $+20^{\circ}\text{C}$) больше всего на востоке: за лето в среднем $90\text{--}95$ дней. В центральной же части

не более 35–40 дней. Максимальная температура воздуха может повышаться до +37 °С в районе г. Стрижамент и до +43 °С на остальной территории.

Осадков за вегетационный период выпадает 350–400 мм. Атмосферные засухи повторяются часто. Почвы района подвержены водной и ветровой эрозии. Скорость дефляционно опасного ветра одна из самых больших по краю. На этой территории образуются такие ветровые коридоры, как Сенгилеевский и Дубовский.

В Сенгилеевском ось долины направлена с юго-востока на северо-запад, поэтому скорость воздушного потока увеличивается в 1,2–1,4 раза по сравнению с открытым ровным местом. После прохождения Сенгилеевского водохранилища скорость его еще усиливается, особенно в балках, оси которых направлены с юго-востока на северо-запад.

Дубовский ветровой коридор образуется в широкой балке реки Грачевка, ориентированной по направлению преобладающего восточно-юго-восточного ветра. На ветроударных склонах почва местами выдута до материнской породы.

В осенний и зимний периоды в Шпаковском районе господствуют восточные, юго-восточные и западные ветры со скоростью больше 5 м/с. Средние скорости ветров осенью 7–9 м/с, зимой 8–10 м/с. Лучше всего защищены от них склоны северной и северо-восточной экспозиций, извилистые долины. Долины, ориентированные в широтном и меридиональном направлениях, продуваются ветрами, причем скорость их здесь увеличивается.

Весна характеризуется наибольшей вероятностью выдувания. В летний период скорость дефляционного ветра снижается до 6–8 м/с. В этот сезон, как и весной, на большей части территории Шпаковского района преобладают ветры восточного и западного направлений.

Рельеф района расчлененный, особенно в западной части. Сенгилеевская котловина и Янкульская степь изрыты оврагами и подвержены водной эрозии. На горе Сенгилеевской овраги расположены радиально, длина их достигает 6 км. Начинаясь хорошо выраженным перепадом глубиной до 1,5 м,

они расширяются до 20–40 м и углубляются более чем на 10 м. Рост оврагов, смыв почвы с полей наблюдаются главным образом во время ливневых осадков. Повторяемость их за пять лет с интенсивностью 0,2 мм/мин составляет 16 дней, а 0,8 мм/мин – 7 дней.

Погодные условия в годы проведения исследований (2000–2006 гг.) в Шпаковском районе представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Показатель ГТК в различные периоды вегетации растений по Шпаковскому району (2000–2006 гг.)

Период вегетации	Показатель	Сельскохозяйственный год						
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Летне-осенний (VII–X)	ГТК	0,72	0,32	1,42	1,26	1,0	0,54	–
	Условия увлажнения	СлЗ	СЗ	ПУ	ПУ	ОУ	СрЗ	–
Весенне-летний (IV–VI)	ГТК	–	2,28	1,79	0,25	2,12	1,08	1,04
	Условия увлажнения	–	ПУ	ПУ	ОСЗ	ПУ	ОУ	ОУ

2000/2001 сельскохозяйственный год.

Летне-осенний период 2000 года характеризуется как слабо засушливый (ГТК = 0,72), при этом количество осадков октября было на –73 % ниже нормы, а температурный режим также ниже среднегодового (–1,7 °С), что повлияло на развитие озимых культур. В весенне-летний период 2001 года отмечалась повышенная влагообеспеченность в мае (+122 % от нормы) при несколько пониженном температурном режиме от нормы (–1,2 °С), что характеризует этот период как повышенно увлажненный с ГТК = 2,28.

2001/2002 сельскохозяйственный год.

Отмечается сильно засушливый летне-осенний период 2001 года с ГТК = 0,32, характеризующийся недобором осадков в июле и августе (–71 % и –97 % ниже нормы) при повышенном от нормы температурном режиме (+2,2 °С и +1,9 °С соответственно). В весенне-летний период 2002 года усло-

вия увлажнения июня превысили норму на +90 %, при пониженной температуре ($-1,1$ °C), что характеризует этот период как повышено увлажненный с ГТК = 1,79.

2002/2003 сельскохозяйственный год.

В 2002 году летне-осенний период с ГТК = 1,42 характеризовался избыточным увлажнением августа (+119 %) и сентября (+210 %) при пониженном тепловом режиме августа ($-1,5$ °C). Весенне-летний период 2003 года был засушливым с недобором осадков в апреле (-62 %), мае (-95 %) и июне (-70 %) и повышенной теплообеспеченностью мая ($+3,3$ °C). ГТК = 0,25 характеризует этот период как очень сильно засушливый.

2003/2004 сельскохозяйственный год.

Летне-осенний период 2003 года характеризуется достаточно увлажненным периодом июля – октября с превышением суммы осадков от нормы в июле и октябре соответственно на +137 и +175 % с несколько пониженной температурой сентября ($-1,4$ °C от нормы), что благоприятно сказалось на развитии озимых культур. ГТК = 1,26, что характеризует этот период как повышено увлажненный. В весенне-летний период 2004 года отмечается увеличенное от нормы количество осадков апреля (+38 %) и июня (+80 %) с несколько пониженной теплообеспеченностью ($-0,5$ – $1,3$ °C) от нормы. ГТК = 2,12, что соответствует повышено увлажненному периоду, благоприятному для развития пропашных культур.

2004/2005 сельскохозяйственный год.

Повышенное увлажнение августа (+115 %) и пониженное сентября (-44 %) в летне-осенний период 2004 года с превышением теплообеспеченности сентября от нормы на $+1,1$ °C сформировали режим оптимального увлажнения с ГТК = 1,0. Весенне-летний период 2005 года с майскими осадками выше нормы на +19 % характеризуется как оптимально увлажненный (ГТК = 1,08).

2005/2006 сельскохозяйственный год.

Летне-осенний период 2005 года характеризуется исключительно засушливым периодом июля, августа и сентября с дефицитом влагообеспеченности соответственно на -36 , -92 и -77 % от нормы при повышенной теплообеспеченности в пределах $+0,9$ – $2,8$ °С. ГТК = $0,54$, что характеризует период как средне засушливый. Отмечается нормативное количество осадков апреля – мая 2006 года с его снижением в июне (-45 %) при повышенной теплообеспеченности ($+2,3$ °С). ГТК = $1,04$, что соответствует оптимально увлажненному периоду.

Климат Красногвардейского района неустойчиво влажный, ГТК = $0,9$ – $1,1$. За год выпадает в среднем $559,3$ мм осадков. По теплообеспеченности район делится на два подрайона: жаркий и умеренно жаркий. Сумма температур за период активной вегетации колеблется от 3200 до 3500 °С. Начало зимы приходится на первую пятидневку декабря. Зима умеренно мягкая, со среднемесячной температурой воздуха в январе от $3,5$ до 5 °С. Минимальные температуры могут достигать $+34$ °С. Снежный покров высотой 5 – 8 см формируется в начале декабря и окончательно сходит в конце февраля – начале марта.

Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °С в сторону повышения, т. е. начало весны приходится на 7 – 8 марта. Весенние заморозки прекращаются обычно в середине апреля, поздние могут быть в первой декаде мая.

Лето начинается 6 – 12 мая и заканчивается 22 – 26 сентября. Оно жаркое и сухое. Среднемесячная температура июля $+23$ – 24 °С, максимальная $+42$ °С. Осадки кратковременные, преимущественно ливневые. За период активной вегетации выпадает 250 – 300 мм.

Осень теплая и продолжительная, но возвраты холодов и заморозков довольно часты. Осенние заморозки обычно начинаются 15 – 20 октября, ранние возможны в середине сентября. Конец осени наступает в первой пятидневке декабря. Безморозный период продолжается 180 – 190 дней.

Важными показателями, характеризующими конкретно складывающиеся агроклиматические условия сельскохозяйственного года, являются: влагообеспеченность, теплообеспеченность (сумма температур воздуха за период с температурами выше 10 °С) и относительный показатель – ГТК по периодам вегетации растений. Принимаются следующие градационные показатели условий засухи и увлажнения по показателю ГТК: <0,3 – очень сильная засуха (ОСЗ); 0,31–0,50 – сильная засуха (СЗ); 0,51–0,7 – средняя засуха (СрЗ); 0,71–0,9 – слабая засуха (СлЗ); 0,91–1,1 – оптимальное увлажнение (ОУ); >1,1 – повышенное увлажнение (ПУ) (Методические указания... 1967). Климатические условия в годы проведения исследований (2009–2012 гг.) в Красногвардейском районе по относительному показателю ГТК представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Показатель ГТК в различные периоды вегетации растений по Красногвардейскому району (2009–2012 гг.)

Период вегетации	Показатель	Сельскохозяйственный год			
		2009	2010	2011	2012
Летне-осенний (VII–X)	ГТК	0,82	0,31	0,87	–
	Условия увлажнения	СлЗ	СЗ	СлЗ	–
Весенне-летний (IV–VI)	ГТК	–	0,81	1,57	0,81
	Условия увлажнения	–	СлЗ	ПУ	СлЗ

2009/2010 сельскохозяйственный год.

Слабо засушливый летне-осенний период 2009 года с ГТК = 0,82 характеризуется увлажненным августом и сентябрем (+29 и +74 % от нормы), но значительным снижением осадков в октябре (–93 %) и повышенной температурой (+2,7 °С). В весенне-летний период 2010 года отмечался засушливый апрель и июнь (снижение соответственно –35 и –77 % от нормы) с по-

вышенной температурой июня (+3,3 °С), что характеризует этот период также как слабо засушливый с ГТК = 0,81.

2010/2011 сельскохозяйственный год.

Летне-осенний период 2010 года характеризуется как сильно засушливый (ГТК = 0,31) с недобором осадков в августе и сентябре (соответственно –96 и –31 % от нормы) и повышением температуры от нормы соответственно на +4,5 и +3,1 °С. В весенне-летний период 2011 года условия увлажнения благоприятные (превышение в мае +72 %), что характеризует этот период как повышенно увлажненный с ГТК = 1,57.

2011/2012 сельскохозяйственный год.

Осень 2011 года характеризуется слабой засушливостью (ГТК = 0,87) с систематическим недобором осадков июля – сентября (–15–33 % от нормы), с повышенной температурой в июле (+2,4 °С). В весенне-летний период 2012 года так же наблюдался недобор осадков в апреле и мае (–33 и –27 % от нормы) при повышенной температуре (+4,4 и +3,5 °С соответственно). Этот период с ГТК = 0,81 характеризуется как слабо засушливый.

Андроповский район входит в умеренно-влажную зону с ГТК = 1,1–1,3. Зима здесь малоснежная, неустойчивая, минимальная температура воздуха –25 °С. Переход среднесуточной температуры воздуха через 10 °С в сторону похолодания происходит в середине октября, через +5 °С – в первую декаду ноября, через 0 °С – не позднее 5 декабря.

Самый холодный месяц – январь, со среднемесячной температурой воздуха +9 °С. Продолжительность снежного периода – 63 дня, число дней с оттепелями равно 60. В малоснежные зимы почва промерзает до 40 см. Переход среднесуточной температуры через 0 °С весной происходит в первой декаде марта. Прогревание почвы до 10 °С на глубине заделки семян на большей части территории района наблюдается 10–15 апреля. Продолжительность безморозного периода 190 дней. Лето жаркое и сухое, среднемесячная температура воздуха в июле +27 °С.

Среднегодовое количество осадков в среднем 557,1 мм, сезонное их распределение неравномерно. До 70 % выпадает за апрель – октябрь. Основной запас влаги в почве создается весенне-осенними осадками. Засуха наблюдается ежегодно, число засушливых дней в году с относительной влажностью воздуха менее 30 % равно 45. В целом микроклимат района отличается от климата окружающей территории частыми туманами в зимне-осенний период, повышенной влажностью весной и жаркой погодой летом.

Погодные условия в годы проведения исследований (2009–2012 гг.) в Андроповском районе представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Показатель ГТК в различные периоды вегетации растений по Андроповскому району (2009–2012 гг.)

Период вегетации	Показатель	Сельскохозяйственный год			
		2009	2010	2011	2012
Летне-осенний (VII–X)	ГТК	1,01	0,59	0,85	–
	Условия увлажнения	ОУ	СрЗ	СлЗ	–
Весенне-летний (IV–VI)	ГТК	–	1,22	1,79	1,75
	Условия увлажнения	–	ПУ	ПУ	ПУ

2009/2010 сельскохозяйственный год.

В 2009 году летне-осенний период характеризовался избыточным увлажнением сентября (+224 % от нормы) и дефицитом влаги в октябре (–65 %) при пониженном тепловом режиме августа (–1,9 °С), что характеризует этот период как оптимально увлажненный (ГТК = 1,01). Весенне-летний период 2010 года характеризуется как период достаточно увлажненный (превышение от нормы в июне составило 18 %), ГТК = 1,22, что характеризует этот период как повышено увлажненный.

2010/2011 сельскохозяйственный год.

Летне-осенний период 2010 года характеризовался засушливым периодом августа и сентября со снижением количества осадков от нормы соответственно на -31 и -36 % при превышении температуры на $+3,5$ и $+2,5$ °С, что неблагоприятно сказалось на развитии озимых культур. ГТК, равное $0,59$, характеризует этот период как средне засушливый. В весенне-летний период 2011 года отмечается увеличенное от нормы количество осадков апреля ($+38$ %) и июня ($+76$ %) с несколько пониженной теплообеспеченностью апреля ($-1,9$ °С) от нормы. ГТК = $1,79$, что соответствует повышено увлажненному периоду, благоприятному для развития пропашных культур.

2011/2012 сельскохозяйственный год.

Отмечается засушливость летне-осеннего периода 2011 года с дефицитом влагообеспеченности в июле и октябре соответственно на -37 и -19 % от нормы, при повышенной теплообеспеченности июля, равной $+2,5$ °С. ГТК = $0,85$, что характеризует этот период как слабо засушливый. Увеличенное количество осадков от нормативного в мае ($+57$ %) и июне ($+102$ %) 2012 года при избыточной теплообеспеченности апреля ($+5,0$ °С) соответствует повышено увлажненному периоду с ГТК = $1,75$, благоприятному для развития пропашных культур.

На территории Георгиевского района выпадает в среднем $547,4$ мм осадков, ГТК составляет $0,9-1,1$. Переход температуры через 0 °С (начало зимы) приходится на первую декаду декабря. Зима умеренно мягкая. Среднемесячная температура января $-3-5$ °С, минимальная -32 °С. Средняя высота снежного покрова около 10 см, а в отдельные годы может достигать до $75-80$ см, но снежный покров неустойчив. Сход снега наблюдается в начале марта. Весна обычно наступает в конце первой декады марта. Весенние заморозки заканчиваются в середине апреля, а наиболее поздние – в конце мая. Средняя температура июня $+22-24$ °С. Максимальные температуры могут достигать до $+41-42$ °С. Осадков за период активной вегетации выпадает $300-350$ мм. Число дней с суховеями здесь доходит до $60-80$.

Осень наступает в конце сентября. Осенние заморозки наблюдаются с 15–20 октября. Продолжительность безморозного периода 180–195 дней. Сумма температур выше 10 °С колеблется по годам и составляет от 3200 до 3400 °С. Показатель ГТК в период проведения исследований представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Показатель ГТК в различные периоды вегетации растений по Георгиевскому району (2009–2012 гг.)

Период вегетации	Показатель	Сельскохозяйственный год			
		2009	2010	2011	2012
Летне-осенний (VII–X)	ГТК	1,68	0,9	1,11	–
	Условия увлажнения	ПУ	СлЗ	ПУ	–
Весенне-летний (IV–VI)	ГТК	–	0,8	0,98	1,19
	Условия увлажнения	–	СлЗ	ОУ	ПУ

2009/2010 сельскохозяйственный год.

Летне-осенний период 2009 года с избыточным увлажнением июля (+97 %) и сентября (+368 %) при пониженном тепловом режиме августа (–2 °С) характеризуется как повышено увлажненный (ГТК = 1,68). Весенне-летний период 2010 года характеризуется засушливым периодом мая (–34 %) и июня (–49 % от нормы) при повышенной температуре июня +3,6 °С от нормы. ГТК = 0,8 характеризует этот период как слабо засушливый.

2010/2011 сельскохозяйственный год.

В 2010 году летне-осенний период характеризовался как слабо засушливый с ГТК = 0,9 (дефицит влаги июля –7 %, августа –10 % от нормы) при повышенном температурном режиме от нормы августа (+2,8 °С) и сентября (+2,4 °С). В весенне-летний период 2011 года отмечается увеличенное от нормы количество осадков апреля (+58 %) и пониженное июня (–46 %) с не-

сколько пониженной теплообеспеченностью апреля ($-2,1$ °С) от нормы. ГТК = 0,98, что соответствует оптимально увлажненному периоду.

2011/2012 сельскохозяйственный год.

Повышенная влагообеспеченность июля (+37 %) и сентября (+173 %) летне-осеннего периода 2011 года при повышенной теплообеспеченности июля, равной $+2,5$ °С от нормы, характеризует этот период как повышено увлажненный с ГТК = 1,11. Отмечается увеличенное количество осадков от нормативного в июне 2012 года (+76 %). ГТК = 1,19, что соответствует повышено увлажненному периоду, благоприятному для развития пропашных культур.

Климат Буденновского района формируется под влиянием юго-западной периферии азиатского антициклона и зимней черноморской депрессии, сопряженная зависимость между которыми определяет поступление и трансформацию воздушных масс над территорией. Отсутствие орографических препятствий с севера и востока способствует свободному проникновению холодных зимой и жарких летом сухих воздушных масс. Поэтому климат районов отличается резкой континентальностью с жарким сухим летом и относительно холодной зимой.

В силу своего географического положения Буденновский район получают большое количество солнечной радиации, в связи с чем здесь наблюдается обилие солнечного света и тепла. Среднегодовые температуры воздуха находятся в пределах от $+9,7$ до $+10,6$ °С. Средняя температура воздуха самого жаркого месяца в году (июля) колеблется от $+23,5$ до $+25$ °С, самого холодного (января) от $-4,6$ до $-3,5$ °С. Абсолютный максимум температуры воздуха достигает $+42-43$ °С, абсолютный минимум $-33-37$ °С. Таким образом, годовая амплитуда экстремных температур воздуха равна $75-80$ °С, что говорит о резкой континентальности климата. Продолжительность теплого периода (периода с температурами выше 0 °С) составляет 262 дня.

Влагообеспеченность территории района определяется главным образом количеством выпадающих осадков, режим которых обуславливается

циркуляцией воздушных масс, особенно развитой в холодное время года. Годовое количество осадков составляет по Буденновскому району в среднем 433,6 мм с ГТК = 0,7–0,9. Таким образом, на рассматриваемой территории для выращивания сельскохозяйственных культур лимитирующим фактором является влага.

Относительные агроклиматические условия (ГТК) проведения исследований по Буденновскому району представлены в таблице 10.

2000/2001 сельскохозяйственный год.

Летне-осенний период 2000 года характеризуется как сильно засушливый (ГТК = 0,5), при этом количество осадков июля было на –47 % ниже нормы, а октября на –59 %, а температурный режим июля и августа был выше среднегодовалого на +2,3 и +1,1 °С соответственно, что повлияло на развитие озимых культур. В весенне-летний период 2001 года отмечалась повышенная влагообеспеченность (в апреле +25 %, в мае +57 % от нормы) при несколько пониженной температурной норме апреля (–1,3 °С), что характеризует этот период как оптимально увлажненный с ГТК = 1,1.

Таблица 10 – Показатель ГТК в различные периоды вегетации растений по Буденновскому району, 2000–2006 гг.

Период вегетации	Показатель	Сельскохозяйственный год						
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Летне-осенний (VII–X)	ГТК	0,5	0,19	1,06	0,78	0,6	0,38	–
	Условия увлажнения	СЗ	ОСЗ	ОУ	СлЗ	СрЗ	СЗ	–
Весенне-летний (IV–VI)	ГТК	–	1,1	1,08	0,92	0,77	0,88	0,8
	Условия увлажнения	–	ОУ	ОУ	ОУ	СлЗ	СлЗ	СлЗ

2001/2002 сельскохозяйственный год.

Очень сильно засушливый (ГТК = 0,19) летне-осенний период 2001 года с недобором осадков в июле и августе (–70 и –45 % от нормы) при превышенном от нормы температурном режиме (+2,1 и +1,7 °С соответственно) отрицательно повлиял на развитие озимых колосовых культур. В весенне-летний период 2002 года условия увлажнения июня превысили норму на +35 % при пониженной температуре (–1,3 °С от нормы), что характеризует этот период как оптимально увлажненный с ГТК = 1,08.

2002/2003 сельскохозяйственный год.

Избыточно увлажненный август (+134 %) и сентябрь (+108 %) при пониженном тепловом режиме августа (–1,8 °С) характеризует летне-осенний период 2002 года как оптимально увлажненный (ГТК = 1,06). Весенне-летний период 2003 года характеризуется повышенным увлажнением в мае (+13 %) при пониженном температурном режиме апреля и июня (–2,7 и –1,7 °С соответственно). ГТК = 0,92, что соответствует оптимально увлажненному периоду.

2003/2004 сельскохозяйственный год.

Достаточно увлажненный период июля и октября с превышением суммы осадков от нормы соответственно на +103 и +86 %, с несколько пониженной температурой июля (–1,8 °С) летне-осеннего периода 2003 года благоприятно сказался на развитии озимых культур. ГТК, равный 0,78, характеризует этот период как слабо засушливый. В весенне-летний период 2004 года отмечается увеличенное от нормы количество осадков апреля (+40 %), но пониженное увлажнение мая (–90 %) с несколько пониженной теплообеспеченностью апреля (–0,4 °С от нормы). Этот период с ГТК = 0,77 характеризуется как слабо засушливый.

2004/2005 сельскохозяйственный год.

Пониженное увлажнение июля (–22 %) и августа (–45 %) в летне-осенний период 2004 года с превышением теплообеспеченности от нормы в августе на +0,8 °С сформировало средне засушливый режим увлажнения с ГТК = 0,6. Весенне-летний период 2005 года с апрельскими осадками выше

нормы на +63 % и июньскими осадками ниже нормы на –62 % при повышенном температурном режиме мая (+1,6 °С от нормы) характеризуется как слабо засушливый (ГТК = 0,88).

2005/2006 сельскохозяйственный год.

Летне-осенний период 2005 года характеризуется исключительно засушливым периодом июля, августа и сентября с дефицитом влагообеспеченности соответственно на –58 , –96 и –15 % от нормы при повышенной теплообеспеченности соответственно на +1,2, +1,4 и +2,3 °С. ГТК = 0,38, что характеризует этот период как сильно засушливый, неблагоприятный для развития озимых культур. Отмечается пониженное количество осадков в апреле (–32 %) и повышенное в мае (+51 %) в 2006 году при повышенной теплообеспеченности июня (+2,1 °С), что соответствует слабо засушливому периоду с ГТК = 0,8.

2.2. Почвы зон исследований и опытных полей

На обширной территории Ставропольского края выделяются два преобладающих типа почв, интенсивно используемых в земледелии: черноземы и каштановые почвы (Рисунок 2). Черноземы распространены в западной половине края и занимают 37,5 % его территории, а каштановые почвы, находящиеся преимущественно в восточной зоне – 43 %. Остальная ее часть приходится на солонцы, солончаки, пески, пойменные и луговые почвы (Куприченков, 2007). Среди черноземов выделяются подтипы предгорных, выщелоченных, типичных, обыкновенных, солонцеватых и южных. Среди каштановых почв – темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые.

Основную площадь зоны черноземов занимают обыкновенные (19,8 %). Предгорные, выщелоченные и типичные почвы распространены в предгорьях и центральной части Ставропольской возвышенности (0,9 %). Солонцеватые слитые черноземы слагают территорию Предкавказской впадины по линии Невинномыск – Курсавка – Минеральные Воды (Армавирская депрессия, Янкульская котловина). Площадь их, не включая солонцы, составляет 6,4 % территории края. Черноземы южные тянутся неширокой по-

лосой (менее 70 км) по границе между зонами черноземов и каштановых почв, занимая площадь 10,4 %.

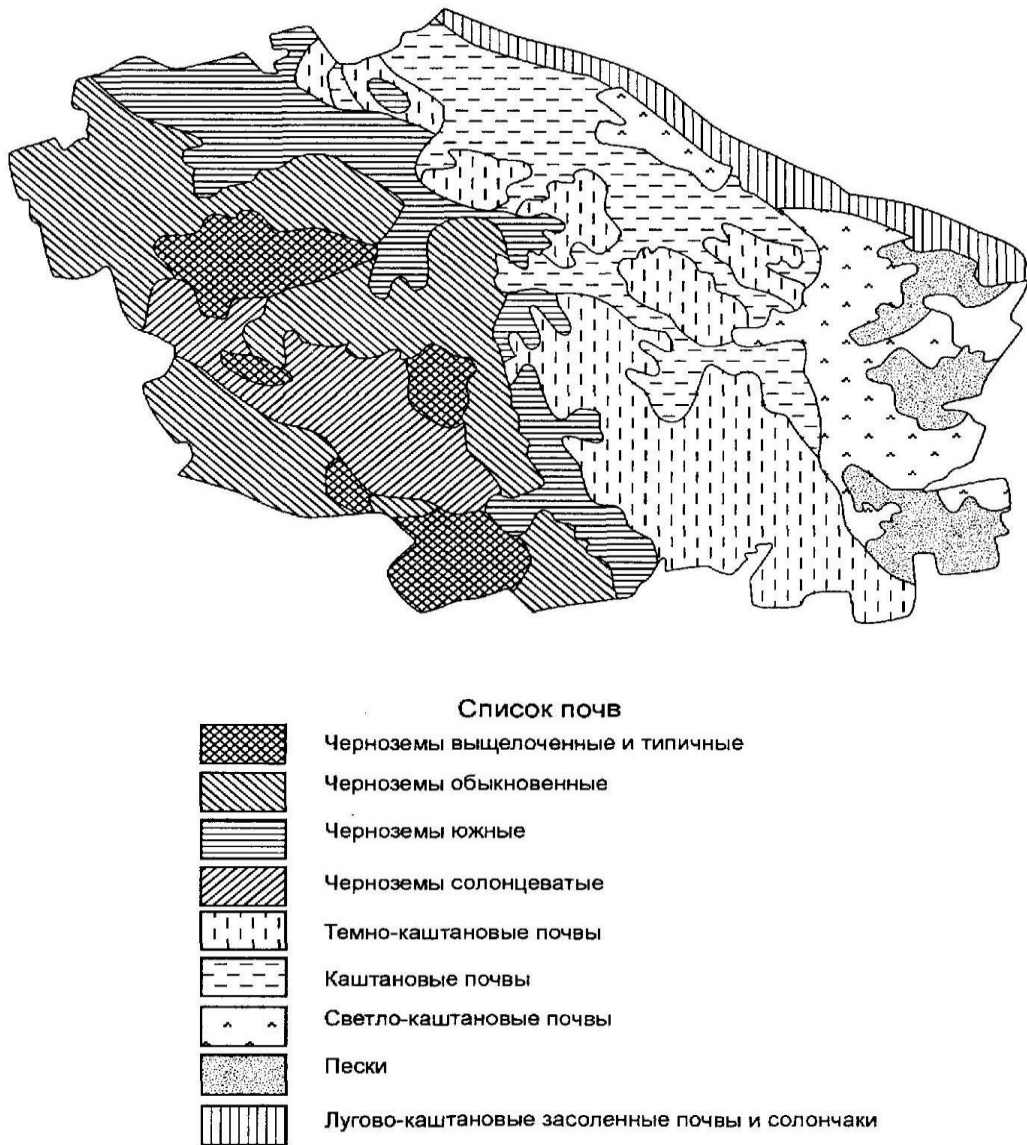


Рисунок 2 – Распространение основных типов почв на территории
Ставропольского края

В географии каштановых почв прослеживается следующая закономерность: южнее линии Курская – Зеленокумск – Благодарный доминируют темно-каштановые почвы (20 %), целиком преобладавая в некоторых административных районах. По мере продвижения к северу и северо-западу они постепенно сменяются каштановыми почвами (16,6 %), а те в свою очередь – солонцеватыми с нарастанием доли участия солонцов, которые на верхних

террасах Маныча уже становятся доминантами почвенных комплексов. Светло-каштановые почвы (6,4 %) занимают самостоятельный ареал и строго приурочены к оконечностям Прикаспийской низменности. Здесь почвенный покров исключительно комплексный: с солонцами, солончаками, песками.

Почвы Шпаковского района – черноземы обыкновенные тяжело-среднесуглинистые, черноземы выщелоченные глинистые, черноземы солонцеватые глинистые и тяжелосуглинистые. Черноземы выщелоченные сформировались в зоне луговых степей с богатыми лугово-степными сообществами. Почвообразующими породами выступают лессовидные суглинки, элювий плотных пород (известняков, песчаников, сланцев), делювиальные скелетные суглинки, реже супеси.

Почва опытного поля СНИИСХ – чернозем обыкновенный малогумусный среднемощный среднесуглинистый. Мощность гумусовых горизонтов А + В составляет в среднем 111 см при мощности горизонта А 34 см. Плотность пахотного горизонта не превышает 1,17, возрастая в почвообразующей породе до 1,44 г/см³. Общая пористость 55 %. Содержание гумуса в слое 0–20 см составляет 4,26 %, подвижного фосфора 15, обменного калия 200 мг/кг почвы. Реакция почвенного раствора рН 6,83 возрастает к материнской породе до 8,50.

Почвы Красногвардейского района – черноземы обыкновенные тяжело-среднесуглинистые и черноземы южные тяжело-среднесуглинистые. Они сформировались под разнотравно-типчаково-ковыльными, разнотравно-дерновинно-злаковыми и дерновинно-злаковыми степями. В качестве почвообразующих пород представлены карбонатные лессовидные суглинки тяжело- и среднесуглинистого мехсостава. Это рыхлые, пористые породы, насыщенные карбонатами и содержащие очень низкий процент легкорастворимых солей (не более 0,08 %). Их плотность колеблется в пределах 1,30–1,43 г/см³, уплотнение отсутствует.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный слабогумусированный среднемощный на лессовидных суглинках. Мощность гуму-

совых горизонтов 82 см при мощности гор. А 28 см. Плотность пахотного слоя 1,14, а в материнской породе 1,35 г/см³, пористость 60 %. Содержание гумуса в слое 0–20 см составляет 2,9 %, подвижного фосфора 16, обменного калия 494 мг/кг почвы. Реакция почвенного раствора рН 8,05 с поверхности до 8,35 в материнской породе.

Почвы Андроповского района находятся в зоне черноземов, в подзоне солонцеватых черноземов с признаками слитности почвенного профиля. Почвенным обследованием здесь установлено 126 разновидностей черноземов, солонцов, сочетаний различных почв в разных процентных отношениях, различного механического состава, на одинаковых почвообразующих породах [Система ведения... 1989].

Черноземы предгорные выщелоченные занимают пологие склоны, вершины водоразделов и представлены мощными, среднемощными и маломощными эродированными разновидностями механического состава, подстилаются некарбонатными почвообразующими породами. Содержание гумуса в пахотном слое 5,5–7,0 %, обеспеченность фосфором низкая (8–11 мг/кг), калием – средняя.

Черноземы обыкновенные и карбонатные занимают широкие плоские равнины, вершины водоразделов и склоны увалов на делювиальных суглинках и содержат 4,5–5,5 % гумуса в пахотном горизонте. Солонцеватые разновидности черноземов, сформированные на засоленных глинах, занимают покатые и пологие склоны, содержание гумуса в верхнем горизонте равно 4,5–5,5 %.

Солонцы, широко распространенные и развитые на делювиальных засоленных отложениях, встречаются крупными массивами в чистом виде и в комплексах с другими почвами в разном количественном отношении. Есть солончаковые и солончаковатые разновидности, которые отличаются плохими водно-физическими и физико-химическими свойствами, водопроницаемость их низкая, высок коэффициент устойчивого завядания растений.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный солонцеватый среднесильноглубокосолончаковатый слабогумусированный среднемощный тя-

желосуглинистый на засоленных палеогеновых глинах. Мощность гумусовых горизонтов в среднем 96 см при мощности гор. А 33 см. Плотность с поверхности составляет 1,20, увеличиваясь с глубиной до 1,54 г/см³, пористость от 53 до 42 % соответственно. Содержание элементов питания в слое 0–20 см составляет: гумуса – 3,42 %, подвижного фосфора – 24,4, обменного калия – 315 мг/кг почвы. Реакция почвенного раствора рН 7,8.

Почвы Георгиевского района расположены в третьей неустойчиво влажной зоне в переходной полосе от зоны черноземов к зоне каштановых почв. Вследствие этого почвенный покров довольно разнообразен: в западной части преобладают черноземы карбонатные, мощные и среднемощные, средне- и малогумусные, а также южные черноземы, среднемощные слабогумусные и комплекс черноземов солонцеватых, среднемощных малогумусных, с солонцами и лугово-черноземными почвами. В восточной части распространены темно-каштановые почвы, по пониженным элементам рельефа – лугово-каштановые почвы. Средняя глубина промачивания почв атмосферными осадками 1,5–2,3 м, среднегодовой коэффициент увлажнения (0,5–0,6) обуславливает непромывной тип водного режима.

Для черноземов характерен тяжело-среднесуглинистый механический состав, однородный по профилю со значительным содержанием кальциевых солей, возрастающим с 1 % в пахотном слое до 17 % в нижней части профиля. В естественном состоянии микроструктура хорошая, но при распашке ухудшается. Почвы имеют удовлетворительные физические свойства: плотность верхнего горизонта (1,1 г/см³) с глубиной возрастает до 1,4 г/см³, плотность твердой фазы 2,62–2,70 г/см³. Пористость высокая и составляет до 55 %. Почвы обладают хорошими водоудерживающими свойствами: ППВ в слое 0,5 м составляет 1500–1700 м³/га. Содержание гумуса колеблется от 4,5 до 7 %, его запасы в слое 1 м равны на карбонатных черноземах 400 т/га, на южных – 300 т/га. Почти половина запасов гумуса приходится на верхний 30-сантиметровый слой. Валовое содержание фосфора равно 0,11–0,16 %. Высокая карбонатность черноземов препятствует хорошей усвояемости фосфор-

ных соединений, вносимых с удобрениями, и они по доступности приближаются к почвенным фосфатам. Мощность гумусных горизонтов (А+В) колеблется в пределах 65–90 см. Таким образом, черноземы Георгиевского района характеризуются достаточно высоким плодородием, большим запасом гумуса и пригодны для возделывания всех сельскохозяйственных культур.

Почва опытного участка темно-каштановая карбонатная тяжелосуглинистая на лессовых суглинках. Мощность горизонта А + В 70 см при мощности гор. А 24 см. Плотность горизонта А 1,22 г/см³ при пористости 53 %. Содержание гумуса в слое 0–20 см составляет 2,6 %, подвижного фосфора 18, обменного калия 318 мг/кг почвы. Реакция почвенного раствора рН 8,2.

Почвы Буденновского района представлены светло-каштановыми среднесуглинистыми, каштановыми среднесуглинистыми и темно-каштановыми тяжелосуглинистыми почвами. Для светло-каштановых почв характерна мощность гумусового горизонта до 40 см, слабая гумусированность (1,93 %) и вследствие этого – низкие запасы гумуса, составляющие в метровом слое 124 т/га. Неблагоприятными в сельскохозяйственном отношении свойствами светло-каштановых почв являются значительная распыленность структуры, как следствие легкого мехсостава, высокая плотность (1,32–1,43 г/см³), солонцеватость и близкое к поверхности залегание солевого горизонта. При бонитировке светло-каштановые почвы зоны оценены в 29 баллов. Почвообразующими породами каштановых и темно-каштановых почв являются лессовидные суглинки. Эти почвы имеют более темную окраску и большую мощность гумусового горизонта, составляющую в среднем 55–70 см, содержание гумуса – 2,68–3,29 %, запасы гумуса в метровом слое составляют 173–232 т/га. Физические свойства каштановых и темно-каштановых почв в основном удовлетворительные, за исключением солонцеватых разновидностей этих почв, которые отличаются существенным ухудшением водно-физических и физических свойств. По бонитировочной классификации каштановые почвы оценены в 40, темно-каштановые в 50 баллов.

Почва стационарного опыта Прикумской ОСС светло-каштановая карбонатная среднесуглинистая на лессовых суглинках. Мощность горизонтов А + В 40 см при мощности гор. А 18 см. Плотность гор. А 1,32, а в материнской породе 1,43 г/см³ при общей пористости от 50 до 47 %. Содержание гумуса в слое 0–20 см составляет 1,33 %, подвижного фосфора 16,7, обменного калия 390 мг/кг почвы, реакция почвенного раствора рН 7,0.

2.3. Методика исследований

На черноземе обыкновенном различные системы основной обработки почвы изучались в пятипольном зернопропашном севообороте: занятый пар (вико-овсяная смесь) – озимая пшеница – озимая пшеница – кукуруза на зеленую массу – озимый ячмень.

Опыт закладывался на трех участках площадью 1,7 га (Рисунок 3). Делянки расположены в два яруса. Размеры учетной делянки $24 \times 7 = 168 \text{ м}^2$. Опыт закладывался в 3-кратной повторности на двух фонах: удобренном и неудобренном с поперечным расщеплением ярусов для обработки приспособлением Е-УПП.

Лушение стерни осуществлялось серийным орудием БДТ-3 на глубину 6–8 см в два следа. В опыте изучались следующие виды обработки: отвальная обработка (плуг ПЛН-4-35) на глубину 20–22 см, безотвальное рыхление (комбинированный агрегат КАО-2) на глубину 25–27 см, чизелевание (плуг ПЧ-2,5) на глубину 20–22 см, мелкая культивация (культиватор КПЭ-3,8) на 12–14 см, два варианта поверхностной обработки: тяжелой дисковой бороной БДТ-3 и культиватором КПС-4 на глубину 6–8 см. В одном из вариантов предполагалось изучение чередования обработок под отдельные культуры севооборота (под занятый пар – КАО-2, озимую пшеницу – КПЭ-3,8, 2-ю озимую пшеницу – ПЛН-4-35, кукурузу на зеленую массу – ПЧ-2,5, озимый ячмень – БДТ-3).

Орудиями в агрегате с комбинированным дорабатывающим приспособлением Е-УПП обрабатывалась половина удобренного и неудобренного

ярусов, что позволяло осуществлять визуальный контроль за качеством обработки почвы.

Предпосевные культивации проводились культиватором КПС-4 + 4БЗСС-1,0. Система удобрений и гербицидов представлена в таблице 11. Сорт озимой пшеницы – Красота селекции КНИИСХ. Посев всех культур проводился в оптимальные сроки в соответствии с принятой в зоне технологией. Ниже приводятся технологические характеристики орудий нового поколения.

Таблица 11 – Система удобрений и гербицидов в севообороте

Культура севооборота	Удобрение				Гербицид		
	Дозы, кг д. в.			Сроки и способы внесения	Наименование	Дозы по д. в., кг/га	Сроки внесения
	Н	Р	К				
Вико-овсяная смесь	90	90	90	НРК под основную обработку	–	–	–
Озимая пшеница	35	–	–	Под предпосевную культивацию	2,4-Д	1,0	Фаза кущения
Озимая пшеница	60	–	–	Под предпосевную культивацию	2,4-Д	1,0	Фаза кущения
Кукуруза на зеленую массу	70	70	70	Под основную обработку	2,4-Д	1,5	1–4 листа сорняков, 2-я половина мая
Озимый ячмень	–	–	–	–	2,4-Д	1,5	Фаза кущения

Агрегат КАО-2 – двухъярусный комбинированный агрегат, предназначенный для основной безотвальной обработки почвы, имеет рабочие органы, которые отделяют и измельчают верхний слой почвы 8–10 см, одновременно подрезают сорняки с мелкозалегающей корневой системой. Кроме

того, нижнее долото разрушает уплотненный почвенный горизонт, образовавшийся в результате воздействия ходовых систем тракторов. Агрегат формирует водопоглощающие щели на глубине 25–27 см. С его помощью можно эффективно обрабатывать почвы с малым плодородным слоем, на которых недопустим оборот пласта, и сохранять не менее 50 % пожнивных остатков на стерневых полях.

Универсальное приспособление Е-УПШ к плугам и плоскорезам предназначено для энерго-влагосберегающих технологий возделывания зерновых и пропашных культур в различных почвенно-климатических зонах Ставропольского края. Приспособление имеет в своей конструкции систему катков типа ККШ-6 и игольчатых борон типа БИГ-3, а также мульчирующий гребенчатый каток и позволяет разделять, выравнивать, уплотнять и разрыхлять верхний слой почвы (4–6 см). Оно может использоваться как в агрегате с отвальными и безотвальными орудиями, так и самостоятельно.

1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

1				
2				
3				
4				
5				
6				
7	Е-УПП			Е-УПП
	У			Н/У

Н/У – неудобренный; **У** – удобренный; **Е-УПП** – приспособление .

Орудия : 1 – культиватор КПЭ-3,8; 2 – чизель ПЧ-2,5; 3 – плуг ПН-4-35; 4 – агрегат КАО-2; 5 – борона БДТ-3; 6 – культиватор КПС-4; 7 – чередование обработок

Рисунок 3 – Схема стационарного опыта лаборатории обработки почв

Минимализация систем основной обработки почвы под кукурузу на зерно на черноземе обыкновенном изучалась в опыте, заложенном в одном почвенном массиве 3 участками с размерами $500 \times 100 \text{ м} = 50000 \text{ м}^2$. Размер реперных участков для проведения агрофизических исследований и биологического учета урожая $50 \times 50 = 2500 \text{ м}^2$. Предусматривалось изучение трех вариантов основной обработки почвы: весенней комбинированной обработки на глубину 8–10 см агрегатом «Sanflower» на фоне летне-осеннего применения гербицидов сплошного действия; мелкой обработки культиватором на глубину 8–10 см; «прямого» посева кукурузы на зерно специальной сеялкой MF 555. Система удобрений и защиты растений проводилась в соответствии с разработанной технологией (Таблица 12). Сорт кукурузы – гибрид DKS 3511 «Монсанта». Учет урожая прямым комбайнированием комбайном «Claas».

Таблица 12 – Технологические схемы и прямые затраты при возделывании кукурузы на зерно

Мелкая обработка		Комбинированная обработка		«Прямой» посев	
Операция	Затраты, руб/га	Операция	Затраты, руб/га	Операция	Затраты, руб/га
1	2	3	4	5	6
Осенние обработки					
Лушение стерни, 6–8 см, 2-кратн.	155	Опрыскивание, МТЗ-1221 + КР 03.02	60,4	Опрыскивание, МТЗ-1221 + КР 03. 02	60,4
Культивация с боронованием, 8–10 см	113,8	Транспортировка хим. средств и воды в поле	7,24	Транспортировка хим. средств и воды в поле	7,24
		Препараты:		Препараты:	
		Грифит, 2 л/га	225,4	Грифит, 2 л/га	225,4
		Микс, 0,15 л/га	141,9	Микс, 0,15 л/га	141,9
СУММА	268,8		434,9		434,9
Весенние обработки					
Внесение удобрений («Морис», 8–10 см)	410,8	Комбинированная обработка с внесением удобрений (8–10 см)	410,8	–	–
Аммофос, 100 кг/га	1370	Аммофос, 100 кг/га	1370	–	–
Разбрасывание удобрений	49,3	Разбрасывание удобрений	49,3	Опрыскивание, МТЗ-1221+КР 03. 02	60,4
Селитра, 100 кг/га	790	Селитра, 100 кг/га	790	Транспортировка хим. средств и воды в поле	7,24

Продолжение

1	2	3	4	5	6
Предпосевная культивация, 6–8 см	92,1	Предпосевная культивация, 6–8 см	92,1	Препараты: дианат 0,6 л/га + гумат 0,4 л/га	206
–	–	–	–	Сев MF-555 с одноврeм. внес. аммофоса	3505
–	–	–	–	Аммофос, 120 кг/га	1644
Сев MF-555	3505	Сев MF-555	3505	–	–
Боронование до всходов, ЗПГ-24	78,2	Боронование до всходов, ЗПГ-24	78,2	–	–
Опрыскивание посевов, «Монтана»	1832	Опрыскивание посевов, «Монтана»	1832	Опрыскивание, МТЗ-1221+КР 03. 02	60,4
Гербицид: дианат 0,6л/га + гумат 0,4 л/га	206	Гербицид: дианат 0,6л/га + гумат 0,4 л/га	206	Транспортировка хим. средств и воды в поле	7,24
Междурядная культивация, КРН-5,6	102,7	Междурядная культивация, КРН-5,6	102,7	Гербицид: дианат 0,6л/га + гумат 0,4 л/га	206
Прямое комбайнирование	2000	Прямое комбайнирование	2000	Прямое комбайнирование	2000
Транспортировка зерна	295	Транспортировка зерна	295	Транспортировка зерна	295
СУММА	10731,1	СУММА	10731,1	СУММА	7991,3
ВСЕГО	10999,9	–	11166,0	–	8426,2

Разноглубинные системы основной обработки почвы на черноземе обыкновенном солонцеватом изучались в севообороте: черный пар – озимая пшеница – подсолнечник. Опыт развернут тремя полями с размерами поля $200 \times 54 = 10640 \text{ м}^2$, учетный размер делянки $50 \times 18 = 900 \text{ м}^2$. Делянки располагались ярусно в 3-кратной повторности систематически (Рисунок 4). Технологические схемы обработки почвы представлены в таблицах 13 и 14.

1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	2	3	1	2	3	1	2	3

Черный пар

Озимая пшеница

Подсолнечник

1 – отвальная обработка, плуг «ЕвроДиамант-107», 20–22 см;

2 – безотвальное рыхление, чизельный плуг ПЧН-4, до 30 см;

3 – мелкая обработка, дискомкульчер ДМ-5,4, 12–14 см.

Рисунок 4 – Схема опыта по изучению различных систем обработки почвы

В парозернопропашном севообороте предусматривалось изучение трех вариантов основной обработки почвы: отвальной обработки оборотным плугом «ЕвроДиамант 107», безотвального рыхления чизельным плугом ПЧН-4,0 и мелкой обработки дискомкульчером ДМ-5,2. В связи с тем, что почвенный покров представлен солонцеватыми черноземами с признаками слитости, лущение стерни осуществлялось тяжелой дисковой бороной на глубину 10–12 см в два следа. Основная обработка под черный пар и подсолнечник проводилась по системе улучшенной поздней зяби. Посев всех культур проводился в оптимальные сроки в соответствии с принятой в 3-й зоне технологией. Сорт озимой пшеницы – Юбилейная 100, подсолнечника – сорт Альзан.

Система удобрений под озимую пшеницу: для разложения соломы внесение аммиачной селитры в дозе N_{34} под дисковое лушение, припосевное внесение нитроаммофоски ($N_{16}P_{16}K_{16}$), ранневесенняя подкормка аммиачной селитрой в дозе N_{30} . Система удобрений под подсолнечник: внесение нитроаммофоски ($N_{40}P_{40}K_{40}$) под предпосевную культивацию. В посевах озимой пшеницы применялись гербициды группы 2,4Д.

В стационарном опыте использовались следующие почвообрабатывающие орудия нового типа:

- **дисковая борона «Катрос 4001»** – предназначена для неглубокой и интенсивно смешивающей обработки стерни на глубине 3–12 см;
- **дисковая борона «Рубин 9/600»** – для обработки залежных земель, полей с полегшими зерновыми, заделки соломы кукурузы или зеленой массы под органические удобрения, глубина обработки регулируется до 14 см;
- **дисковый мульчировщик ДМ-5,2** – для основной обработки почвы без предварительной вспашки и обработки почвы после толстостебельных пропашных культур, глубина обработки до 12–14 см;
- **комбинированный агрегат для подготовки почвы под посев «Система – Корунд 900 К»** – выравнивание, рыхление, прикатывание почвы перед посевом за один проход, работа секций на глубине 3–15 см;
- **плуг полунавесной оборотный «ЕвроДиамант-107+1L100»** – плуг для вспашки почвы с влажностью до 28 % под зерновые и технические культуры, глубина обработки 20–30 см, ступенчатое регулирование ширины захвата – 33, 38, 44, 50 см;
- **чизель-глубокорыхлитель ПЧН-4,0** – рыхление подпахотного слоя, разрушение плужной подошвы, сохранение растительных остатков, глубина обработки 25–45 см;
- **посевной комплекс «Flexi-Coil»** – для посева зерновых и зернобобовых культур по классической и минимальной технологии под стрельчатую высевающую лапу ленточным способом.

Таблица 13 – Технологическая схема обработки почвы «черный пар – озимая пшеница» после подсолнечника

№ п/п	Операция	Трактор, с/х машина			Технологические условия	Срок выполнения
		Отвальная	Безотвальная	Мелкая		
1	2	3	4	5	6	7
1	Прямое комбайнирование	«Акрос-530» или «Торум-740»	«Акрос-530» или «Торум-740»	«Акрос-530» или «Торум-740»	Высота среза подсолнечника – 50–70 см; полное измельчение и распределение по полю пожнивных и растительных остатков	Сентябрь
2	Дисковое лушение	«Фендт-936» + дискотульчер ДМ-5,2	«Фендт-936» + дискотульчер ДМ-5,2	«Фендт-936» + дискотульчер ДМ-5,2	Одно-двухкратное лушение (по ситуации), глубина обработки до 10–12 см, визуальный контроль подрезания сорняков и заделки пожнивных остатков	Июль – август
3	Основная обработка	«Фендт-936» + «Диамант-107», 20–22 см	«Фендт-936»+ПЧН-4,0, 30 см	–	Предполагается доработка поверхностного слоя	Конец сентября – начало октября
4	Доработка поверхностного слоя	МТЗ-82+БДТ-3	МТЗ-82 + БДТ-3	МТЗ-8 + БДТ-3	Глыбистость (комки более 5 см) – не более 10 %.	Октябрь

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7
5	Выравнивающая культивация	«Фендт-936» + «Корунд-900»	«Фендт-936» + «Корунд-900»	«Фендт-936» + «Корунд-900»	Глубина обработки 8–10 см	Октябрь
6	Предпосевные культивации с уменьшением глубины	МТЗ-82 + КПС-4	МТЗ-82 + КПС-4	МТЗ-82 + КПС-4	Последовательность уменьшения глубины обработки: 12, 10, 8 см, предпоследняя на 8–6 см	Апрель – сентябрь
7	Посев	Посевной комплекс «Flexi-Coil»	Посевной комплекс «Flexi-Coil»	Посевной комплекс «Flexi-Coil»	Стрельчатая лапа посевного комплекса создает посевное ложе на 5–6 см с одновременным севом озимых	1–10 октября

Таблица 14 – Обработка почвы под подсолнечник после озимой пшеницы

№ п/п	Наименование операции	Тракторы, с.-х. машины			Технологические условия	Срок выполнения
		Отвальная	Глубокая	Минимальная		
1	2	3	4	5	6	7
1	Прямое комбайнирование	«Акрос-530» или «Торум-740»	«Акрос-530» или «Торум-740»	«Акрос-530» или «Торум-740»	Срез стерни на высоте не более 10–15 см	Конец июля – начало августа
2	Дисковое лушение	МТЗ-1523 + «Катрос-4001», или «Фендт-936» + «Рубин-9»	МТЗ-1523 + «Катрос-4001», или «Фендт-936» + «Рубин-9»	МТЗ-1523 + «Катрос-4001», или «Фендт-936» + «Рубин-9»	Одно-двухкратное лушение (по ситуации), глубина обработки до 10–12 см, визуальный контроль подрезания сорняков и заделки пожнивных остатков	Сразу после уборки
3	Повторное дискование, при благоприятных условиях – мелкая культивация	МТЗ-1523 + «Катрос-4001» или «Фендт-936» + «Рубин-9» или МТЗ-80 + КПС-4	МТЗ-1523 + «Катрос-4001» или «Фендт-936» + «Рубин-9» или МТЗ-80 + КПС-4	МТЗ-1523 + «Катрос-4001» или «Фендт-936» + «Рубин-9» или МТЗ-80 + КПС-4	Одно-двухкратное лушение (по ситуации), глубина обработки до 10 см, визуальный контроль подрезания сорняков и заделки пожнивных остатков, культивация – 8–10 см	Август – сентябрь

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7
4	Основная обработка	«Фендт-936» + + «Диамант-107», 20–22 см	«Фендт-936» + + ПЧН-4,0, 30 см	«Фендт-936» + + дискомкульчер ДМ-5,2,10–12 см	Предполагается доработка поверхностного слоя	Конец сен- тября – начало ок- тября
5	Доработка по- верхностного слоя	МТЗ-82 + БДТ-3	МТЗ-82 + + БДТ-3	МТЗ-82 + БДТ-3	Глыбистость (комки более 5 см) – не более 10 %.	Октябрь
6	Выравниваю- щая культива- ция	«Фендт-936» + + «Корунд-900»	«Фендт-936» + + «Корунд- 900»	«Фендт-936» + + «Корунд-900»	Глубина обработки 8–10 см	Середина октября
7	Ранневесеннее боронование	Зубовые бороны типа БЗСС	Зубовые боро- ны типа БЗСС	Зубовые бороны типа БЗСС	Глубина боронования 3–5 см	Конец марта – ап- рель
8	Предпосевная культивации	«Фендт-936» + «Корунд-900»	«Фендт-936» + + «Корунд- 900»	«Фендт-936» + + «Корунд-900»	Глубина культивации 5–6 см	Май
9	Посев	МТЗ-1523 + сеял- ка МС-4100	МТЗ-1523 + + сеялка МС- 4100	МТЗ-1523 + се- ялка МС-4100	Желателен дисковый сош- ник, при безгербицидной технологии норма высева семян увеличивается на 10–15 %	Май

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7
10	Довсходное боронование	Легкая зубовая посевная борона типа ЗБП-0,6 или сцепка пружинных борон типа СГБП-21	Легкая зубовая посевная борона типа ЗБП-0,6 или сцепка пружинных борон типа СГБП-21	Легкая зубовая посевная борона типа ЗБП-0,6 или сцепка пружинных борон типа СГБП-21	Через 2–3 дня после посева	Май
11	Послевсходное боронование	Легкая зубовая посевная борона типа ЗБП-0,6 или сцепка пружинных борон типа СГБП-21	Легкая зубовая посевная борона типа ЗБП-0,6 или сцепка пружинных борон типа СГБП-21	Легкая зубовая посевная борона типа ЗБП-0,6 или сцепка пружинных борон типа СГБП-21	В фазе 3–4 листьев	Май
12	Одна-две междурядные культивации	МТЗ-82 + КРН-5,6	МТЗ-82 + КРН-5,6	МТЗ-82 + КРН-5,6	С полольными лапами (бритвами)	Июнь
13	Междурядная культивация	МТЗ-82 + КРН-5,6	МТЗ-82 + КРН-5,6	МТЗ-82 + КРН-5,6	С корпусами-окучниками	Июль

На темно-каштановой почве системы основной обработки почвы изучались под следующие культуры севооборота: озимый рапс, озимая пшеница по озимой пшенице, подсолнечник. Опыт развернут в пространстве тремя полями в одном почвенном массиве, согласно набору культур. Каждое поле разбивалось на три участка под определенный тип обработки с размерами $500 \times 100 = 50000 \text{ м}^2$. Размер реперных участков для проведения агрофизических исследований и биологического учета урожая $50 \times 50 = 2500 \text{ м}^2$. Предусматривалось изучение трех вариантов основной обработки почвы: отвального на 20–22 см плугом ПЛН-8–40, глубокого безотвального рыхления на 35–40 см чизельным плугом «Ландолл-1550» и варианта с дискованием на 14–16 см дисковым культиватором «Диамант». Лушение стерни осуществляется тяжелыми дисковыми боронами на глубину 10–12 см в два следа культиватором «Диамант», мелкие обработки проводились многоцелевым культиватором «Ландолл-8600». Основную обработку под рапс и озимую пшеницу проводили по системе полупара, а под подсолнечник по системе улучшенной поздней зяби.

Сорт озимого рапса ДК «Секур». Система удобрений: сульфоаммофос $N_{56}P_{56}$ под основную обработку, аммиачная селитра N_{65} в период весенней вегетации. Гербициды: Зелек-Супер – 0,57 л/га в октябре, Галера – 0,35 л/га в апреле.

Сорт озимой пшеницы Есаул. Система удобрений: сульфоаммофос $N_{32}P_{35}$ под основную обработку, аммиачная селитра N_{36} в период весенней вегетации. Гербициды: Прима – 0,5 л/га в весеннюю вегетацию.

Подсолнечник гибрид НСХ 6318. Система удобрений: аммиачная селитра (N_{45}) под культивацию, нитрофоска $N_{22}P_{22}$ при посеве. Гербициды: Зелек-Супер – 1,0 л/га весной по всходам.

Посев всех культур проводится в оптимальные сроки в соответствии с принятой в 3-й зоне технологией. Учет урожая с участков проводился методом прямого комбайнирования комбайном «Lexion». Технологические схемы возделывания культур представлены в таблицах 15, 16, 17.

Таблица 15 – Технологическая схема и структура затрат при возделывании озимого рапса по озимому ячменю

№	Операция		Марка трактора	Марка с.-х. машины, орудия	Прямые затраты, руб/100 га
1	Дискование 6/8 см		К-744	«ДИАМАНТ»	13601
2	Основная обработка	Отвальная, 20–22 см	К-744	ПЛН-8-40	36322
		Безотвальная, 35–40 см	КЕЙС	«ЛАНДОЛЛ»	35955
		Дискование, 14–16 см	К-744	«ДИАМАНТ»	30305
3	Боронование, 4–5 см		МТЗ-82	ЗБЗСС-1	959
4	Культивация, 8–10 см		КЕЙС	«ЛАНДОЛЛ»	4771
5	Предпосевная культивация, 4–5 см		КЕЙС	«ЛАНДОЛЛ»	4771
6	Внесение удобрений		МТЗ-82	РУМ (ФР)	3759
7	Посев		К-700	«АМАЗОН»	8873
8	Прикатывание		Т-150	«МАКСИМ»	689
9	Внесение удобрений (подкормка)		МТЗ-82	РУМ (ФР)	3593
10	Внесение удобрений (подкормка)		МТЗ-82	РУМ (ФР)	3593
11	Внесение удобрений (подкормка)		МТЗ-82	РУМ (ФР)	3593
12	Прямое комбайнирование		LEXION	–	25329
13	Отвоз зерна от комбайна		КАМАЗ	–	6241
14	Прочие технологические затраты		–	–	55798
15	Итого: отвальная, 20–22 см			–	171892
	безотвальная, 35–40 см			–	171525
	дискование, 14–16 см			–	165875

Таблица 16 – Технологическая схема и структура затрат при возделывании озимой пшеницы по озимой пшенице

	Операция		Марка трактора	Марка с.-х. машины, орудия	Прямые затраты, руб/100 га
1	Дискование, 6/8 см		КЕЙС	«ДИАМАНТ»	16760
2	Основная обработка	Отвальная, 20–22 см	К-744	ПЛН-8-40	43904
		Безотвальная, 35–40 см	КЕЙС	«ЛАНДОЛЛ»	43536
		Дискование, 14–16 см	К-744	«ДИАМАНТ»	43408
3	Прикатывание		МТЗ-82	Каток КВГ	3700
4	Внесение удобрений		МТЗ-82	РУМ	3813
5	Культивация, 8–10 см с боронованием		КЕЙС	«LENDOL»	8284
6	Посев с удобрением		КЕЙС	Сеялка «GP»	8627
7	Прикатывание посевов		МТЗ-82	ЗККШ-6	3700
8	Боронование ранневесеннее		МТЗ-82	«АКЦЕПТ»	3700
9	Внесение удобрений		МТЗ-82	РУМ	3813
10	Обработка посевов гербицидами		ГАЗ-66	«ТУМАН»	5152
11	Хим. обработка посевов		ГАЗ-66	«ТУМАН»	4832
12	Хим. обработка посевов		АВИА	–	2664
13	Прямое комбайнирование с измельчением		ДОН-1500	–	36560
14	Отвоз зерна от комбайна		КАМАЗ	–	14799
15	Прочие технологические затраты		–	–	59953
16	Итого:				
	отвальная, 20–22 см		–	–	220261
	безотвальная, 35–40 см		–	–	219893
	дискование, 14–16 см		–	–	219765

Таблица 17 – Технологическая схема и структура затрат при возделывании подсолнечника по озимой пшенице

	Операция		Марка трактора	Марка с/х машины, орудия	Прямые затраты, руб./100 га
1	Дисковое лушение, 6–8 см		КЕЙС	«ДИАМАНТ»	16760
2	Культивация, 6–8 см		К-744	«ЛАНДОЛЛ»	12113
3	Основные обработки	отвальная, 20–22 см	К-744	ПЛН-8-40	37563
		безотвальная, 35–40 см	КЕЙС	«ЛАНДОЛЛ»	36322
		дискование, 14–16 см	К-744	«ДИАМАНТ»	35955
4	Культивация, 8–10 см		К-700	«ЛАНДОЛЛ»	12113
5	Боронование ранневесеннее		Т-150	ЗБЗСС-1	7214
6	Внесение удобрений 100 кг		МТЗ-82	РУМ	7330
7	Культивация 7 см		КЕЙС	«ЛАНДОЛЛ»	12113
8	Посев		МТЗ-82	«ПРЕМИУМ»	9570
9	Прикатывание после посевной		МТЗ-82	ЗККШ-6	4584
10	Боронование довсходное		МТЗ-82	«АКЦЕПТ»	4897
11	1-я культивация междурядная		МТЗ-82	КРН-5,6	12829
12	Боронование по зеленому фону		МТЗ-82	«АКЦЕПТ»	4897
13	Внесение жидких удобрений		МТЗ-82	«БЛЮДЖЕТ»	3793
14	2-я культивация междурядная		МТЗ-82	КРН-5,6	12829
15	Культивация междурядная с окучиванием		МТЗ-82	КРН-5,6	12829
16	Прямое комбайнирование без измельчения		ДОН-1500	–	37116
17	Отвоз зерна от комбайна		КАМАЗ	–	9534
18	Прочие технологические затраты		–	–	38585
19	Итого:		–	–	256669
	отвальная, 20–22 см		–	–	255428
	безотвальная, 35–40 см		–	–	255061
	дискование, 14–16 см		–	–	255061

Системы обработки почвы на светло-каштановой почве изучались в двух наиболее распространенных звеньях полевых севооборотов: пар ранний – озимая пшеница – озимая пшеница и пар черный – озимая пшеница – яровой ячмень. Схема опытов с чистыми парами представлена на рисунке 5.

Размер делянок $70 \times 10,8$ м. Общая площадь делянки 756 м^2 , учетная площадь 280 м^2 . Повторность трехкратная, расположение делянок последовательное в три яруса. Площадь под опытными севооборотами – 1,6 га.

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

- 1 – вспашка, плуг ПЛН-4-35, 20–22 см;
 2 – комбинированная обработка, агрегат КАО-2, 25–27 см;
 3 – безотвальное рыхление, культиватор КПЭ-3,8, 12–14 см;
 4 – дискование, дисковая борона БД-6,6, 8–10 см
 5 – комбинированная обработка КУМ-4, глубина обработки 14–16 см.

Рисунок 5 – Схема опыта по изучению различных систем основной обработки почвы в севооборотах с чистыми парами

Система удобрений: внесение аммофоса $\text{N}_{14}\text{P}_{60}$ под предпосевную культивацию. Система защиты: гербициды Гранстар – 10 г/га + Магnum –

5 г/га. Сорт озимой пшеницы – Донская безостая. Сорт ярового ячменя – Прикумский-47.

Основная обработка выполнялась следующими почвообрабатывающими орудиями в комбинации с дорабатывающим приспособлением Е-УПП: плугом отвальным ПН-4-35 на 20–22 см, комбинированным агрегатом КАО-2 на 25–27 см, тяжелым культиватором КПЭ-3,8 на 12–14 см, бороной БД-6,6 на 8–10 см, комбинированным агрегатом КУМ-4 на 16 см. За контроль принята обработка плугом ПН-4-35+Е-УПП. Системы основной обработки применяются при обработке паров и под повторные посевы колосовых культур. В опыте применялись следующие комбинированные агрегаты:

Комбинированный агрегат КУМ-4 проводит основную послойную обработку почвы под посев озимых культур, размещенных по занятым парам и непаровым предшественникам. Орудие осуществляет рыхление верхнего слоя почвы на глубину 6–8 см дисковыми рабочими органами, рыхление нижнего слоя на регулируемую глубину до 16 см и подрезание сорняков узкозахватными плоскорезными лапами, выравнивание и дробление глыб лопастями барабана-измельчителя, рыхление верхнего слоя и уплотнение почвы зубьями и штангами катка.

Борона дисковая БД-6,6 с рабочими органами повышенного ресурса предназначена для рыхления почвенного пласта на глубину до 20 см (за два прохода) и подготовки почвы под посев, разделки глыб после вспашки, поверхностной обработки уплотненных почв, уничтожения сорняков и измельчения растительных остатков после уборки толстостебельных пропашных культур, ухода за лугами и пастбищами, а также основной обработки почвы в почвозащитных, минимальных и энергосберегающих технологиях.

Универсальное приспособление Е-УПП к плугам и плоскорезам предназначено для энерго-влажносберегающих экологически чистых технологий возделывания зерновых и пропашных культур в различных почвенно-климатических зонах Ставропольского края и может использоваться как в агрегате с отвальными и безотвальными орудиями, так и самостоятельно.

Полевые опыты сопровождались различными наблюдениями за водно-физическими и агрохимическими свойствами почвы, показателями качества обработки почвы, засоренностью посевов, ростом и развитием растений и формированием урожая культур. Основные методики проведения исследований представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Основные методики проведения исследований

Перечень исследований	Методика
1	2
Агроклиматические наблюдения	Бадахова Т. Х. Ставропольский край: современные климатические условия / Т.Х. Бадахова, А.В. Кнутас. – Ставрополь : Краевые сети связи, 2007. – 272 с.
Влажность почвы	Доспехов Б.А. Практикум по земледелию / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов. – М. : Колос, 1977. – 186 с.
Плотность сложения почвы	Доспехов Б.А. Практикум по земледелию / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов. – М. : Колос, 1977. – 186 с.
Структурно-агрегатный состав по методу Н.И. Саввинова	Доспехов Б.А. Практикум по земледелию / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов. – М. : Колос, 1977. – 186 с.
Водопрочность структуры почвы на приборе И.М. Бакшеева	Доспехов Б.А. Практикум по земледелию / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов. – М. : Колос, 1977. – 186 с.
Степень крошения почвы при обработке	Доспехов Б.А. Практикум по земледелию / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов. – М. : Колос, 1977. – 186 с.
Глыбистость почвы при обработке	Доспехов Б.А. Практикум по земледелию / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов. – М. : Колос, 1977. – 186 с.
Содержание элементов минерального питания и гумуса в почве	Александрова Л.Н. Лабораторно – практические занятия по почвоведению / Л.Н. Александрова, О.А. Найденова. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 295 с.
Засоренность посевов количественно-весовым методом	Доспехов Б.А. Практикум по земледелию / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов. – М.: Колос, 1977. – 186 с.

1	2
Определение топливных затрат при основной обработке почвы	ГОСТ 24057–88. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно – технологической оценки машинных комплексов, специализированных и универсальных машин на этапе испытаний.
Энергетическая оценка приемов обработки почвы	Методические рекомендации по энергетической оценке систем и приемов обработки почвы. – М.: ВАСХНИЛ, 1989. – 30 с.
Экономическая оценка приемов обработки почвы	Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. – М., 1998.– Ч. 1. – С. 30–48.

1. Влажность почвы определялась термостатно-весовым методом в трехкратной повторности через 10 см до глубины 100 см. Периоды определения в поле озимых и яровые культур: уход в зиму – весенняя вегетация – уборка.

2. Плотность почвы определялась методом цилиндров определенного объема в трехкратной повторности по слоям 0–10 см и 10–20 см в периоды уход в зиму – весенняя вегетация – уборка для озимых и яровых культур.

3. Изучение макроагрегатного состава и водопрочности структуры проводились в слоях почвы 0–10 см и 10–20 см в те же периоды.

4. Степень крошения почвы определялась после основной обработки различными орудиями по отношению массы фракций менее 5 см к общей массе пробы в единице объема (%), в трехкратной повторности.

5. Глыбистость поверхности почвы определялась после основной обработки различными орудиями по отношению площади поверхности комков более 5 см в диаметре к размеру площади учетной площадки в 1 м² (%), в трехкратной повторности.

6. Определение содержания и распределения элементов минерального питания в пахотном слое почвы проводилось в начале и в конце ротации севооборота. Отбор образцов проводился на стационарной площадке в трехкратной повторности смешанного образца в слоях 0–10 см, 10–

20 см и 20–30 см. Полученные пробы анализировались на содержание гумуса, подвижного фосфора и обменного калия: гумус определялся по Тюрину, подвижный фосфор определялся по Мачигину в 1 % углеаммонийной вытяжке с последующим калориметрированием; обменный калий – в 1 % углеаммонийной вытяжке методом пламенной фотометрии.

8. Учет засоренности посевов проводился по количественно-видовому составу (начало весенней вегетации для озимых культур) и количественно-видовому и весовому составу перед уборкой с помощью рамки 1 м² в 5-кратной повторности.

9. Наблюдения за развитием растений (озимый рапс, озимая пшеница, подсолнечник, кукуруза на зерно) по методике Госсортсети.

10. Учет урожайности методом прямого комбайнирования опытных участков в фазу полной спелости.

11. Статистическая оценка проводилась методом дисперсионного анализа.

3. СИСТЕМЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПОД КУЛЬТУРЫ ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВ

В общем виде задача агротехнологической оптимизации систем основной обработки при возделывании сельскохозяйственных культур решается по трем основным направлениям: техническому, агротехническому и организационно-экономическому [Минимальная обработка... 1980; Адаптивные ресурсосберегающие технологии... 2006; Шевченко, Корчагин, 2006; Совершенствование отдельных элементов... 2008; Кузыченко, Федотов, 2010].

Вопрос о дифференцированном подходе при оптимизации систем обработки почвы, связанный с решением конкретных задач по развитию современных систем обработки почвы на научной основе, часто заменяется несколько упрощенным пониманием ее минимализации. Прежде всего это касается произвольного уменьшения глубины, а в некоторых случаях и способа основной обработки почвы под отдельные сельскохозяйственные культуры в разрез с рекомендуемой глубиной в системе обработки почвы в севообороте, без периодического доуглубления чизелем или применения отвальной вспашки как минимум один раз в два-три года. Отказ от дифференцированного подхода в вопросе внедрения минимальной и тем более «нулевой» технологии, произвольные «изыскания» производителей в этом вопросе без квалифицированного научного обоснования могут привести к резкому снижению урожайности основных зерновых и зернобобовых культур.

Целью внедрения оптимизированных систем основной обработки почвы в различных почвенно-климатических условиях является снижение производственных затрат при оптимальном насыщении технологий возделывания отдельных с.-х. культур адаптированными комбинированными почвообрабатывающими агрегатами с учетом экономии ГСМ, а также стоимости техники и величины амортизационных отчислений. Ниже приводятся результаты цикла исследований по оптимизации систем основной обработки под

отдельные культуры севооборота для различных типов почв Центрального и Восточного Предкавказья.

3.1. Эффективность систем основной обработки почвы в севообороте на черноземе обыкновенном

Эффективность ресурсосберегающих технологий основной обработки почвы на базе орудий нового поколения оценивалась по результатам комплекса агрофизических и других исследований [Кузыченко, Кобозев, 2001; Кузыченко, 2002; Кузыченко, Хвостов, 2003; Кузыченко, Хвостов, Артамонов, 2003; Адаптивные ресурсосберегающие технологии... 2006; Кузыченко, 2008; Кузыченко, 2009; Кузыченко, 2011; Кузыченко, 2012]. Ниже приводятся агрофизические показатели за весь период ротации севооборота.

Структурный состав почвы. Формирование агрофизических условий в почве при основной обработке различными орудиями нового типа связано с изучением структурно-агрегатного состава почвы. А.А. Измаильский (1949) и П.А. Костычев (1951) впервые предложили систему научно обоснованных мероприятий по регулированию физических свойств и режимов черноземов, главным из которых является создание благоприятной структуры пахотного слоя.

Со структурным составом, т. е. степенью измельчения почвы, связан весь комплекс физико-химических процессов, способствующих получению высоких урожаев, при этом желательно, чтобы большая часть структурного состава находилась в виде водопрочных макроагрегатов, образующих структуру. Исходя из того, что макроструктура почвы должна обладать хорошими физическими свойствами и обеспечивать оптимальные условия для развития растений, принято считать, что агрономически ценная структура почвы должна быть представлена водопрочными агрегатами от 1 до 10 мм в диаметре, а наиболее ценная от 1 до 3 мм. По данным В.В. Медведева (1988), одним из критериев определения уровня окультуренности черноземов является следующее процентное содержание водопрочных агрегатов 1–3 мм в

почве: высокое – 45–55 %, среднее – 35–45 %, низкое – менее 35 %. Изменение содержания водопрочных агрегатов по каждому виду основной обработки в начале и конце ротации в слое 0–10 см на удобренном фоне приведено в таблице 19.

Таблица 19 – Содержание водопрочных агрегатов при различных приемах основной обработки почвы (2001–2006 гг.), %

Вариант	Прием и глубина основной обработки	Начало ротации		Конец ротации	
		1–10 мм	1–3 мм	1–10 мм	1–3 мм
1	Культивация, 12–14 см	55,6	30,0	59,6	38,4
2	Безотвальное рыхление, 20–22 см	58,4	26,4	63,2	30,4
3	Вспашка, 20–22 см	48,0	35,6	44,0	32,0
4	Комбинированная обработка, 25–27 см	55,6	35,0	56,4	40,0
5	Дискование, 6–8 см	57,6	28,2	52,8	28,4
6	Культивация, 6–8 см	58,0	30,8	58,4	33,2
7	Чередование обработок под отдельные культуры	56,0	35,0	57,2	30,4

Установлено, что за период исследований 2001–2006 гг. (начало – конец ротации) отмечается тенденция к увеличению содержания водопрочных агрегатов от 1 до 10 мм по обычным и мелким безотвальным обработкам в среднем на 3,7 %. На отвальной обработке произошло снижение содержания водопрочных агрегатов в верхнем слое 0–10 см на 4 %. Эти выводы подтверждают и данные Д.И. Булова (1970), говорящие о снижении содержания агрегатов размером более 0,25 мм в верхнем слое по вспашке черноземных почв на 2,5–4,9 %. Использование дисковой бороны БДТ-3 в качестве посто-

янного орудия основной обработки распыляет верхний слой почвы, что приводит к снижению количества водопрочных агрегатов на 5 %.

Плотность почвы. На основании обобщенных данных многолетних исследований И.Б. Ревут, Н.А. Соколовская, А.М. Васильев (1971) установили, что оптимальная плотность сложения почвы для растений различается в зависимости от типа почвы, механического состава и биологических групп сельскохозяйственных культур. Для зерновых культур оптимальный диапазон плотности сложения составляет 1,05–1,30 г/см³, при этом среднее значение равно 1,18–1,20 г/см³. Отклонение плотности почвы от оптимума в сторону увеличения или уменьшения ухудшает условия жизни растений и их урожайность. Понижение плотности почвы уменьшает содержание влаги и элементов питания в единице объема почвы, ухудшает всхожесть семян, повышение плотности ограничивает рост корней, резко уменьшает доступность влаги и обеспеченность воздухом. Динамика складывающейся плотности почвы в слое 0–20 см при различных способах основной обработки представлена в таблице 20.

Таблица 20 – Плотность почвы при различных приемах основной обработки почвы (2001–2006 гг.), г/см³

Вариант	Прием и глубина основной обработки	Срок	
		Уход в зиму	Весенняя вегетация
1	2	3	4
1	Культивация, 12–14 см	1,27	1,20
2	Безотвальное рыхление, 20–22 см	1,22	1,13
3	Вспашка, 20–22 см	1,14	1,12
4	Комбинированная обработка, 25–27 см	1,20	1,13

1	2	3	4
5	Дискование, 6–8 см	1,27	1,23
6	Культивация, 6–8 см	1,28	1,26
7	Чередование обработок под отдельные культуры	1,18	1,12

Данные наблюдений за плотностью почвы в осенне-весенний период позволяют сделать вывод о том, что диапазон складывающихся показателей объемной массы по всем вариантам в слое почвы 0–20 см как в осенний период (1,14–1,28 г/см³), так и в период начала весенней вегетации (1,12–1,26 г/см³) соответствует оптимальным значениям. При этом отмечается меньшее значение плотности почвы по отвальному и безотвальному вариантам обработок (КАО-2) на глубину 20–22 см в сравнении с поверхностными обработками (осенью и весной в среднем на 0,14 г/см³, или на 11 %). Однако в процессе длительных по времени исследований удалось установить, что в засушливый период плотность почвы по поверхностным обработкам в слое 10–20 см может принимать значения выше критических, порядка 1,31–1,34 г/см³.

Водопроницаемость и запас продуктивной влаги. Водопроницаемость и динамика накопления продуктивной влаги в почве являются характерными показателями физических условий при различных способах основной обработки. Наиболее доступной формой воды для растения является вода свободная и капиллярная. Поэтому при обработке почвы необходимо устранять или ослаблять отрицательное влияние недостатка этих форм воды, характерное для засушливой зоны и зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края, и создавать условия для обеспечения достаточного запаса влаги в корнеобитаемом слое в течение всего вегетационного периода при одновременной поддержке благоприятных условий аэрации.

Данные по водопроницаемости почвы после основной обработки, представленные на графике (Рисунок 6), свидетельствуют о том, что наиболее интенсивное поглощение воды почвой отмечается при обработке отвальным плугом (в среднем за один час пролива – 6,8 мм/мин), по безотвальным обработкам на глубину 20–22 см скорость впитывания и фильтрации ниже: на варианте с КАО-2 на 26,4 %, при чизелевании ПЧ-2,5 на 29,0 %, что связано с менее интенсивным крошением пласта почвы безотвальными орудиями.

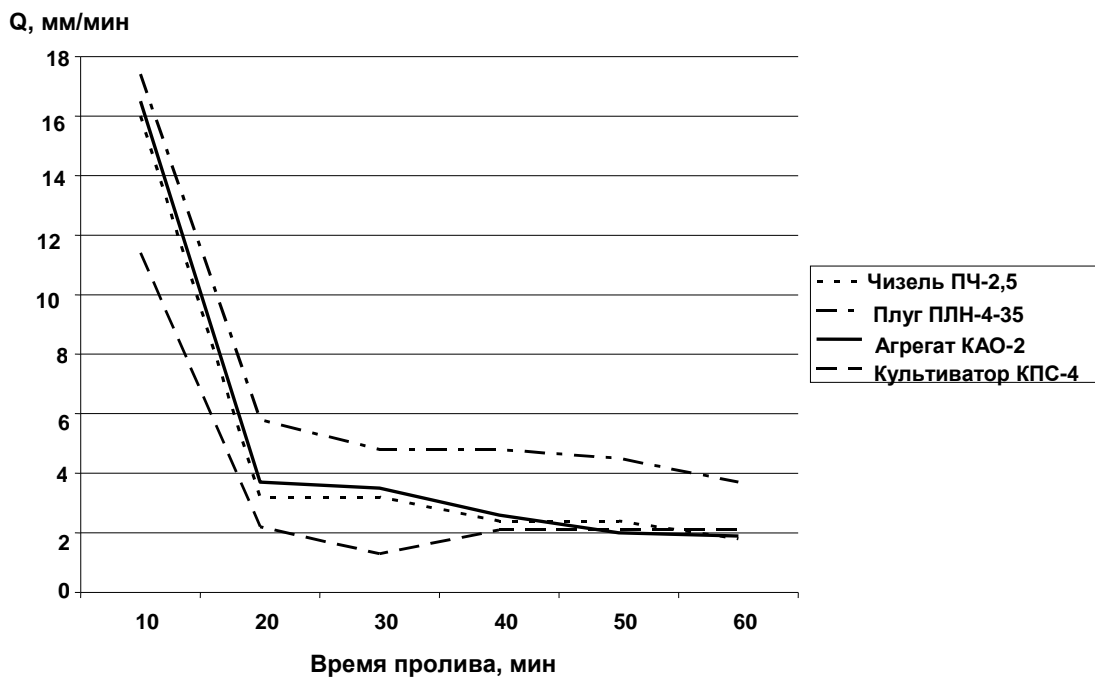


Рисунок 6 – Водопроницаемость почвы Q после основной обработки, мм/мин

Водопроницаемость после мелкой (КПЭ-3,8) и поверхностных обработок (КПС-4) составляет в среднем соответственно 4,5 и 3,5 мм/мин, что на 33,8 и 48,5 % ниже, чем на отвальном варианте основной обработки, поскольку процесс проникновения воды в уплотненный слой более длительный.

Динамика накопления продуктивной влаги в осенний, весенний и летний периоды в слое почвы 0–100 см представлена в таблице 21.

Уход в зиму сопровождался более значимым накоплением продуктивной влаги по отвальной обработке (169 мм) и безотвальному рыхлению

(162 мм). На вариантах с мелкой и поверхностной обработками снижение запасов продуктивной влаги составило соответственно 12 и 15 мм. В период весенней вегетации тенденция сохраняется – разница в накоплении влаги по отвальной обработке в сравнении с мелкой и поверхностной обработками составляет соответственно 11 и 19 мм. К уборке отмечается тенденция несколько большего накопления влаги при обработке отвальным плугом, разница в сравнении с приемами безотвального рыхления – 5 мм.

Таблица 21 – Запас продуктивной влаги после основной обработки почвы (2001–2006 гг.), мм

Вариант	Прием и глубина основной обработки	Срок		
		Уход в зиму	Весенняя вегетация	Уборка
1	Культивация, 12–14 см	157	148	102,1
2	Безотвальное рыхление, 20–22 см	161	153	105,0
3	Вспашка, 20–22 см	169	159	118,0
4	Комбинированная обработка, 25–27 см	162	158	107,3
5	Дискование, 6–8 см	157	145	96,2
6	Культивация, 6–8 см	154	140	87,9
7	Чередование обработок под отдельные культуры	160	151	107,3

Изменение плодородия почвы при различных системах основной обработки почвы. Исследования проводились с 2001 по 2006 год на черноземе обыкновенном малогумусном среднемощном среднесуглинистом по всем вариантам опыта. Изменение почвенного плодородия под воздействием различных способов основной обработки в севообороте оценивали по следу-

ющим агрохимическим показателям: общий гумус, содержание подвижного фосфора и обменного калия.

Гумусовое состояние почвы при различных системах основной обработки. Динамика содержания общего гумуса показывает, что за период с 2001 по 2006 год не произошло ухудшения гумусового состояния почвы, применяемые способы основной обработки способствовали его стабилизации (Таблица 22).

Таблица 22 – Изменение содержания гумуса в почве при различных системах основной обработки за 2001–2006 гг., %

Вариант	Прием и глубина основной обработки	Глубина, см	Фон					
			неудобренный			удобренный		
			2001	2006	Разность, ±	2001	2006	Разность, ±
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Культивация, 12–14 см	0–10	4,36	4,40	+0,04	4,21	4,34	+0,13
		10–20	4,32	4,44	+0,12	4,18	4,31	+0,13
		20–30	4,37	4,28	–0,09	4,20	4,12	–0,08
2	Безотвальное рыхление, 20–22 см	0–10	4,42	4,44	+0,02	4,38	4,44	+0,06
		10–20	4,08	3,99	–0,09	4,17	4,31	+0,14
		20–30	4,02	4,06	+0,04	4,18	4,28	+0,10
3	Вспашка, 20–22 см	0–10	4,21	4,15	–0,06	4,24	4,44	+0,20
		10–20	4,20	4,06	–0,14	4,21	4,34	+0,13
		20–30	4,07	4,12	+0,05	4,21	4,28	+0,07
4	Комбинированная обработка, 25–27 см	0–10	4,20	4,09	–0,11	4,18	4,28	+0,10
		10–20	4,23	4,28	+0,05	4,26	4,40	+0,14
		20–30	4,17	4,18	+0,01	4,01	4,18	+0,17
5	Дискование, 6–8 см	0–10	4,36	4,44	+0,08	4,37	4,40	+0,03
		10–20	4,30	4,44	+0,14	4,29	4,34	+0,05
		20–30	4,16	4,12	–0,04	4,10	4,12	+0,02

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Культивация, 6–8 см	0–10	4,18	3,91*	–0,27	4,29	4,40	+0,11
		10–20	4,21	3,96*	–0,25	4,34	4,59	+0,25
		20–30	4,16	3,90*	–0,26	4,27	4,28	+0,01
7	Чередование обра- боток под отдельные культуры	0–10	4,36	4,53	+0,17	4,37	4,34	–0,03
		10–20	4,28	4,37	+0,09	4,24	4,28	+0,04
		20–30	4,18	4,12	–0,06	4,15	4,31	+0,13
Среднее содержание гумуса в слое 0–20 см		–	4,26	4,25	–0,01	4,27	4,37	+0,1

*значимое различие по t-Стьюденту $P < 0,05$

Среднее содержание гумуса в почве в слое 0–20 см (2001 г.) было равно 4,26 % на неудобренном и 4,27 % на удобренном фонах. По окончании ротации севооборота (2006 г.) его количество стало 4,25 и 4,37 % соответственно. Различий по вариантам опыта не выявлено, за исключением варианта с поверхностной культивацией на неудобренном фоне, где отмечено снижение величины этого показателя во всех слоях почвы на относительных 6 %. Систематическое внесение минеральных удобрений способствовало росту биомассы растений, увеличению количества поступающих в почву пожнивно-корневых остатков, новообразованию гумусовых веществ и обеспечивало устойчивую тенденцию увеличения содержания общего гумуса [Куприченков, Кузыченко, Антонова, 2005].

Динамика содержания подвижного фосфора и обменного калия.

Анализ обеспеченности почвы подвижным фосфором свидетельствует о некотором изменении в его содержании. При исходном уровне подвижного фосфора в 2001 году, 14,5 мг/кг на неудобренном и 24,1 мг/кг на удобренном фонах, в слое 0–20 см его количество к окончанию ротации севооборота (2006 г.) составило в среднем соответственно 14,8 и 26,5 мг/кг (Таблица 23).

При сравнении обеспеченности подвижным фосфором почвы неудобренного и удобренного фонов установлено, что к 2006 году разница между

фонами в слое 0–20 см составила в среднем 11,7 мг/кг, а исходная разница составляла 9,6 мг/кг. Регулярное внесение минеральных удобрений способствовало поддержанию подвижного фосфора на несколько повышенном к исходному уровне: разница составила к 2006 году 2,4 мг/кг, в то время как на удобренном фоне всего 0,3 мг/кг.

Как показала динамика содержания подвижного фосфора за последние пять лет, возделывание сельскохозяйственных культур в зерно-пропашном севообороте с использованием различных систем основной обработки почвы не снижает его количество на удобренном фоне, а на удобренном фоне способствует некоторому увеличению.

Таблица 23 – Влияние систем основной обработки почвы на содержание подвижного фосфора в почве за 2001–2006 гг., мг/кг

Вариант	Прием и глубина основной обработки	Глубина, см	Фон					
			неудобренный			удобренный		
			2001	2006	Разность, ±	2001	2006	Разность, ±
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Культивация, 12–14 см	0–10	15,5	16,0	+0,5	30,0	25,5	+4,5
		10–20	14,5	12,5	–2,0	19,5	21,0	+1,5
		20–30	17,0	13,0	–4,0	13,0	13,5	+0,5
2	Безотвальное рыхление, 20–22 см	0–10	14,5	13,0	–1,5	25,5	23,0	–2,5
		10–20	13,0	12,5	–0,5	24,5	23,5	–1,0
		20–30	8,5	13,0	+5,5	12,5	18,0	+5,5
3	Вспашка, 20–22 см	0–10	12,0	12,5	+0,5	26,5	23,0	–3,5
		10–20	19,0	13,5	–5,5	23,5	29,0	+5,5
		20–30	11,0	12,0	+1,0	25,0	17,0	–8,0
4	Комбинированная обработка, 25–27 см	0–10	10,0	14,0	+4,0	23,0	27,5	+4,5
		10–20	14,0	12,0	–2,0	17,0	26,5	+9,5
		20–30	11,0	11,0	0	22,5	24,5	+2,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Дискование, 6–8 см	0–10	19,0	12,0	–7,0	23,5	29,0	+5,5
		10–20	9,0	13,0	+4,0	21,0	22,0	+1,0
		20–30	10,0	12,0	+2,0	13,5	18,5	+5,5
6	Культивация, 6–8 см	0–10	22,5	15,5	–7,0	29,0	34,0	+5,0
		10–20	10,0	16,0	+6,0	11,0	18,0	+7,0
		20–30	6,5	13,5	+7,0	7,5	11,0	+3,5
7	Чередование обра- боток под отдель- ные культуры	0–10	17,5	18,0	+0,5	31,0	25,5	–5,5
		10–20	11,5	15,5	+4,5	32,5	38,5	+6,0
		20–30	11,5	11,0	–0,5	17,5	21,0	+3,5
Среднее в слое 0–20 см		–	14,5	14,8	+0,3	24,1	26,5	+2,4

Однако длительное применение разноглубинных обработок приводит к дифференциации подвижного фосфора по почвенным слоям, что объясняется заделкой удобрений на разную глубину. При вспашке к 2006 году на удобренном фоне наблюдается равномерное распределение фосфорных удобрений в пахотном слое (23 и 29 мг/кг P_2O_5 в слоях 0–10 и 10–20 см). При поверхностной обработке культиватором КПС-4, где вся доза поступает в слой 6–8 см (34 и 18 мг/кг в слоях 0–10 и 10–20 см соответственно), содержание подвижного фосфора в слое 0–10 см на 32 % выше, чем при вспашке, а в слое 10–20 см ниже на 38 %, хотя в среднем его количество по поверхностной обработке такое же, как и при вспашке, – 26 мг/кг.

Системы основной обработки не оказали существенного влияния на содержание обменного калия. Его запас, независимо от вида возделываемых культур и обработки почвы, составил в среднем 220 мг/кг K_2O . Следует отметить, что мелкая и поверхностная обработки усилили естественную гетерогенность почвы по содержанию подвижного фосфора и обменного калия с накоплением в верхнем слое 0–10 см и резким снижением в слое 10–20 см.

Качественные показатели обработки почвы. Оценка качества обработки почвы проводилась по двум показателям: степени крошения почвы (количество комков почвы менее 5 см в пахотном слое, %) и глыбистости (количество глыб более 5 см на поверхности почв, %). Крошение почвы достигается при ее механической обработке с созданием в ней наиболее благоприятного теплового, водно-воздушного, микробиологического и пищевого режимов. Результаты исследований приводятся в таблице 24.

Степень крошения почвы связана с влажностью обрабатываемого слоя, мехсоставом почвы и характером воздействия орудия на почвенный пласт (работа рабочего органа орудия по схеме двух- или трехгранного клина).

Таблица 24 – Крошение и глыбистость почвы при основной обработке различными орудиями (2001–2006 гг.), %

Вариант	Прием основной обработки, орудие	Степень крошения		Глыбистость	
		без Е-УПП	с Е-УПП	без Е-УПП	с Е-УПП
1	Культивация, культиватор КПЭ-3,8	87	94	13	6
2	Безотвальное рыхление, плуг чизельный ПЧ-2,5	76	95	24	15
3	Вспашка, плуг ПЛН-4-35	71	83	29	17
4	Комбинированная обработка, агрегат КАО-2	78	85	26	15
5	Дискование, борона дисковая БДТ-3	85	87	15	13
6	Культивация, культиватор КПС-4	81	84	19	16

Установлено, что обработка почвы отвальным плугом без дорабатывающего приспособления Е-УПП в меньшей степени крошит почву в сравне-

нии с чизелем ПЧ-2,5 и агрегатом КАО-2 соответственно на 5 и 7 %. Мелкие и поверхностные обработки орудиями, имеющими дополнительные устройства типа бороны БЗСС-1,0, формируют только поверхностный почвенный слой с более высокой степенью крошения в пределах 81–87 %. Применение приспособления Е-УПП, разрушающего глыбу и выравнивающего поверхность поля, улучшает качество крошения, особенно при обработках на глубину 20–22 и 22–27 см, на 7–19 %.

Глыбистость является показателем качества обработки поверхностного слоя почвы, который имеет наибольшее значение при обработке на 20–22 и 25–27 см отвальными и безотвальными орудиями (24–29 %). Применение в агрегате с этими орудиями комбинированной машины Е-УПП снижает глыбистость по отвальной обработке на 12 %, а по безотвальным вариантам: чизелеванию ПЧ-2,5 на 9 %, по глубокому рыхлению КАО-2 на 11 %. Снижение глыбистости по поверхностным обработкам значительно меньше: при дисковании БДТ-3 на 2 %, при культивации КПС-4 на 3 %. Поэтому следует однозначное заключение о необходимости агрегатирования приспособления Е-УПП с отвальными и безотвальными орудиями при обработке на глубину 20–22 и 25–27 см.

Засоренность посевов. Общеизвестным является факт, что сорняки угнетают рост и развитие культурных растений, снижают их урожай, ухудшают его качество. Исследования, проведенные в Ставропольском НИИСХ Л.С. Горбатко (1995), показали, что не только количественный, но и ботанический состав засорителей влияет на структуру урожая озимой пшеницы, снижая массу зерна и количество продуктивных колосьев на одном квадратном метре. Одним из способов снижения засоренности посевов является осенняя отвальная обработка почвы. При этом, согласно данным М.С. Резникова (1986), Л.Д. Максименко и др., замена вспашки плоскорезной обработкой или безотвальным рыхлением сопровождается повышенной засоренностью посевов [Система обработки... 1989]. Поэтому необоснованное приме-

нение способов безотвальной обработки почвы, в том числе мелкой и поверхностной, может вызвать отрицательный эффект.

Данные наблюдений за засоренностью посевов культур в течение ротации севооборота представлены в таблицах 25 и 26.

По результатам проведенных наблюдений в весенний период можно сделать вывод о том, что отвальная обработка подавляет сорняки в большей степени, чем обработка чизелем ПЧ-2,5 и безотвальным агрегатом КАО-2, в среднем соответственно на 20 и 10 %. Наиболее высокая засоренность отмечается на вариантах с поверхностной (КПС-4) и мелкой обработками, разница с контролем (вспашка) составляет в среднем соответственно 17 и 12 шт/м².

Таблица 25 – Засоренность посевов культур севооборота к периоду начала весенней вегетации при различных приемах основной обработки почвы

Вариант	Прием и глубина основной обработки	Горох + овес	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Кукуруза на з/м	Озимый ячмень
		шт/м ²	шт/м ²	шт/м ²	шт/м ²	шт/м ²
1	Культивация, 12–14 см	34	39	42	41	31
2	Безотвальное рыхление, 20–22 см	26	33	35	37	28
3	Вспашка, 20–22 см	22	25	26	29	25
4	Комбинированная обработка, 25–27 см	24	29	30	31	27
5	Дискование, 6–8 см	36	43	46	43	35
6	Культивация, 6–8 см	38	45	49	46	37
7	Чередование обработок под отдельные культуры	25	35	28	35	30

Таблица 26 – Засоренность посевов культур севооборота к периоду уборки при различных приемах основной обработки почвы

Вариант	Прием и глубина обработки	Горох + овес		Озимая пшеница		Озимая пшеница		Кукуруза на 3/м		Озимый ячмень	
		шт/м ²	г/м ²	шт/м ²	г/м ²	шт/м ²	г/м ²	шт/м ²	г/м ²	шт/м ²	г/м ²
1	Культивация, 12–14 см	24	192	34	272	37	296	36	288	26	212
2	Безотвальное рыхление, 20–22 см	16	128	28	226	30	242	32	256	23	186
3	Вспашка, 20 – 22 см	12	96	20	160	21	168	24	196	20	162
4	Комбинированная обработка, 25–27 см	14	112	24	194	25	200	26	210	22	176
5	Дискование, 6–8 см	26	208	38	304	41	328	38	306	30	244
6	Культивация, 6–8 см	28	224	40	320	44	352	41	330	32	258
7	Чередование обработок под отдельные культуры	15	120	30	240	23	184	30	240	25	202

На основании проведенных наблюдений можно заключить, что отвальная обработка подавляет сорняки в большей степени, чем обработка чизелем ПЧ-2,5 и безотвальным агрегатом КАО-2 в среднем соответственно на 25 и 17 %. Наиболее высокая засоренность отмечается на вариантах с поверхностной и мелкой обработками как в количественном, так и в весовом выражении, разница с контролем (вспашка) составляет в среднем соответственно 18 шт/м², 140 г/м² и 13 шт/м², 96 г/м².

К концу ротации севооборота сложилась устойчивая тенденция преобладания следующего видового состава сорняков: василек синий, подмаренник цепкий, гречишка, вьюнок полевой, что говорит о необходимости ротации гербицидов, обладающих более широким спектром действия.

Урожайность культур севооборота. Влияние систем основной обработки на урожайность культур севооборота в 2001–2006 гг. представлено в таблице 27 (Приложение 1).

Таблица 27 – Урожайность культур севооборота при различных системах основной обработки почвы с применением приспособления Е-УПП (фон удобренный), 2001–2006 гг., т/га

Вариант	Прием и глубина основной обработки	Горох + овес	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Кукуруза на з/м	Озимый ячмень	Средняя по севообороту, т з.е/га
1	Культивация, 12–14 см	36,6	3,15	2,75	21,5	3,48	3,48
2	Безотвальное рыхление, 20–22 см	38,4	3,34	2,98	21,8	3,63	3,65
3	Вспашка, 20–22 см	38,0	3,40	3,18	22,0	3,86	3,71
4	Комбинированная обработка, 25–27 см	37,4	3,37	3,08	22,4	3,72	3,69
5	Дискование, 6–8 см	34,2	3,11	2,80	20,8	3,28	3,37
6	Культивация, 6–8 см	31,6	2,94	2,66	20,4	3,08	3,19
7	Чередование обработок под отдельные культуры	38,1	3,22	3,24	22,5	3,53	3,67
НСР _{0,05}		3,7	0,21	0,22	3,0	0,24	0,15

Анализ данных таблицы 27 показал, что не установлено статистически достоверно значимых различий в урожайности ни по одной из культур севооборота при основной обработке безотвальными орудиями (чизель ПЧ-2,5 и агрегат КАО-2 на глубину 20–22 и 25–27 см) в сравнении со вспашкой (контроль), разница по зерновым колосовым составила в среднем 0,13 т/га. Наибольшее снижение урожайности отмечается на вариантах с постоянной поверхностной обработкой под все культуры севооборота (КПС-4), разность по колосовым в сравнении с контролем составляет в среднем 0,59 т/га.

Средняя урожайность культур в среднем по севообороту (т з.е/га) при отвальном, безотвальном и дифференцированном способах обработки почвы под отдельные культуры была практически одинаковой и составила соответственно 3,71; 3,69 и 3,67 т з.е/га.

Производственные испытания по применению комбинированных агрегатов в энергосберегающих технологиях возделывания сельскохозяйственных культур (P_1 , P_2) в сравнении с принятыми в хозяйстве (ПХ) на черноземе обыкновенном среднесуглинистом проводились на полях СПК «Ворошилова» Труновского района [Кузыченко, Квасов, Хрипунов, 2010]. Культуры: озимая пшеница по предшественнику кукуруза на зеленую массу и кукуруза на зеленую массу по предшественнику озимая пшеница. Орудия нового типа для основной обработки почвы и посева: комбинированный агрегат АКМ-6 (глубина обработки 12–14 см), многоцелевой культиватор КРГ-8,6 (глубина обработки 12–14 см), тяжелая дисковая борона БД-6,6 (глубина обработки 8–10 см), чизельный плуг ПЧ-4,5 (глубина обработки 30–35 см); для посева: посевной комплекс ПК-8,6 «Ставрополье», пропашная сеялка «Gaspardo».

Продуктивный запас влаги. Запас продуктивной влаги в период возделывания озимой пшеницы и кукурузы на зеленую массу в слое почвы 0–100 см представлен в таблице 28.

В период посева озимой пшеницы по кукурузе на зеленую массу отмечалась низкая влагообеспеченность в слое 0–100 см по всем вариантам обработок, усредненное значение составляет 50,2 мм. При этом отмечается тен-

денция лучшего влагонакопления по варианту с комбинированной обработкой агрегатом АКМ-6 (57,6 мм), а в поле кукурузы на зеленую массу – при чизельной обработке (70,1 мм), при этом запас влаги в сравнении с мелкой обработкой КРГ-8,6 был выше на 8 мм.

Иссушенный период октября – ноября не позволил накопить значительного количества влаги по глубокой (30–35 см) чизельной обработке на зяби под кукурузу. Показатели (66,9–70,1 мм) находятся в зоне низкой влагообеспеченности (по Вадюниной).

Таблица 28 – Запас продуктивной влаги по срокам вегетации культур, мм

Прием основной обработки (марки орудий), глубина обработки	Посев/зябь	Весенняя вегетация/посев	Уборка
Озимая пшеница после кукурузы на з/м			
Комбинированная (АКМ-6/СЗП-3,6), 12–14 см	57,6	161,9	118,8
Культивация (КРГ-8,6/СЗП-3,6), 8–10 см	45,4	152,3	95,7
Дискование (БД-6,6/ПК-8,6), 8–10 см	47,6	154,2	96,8
Кукуруза на з/м по озимой пшенице			
Комбинированная (АКМ-6/«Gaspardo»), 12–14 см	66,9	163,8	81,5
Культивация (КРГ-8,6/«Gaspardo»), 12–14 см	62,2	145,9	79,5
Безотвальное рыхление (ПЧ-4,5/«Gaspardo»), 30–35 см	70,1	167,1	88,6

Весенняя вегетация сопровождалась хорошим влагонакоплением по всем вариантам обработок (152,3–167,1 мм). В поле озимой пшеницы по кукурузе на з/м увеличение запаса продуктивной влаги по комбинированной обработке АКМ-6 в сравнении с дискованием бороной БД-6,6 составило 12,2 мм. Большее накопление влаги в слое 0–100 см в период посева кукурузы

зы по чизельной обработке плугом ПЧ-4,5 в сравнении с культивацией КРГ-8,6 (разница 21,2 мм) связано с созданием глубоких влагонакопительных щелей при обработке чизелем на глубину 35 см.

Плотность почвы. В период посева озимой пшеницы оптимальная плотность по всем вариантам обработок находилась в пределах 1,02–1,08 г/см³, при этом отмечается тенденция меньшего ее значения по вариантам с обработкой агрегатом АКМ-6 по сравнению с дискованием БД-6,6 в среднем на 0,06 г/см³ (Таблица 29).

Таблица 29 – Плотность почвы по срокам вегетации культур, г/см³

Прием основной обработки (марки орудий), глубина обра- ботки	Посев/зябь		Весенняя вегета- ция / посев		Уборка	
	0–10 см	10–20 см	0–10 см	10–20 см	0–10 см	10–20 см
Озимая пшеница после кукурузы на з/м						
Комбинированная, (АКМ-6/СЗП-3,6), 12–14 см	1,02	1,18	1,04	1,16	1,13	1,29
Культивация (КРГ-8,6/СЗП-3,6), 8–10 см	1,09	1,27	1,07	1,25	1,17	1,30
Дискование (БД-6,6/ПК-8,6), 8–10 см	1,08	1,28	1,06	1,26	1,18	1,32
Кукуруза на з/м по озимой пшенице						
Комбинированная (АКМ-6/Gaspardo»), 16 см	1,0	1,18	1,02	1,16	1,12	1,21
Культивация (КРГ- 8,6/«Gaspardo»), 12–14 см	1,05	1,23	1,07	1,21	1,20	1,34
Безотвальное рыхление (ПЧ–4,5/«Gaspardo»), 30–35 см	0,92	1,12	1,0	1,10	1,12	1,18

Весенняя вегетация сопровождалась некоторым уплотнением поверхностного слоя почвы по всем вариантам обработок в пределах 0,02 г/см³, при этом обработка агрегатом АКМ-6 создает к весне наиболее низкую плотность почвы (1,02–1,04 г/см³).

Более низкая плотность почвы в слое 0–20 см в период посева кукурузы по чизельной обработке плугом ПЧ-4,5 (1,05 г/см³) в сравнении с обработкой АКМ-6 (1,09 г/см³) связана с работой рыхлительной стойки на глубину 35 см.

Агрегатный состав почвы перед посевом культур. Меньшее количество агрономически ценных агрегатов (Таблица 30) отмечается при мелкой обработке культиватором КРГ-8,6 (в среднем 66,5 %), при этом обработка агрегатом АКМ-6 сформировала оптимальную структуру агрегатов (0,25–10 мм), равную 75,4 %, эрозионно-опасное распыление выше на мелкой (КРГ-8,6 – 32,2 %) и поверхностной обработке (БД-6,6 – 40,8 %).

Таблица 30 – Агрегатный состав почвы перед посевом в слое 0–10 см

Прием основной обработки (марки орудий), глубина обработки	Сухой рассев		Мокрый рассев
	Агрегаты 0,25–10 мм, %	Агрегаты <1 мм, %	Агрегаты 1–3 мм, %
Озимая пшеница после кукурузы на з/м			
Комбинированная, (АКМ-6/СЗП-3,6), 12–14 см	82,3	38,3	10,4
Культивация (КРГ-8,6/СЗП-3,6), 8–10 см	77,3	40,8	7,6
Дискование (БД-6,6/ПК-8,6), 8–10 см	79,4	39,1	7,8
Кукуруза на з/м по озимой пшенице			
Комбинированная (АКМ-6/Gaspardo»), 16 см	67,6	28,8	13,6
Культивация (КРГ- 8,6/«Gaspardo»), 12–14 см	66,5	32,2	8,8
Безотвальное рыхление (ПЧ- 4,5 / «Gaspardo»), 30–35 см	71,8	27,1	17,2

Водопрочность почвенных агрегатов в большей степени является функцией микробиологической активности, тем не менее наибольшее количество агрономически ценных водопрочных агрегатов отмечается на вариан-

тах с обработкой агрегатом АКМ-6 под озимые культуры (10,4 %), а по зяби под кукурузу – при обработке чизельным плугом ПЧН-4 (17,2 %).

Эрозионная устойчивость почвы перед посевом культур. Расчеты степени эродированности (Q) в осенний период (Таблица 31) показали, что поверхность поля после основной обработки под озимую пшеницу и под кукурузу на з/м остается по классификации Е.И. Шиятова [Методические рекомендации... 1981] сильноветроустойчивой ($Q < 50$ г).

Тем не менее в поле по предшественнику озимая пшеница наиболее распыленный поверхностный слой (агрегаты менее 1 см) наблюдается при обработке бороной БД-6,6. Это объясняется истирающим воздействием рабочих органов на почву, при этом обработка культиватором КРГ-8,6 из-за значительного количества остающихся на поверхности поля пожнивных остатков является наиболее ветроустойчивой.

Таблица 31 – Эрозионная устойчивость почвы (Q)

при применении различных орудий основной обработки

Орудия основной обработки	Озимая пшеница	Кукуруза на з/м
Культиватор КРГ-8,6	4,5	29,0
Агрегат АКМ-6	7,2	38,1
Борона БД-6,6	43,3	–
Плуг-чизель ПЧ-4,5	–	19,3

Чизельная обработка по предшественнику кукурузу на з/м в меньшей степени распыляет почву, что связано с характером работы рыхлительной стойки.

Засоренность посевов озимой пшеницы. Способы обработки оказали существенное влияние на засоренность посевов озимой пшеницы в весенний период (Таблица 32). Увеличение засоренности на вариантах с дискованием в

сравнении с обработкой АКМ-6 в поле озимой пшеницы составило 17 шт/м², а в поле кукурузы на з/м засоренность составила 24–28 шт/м². Однако применение гербицидов нивелировало разницу в количестве сорняков по вариантам обработок, и к уборке их количество было значительно ниже экономического порога вредоносности.

Таблица 32 – Засоренность посевов озимой пшеницы и кукурузы на з/м в период весенней вегетации при основной обработке почвы, шт/м²

Орудия основной обработки	Культура/предшественник	
	Озимая пшеница по кукурузе	Кукуруза на з/м по озимой пшенице
Культиватор КРГ-8,6	20	25
Агрегат АКМ-6	21	28
Борона БД-6,6	38	-
Плуг чизельный ПЧ-4,5	–	24

Урожайность и экономическая эффективность возделывания культур. Исследования позволили установить (Таблица 33, Приложение 2), что по предшественнику кукуруза на з/м наибольшая урожайность озимой пшеницы получена при применении агрегата АКМ-6 (6,41 т /га), увеличение в сравнении с мелкими обработками составило 0,54 (КРГ-8,6) и 0,37 т/га (БД-6,6) [Кузыченко, Квасов, Хрипунов, 2010].

При возделывании кукурузы на силос по колосовому предшественнику наибольший урожай получен при технологии обработки почвы по схеме: 2-кратное лушение бороной БД-6,6 и поздняя зяблевая обработка чизелем ПЧ-4,5 до 35 см, что позволило получить урожайность кукурузы на з/м на 19 % выше, чем при обработке агрегатом АКМ-6, и на 30 % выше, чем при обработке КРГ-8,6.

Ресурсосберегающая технология P_1 возделывания озимой пшеницы по кукурузе на з/м в сравнении с технологией, принятой в хозяйстве (ПХ), имеет более низкую себестоимость (на 41 руб/т) и более высокую рентабельность

(на 9 %). Вариант с обработкой культиватором КРГ-8,6 выше по себестоимости на 136 руб/т и ниже по уровню рентабельности на 22 % в сравнении с вариантом обработки агрегатом АКМ-6.

Таблица 33 – Урожайность и экономические показатели возделывания культур при применении различных машинных комплексов

Культура-предшественник	Технология	Машина основной обработки / посева	Урожайность культур, т/га	Затраты, руб/га	Себестоимость, руб/т	Рентабельность, %
1	2	3	4	5	6	7
Озимая пшеница – кукуруза на з/м	P_1	Агрегат АКМ-6/сеялка СЗП-3,6	6,41	9868	1539	175
	P_2	Культиватор КРГ-8,6 / сеялка СЗП-3,6	5,87	9837	1675	153
	ПХ	Борона БД-6,6/посевной комплекс ПК-8,6	6,04	9276	1580	166
НСР _{0,05} = 0,25						
Кукуруза на з/м – озимая пшеница	P_1	Агрегат АКМ-6/сеялка «Гаспардо»	17,5	7066	404	39
	P_2	Культиватор КРГ-8,6/сеялка «Гаспардо»	15,0	6722	448	25
	ПХ	Борона БД-6,6, чизельный плуг ПЧ-4,5, сеялка «Гаспардо»	21,5	7203	335	67
НСР _{0,05} = 3,43						

Несмотря на более высокие производственные затраты (7203 руб/га), связанные с применением чизельного плуга ПЧ-4,5 при основной обработке под кукурузу на з/м (вариант ПХ), в сравнении с другими вариантами (превышение в среднем 4 %) отмечается более низкая себестоимость (335 руб/т),

а рентабельность выше по отношению к варианту P_1 на 28 %, а по отношению к варианту P_2 на 42 %.

Производственные испытания показали, что на черноземе обыкновенном зоны неустойчивого увлажнения наиболее эффективной основной обработкой под озимую пшеницу после кукурузы на з/м является мелкая обработка комбинированным агрегатом АКМ-6 на 12 – 14 см, а под кукурузу на з/м – чизелевание плугом ПЧ-4,5 на глубину 30–35 см.

3.2. Система основной обработки почвы под культуры севооборота на черноземе обыкновенном солонцеватом

Запас продуктивной влаги. Наблюдения за запасами продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см в осенне-зимний и весенний периоды в поле черного пара, озимой пшеницы и подсолнечника представлены в таблице 34.

Таблица 34 – Содержание продуктивной влаги в слое 0–100 см при различных приемах основной обработки почвы (2009–2012 гг.), мм

Прием и глубина основной обработки	Уход в зиму			Весенняя вегетация		
	Черный пар	Озимая пшеница	Подсолнечник	Черный пар	Озимая пшеница	Подсолнечник
Вспашка, 20–22 см	144,3	137,9	124,0	189,6	178,3	146,2
Безотвальное рыхление, до 30 см	156,5	153,5	148,7	192,2	185,6	150,1
Дискование, 12–14 см	123,0	128,1	112,1	186,7	169,7	140,6

Наибольшее накопление продуктивной влаги в среднем за осенне-весенний период в поле черного пара отмечается на варианте с глубоким рыхлением – 174,3 мм. На варианте со вспашкой снижение значений в

накоплении влаги по сравнению с глубоким рыхлением не существенно и составляет 7,4 мм (4 %), а по мелкой обработке отмечается более значимое снижение – 16,5 мм (9 %).

Содержание продуктивной влаги в среднем за осенне-весенний период в поле озимой пшеницы выше на варианте с глубоким рыхлением – 169,5 мм. По вариантам со вспашкой и мелкой обработкой снижение значений в накоплении влаги по сравнению с глубоким рыхлением достаточно существенно и составляет соответственно 10,5 мм (6 %) и 20,6 мм (12 %).

Более значительное накопление влаги в среднем за осенне-весенний период в поле под подсолнечник отмечается на варианте с глубоким рыхлением – 149,4 мм. На варианте с отвальной и мелкой обработками снижение запасов влаги по сравнению с глубоким рыхлением достаточно существенно и составляет соответственно 14,3 мм (9 %) и 23,1 мм (15 %).

Плотность почвы. Плотность почвы характеризуется взаимным расположением частиц и агрегатов в зависимости от структурного состава почвы. Данные исследований по плотности почвы представлены в таблице 35.

Таблица 35 – Плотность почвы в слое 0–20 см при различных приемах основной обработки почвы (2009-2012 гг.), г/см³

Прием и глубина основной обработки	Уход в зиму			Весенняя вегетация		
	Черный пар	Озимая пшеница	Подсолнечник	Черный пар	Озимая пшеница	Подсолнечник
Вспашка, 20–22 см	1,15	1,14	1,12	1,18	1,17	1,16
Безотвальное рыхление, до 30 см	1,17	1,16	1,14	1,20	1,19	1,17
Дискование, 12–14 см	1,19	1,18	1,17	1,21	1,21	1,21

Установлено наиболее низкое значение плотности почвы (слой 0–20 см) в осенне-весенний период в поле черного пара при вспашке и глубоком рыхлении, составляющее в среднем соответственно 1,17 и 1,19 г/см³. Мелкая обработка показала большее значение плотности почвы в сравнении со вспашкой в среднем на 0,04 г/см³.

Наиболее низкое значение плотности почвы (слой 0–20 см) в осенне-весенний период в поле озимой пшеницы отмечается на варианте с отвальной вспашкой и безотвальным рыхлением и составляет в среднем 1,16 и 1,18 г/см³. Мелкая обработка сформировала большую плотность почвы в сравнении со вспашкой на 0,04 г/см³.

Плотность почвы в поле подсолнечника при мелкой обработке составила в осенне-весенний период величину, равную 1,19 г/см³, что выше, чем при отвальной обработке и глубоком рыхлении, соответственно на 0,05 и 0,04 г/см³.

Структурно-агрегатный состав. Структура почвы характеризуется формой и величиной структурных агрегатов, их пористостью и механической прочностью (Инкин, 1973). Наиболее значимыми показателями, характеризующими структуру почвы, являются: средневзвешенный диаметр агрегатов (Д), определяемый по методике А.Н. Воронина (1986), процентное содержание агрегатов 1–3 мм и эрозионно-опасных частиц менее 1 мм (Таблица 36).

После основной обработки под черный пар на варианте со вспашкой в слое 0–20 см отмечается наименьший средневзвешенный диаметр агрегатов – 9,8 мм, наибольшее количество агрегатов 1–3 мм – 23,3 % и незначительное количество эрозионных частиц – 1,5 %. Глубокая обработка незначительно уступает вспашке по этим показателям: по диаметру агрегатов – больше на 0,4 мм, по содержанию агрегатов 1–3 мм – ниже на 3,7 %, по содержанию эрозионных частиц – выше на 1 %. Более глыбистая структура отмечается на варианте с мелкой обработкой, диаметр агрегатов выше на 3,5 мм.

Таблица 36 – Агрегатный состав почвы (слой 0–20 см)
при различных приемах основной обработки (2009–2012 гг.)

Вариант	Прием и глубина основной обработки	Черный пар			Озимая пшеница			Подсолнечник		
		Д, мм	1–3 мм, %	<1 мм, %	Д, мм	1–3 мм, %	<1 мм, %	Д, мм	1–3 мм, %	<1 мм, %
1	Вспашка, 20–22 см	9,8	23,3	1,5	8,1	26,9	3,4	10,5	18,3	1,2
2	Безотвальное рыхление, до 30 см	10,2	19,6	5,1	9,1	22,8	5,4	12,1	11,4	1,9
3	Дискование, 12–14 см	12,4	10,9	6,5	10,1	21,2	6,0	12,5	8,8	4,1

В поле озимой пшеницы на варианте со вспашкой в слое 0–20 см отмечается наименьший средневзвешенный диаметр агрегатов – 8,1 мм, наибольшее количество агрегатов 1–3 мм – 26,9 % и незначительное количество эрозионных частиц – 3,4 %. Глубокое рыхление черного пара несколько уступает вспашке по этим показателям: по диаметру агрегатов – больше на 1,0 мм, по содержанию агрегатов 1–3 мм – ниже на 4,1 %, по содержанию эрозионных частиц – выше на 2 %. Более глыбистая структура отмечается на варианте с мелкой обработкой, диаметр агрегатов выше на 2 мм.

При основной отвальной обработке под подсолнечник в слое 0–20 см отмечается наименьший средневзвешенный диаметр агрегатов – 10,5 мм, наибольшее количество агрегатов 1–3 мм – 18,3 % и незначительное количество эрозионных частиц – 1,2 %. Глубокое рыхление несколько уступает отвальной обработке по этим показателям: по диаметру агрегатов – больше на 1,6 мм, по содержанию агрегатов 1–3 мм – ниже на 6,9 %, по содержанию эрозионных частиц – выше на 0,7 %. Более глыбистая структура отмечается на варианте с мелкой обработкой, диаметр агрегатов выше на 2,9 мм.

Обобщающим выводом является положение о том, что отвальная обработка и безотвальное рыхление создают в период основной обработки почвы примерно одинаковый благоприятный структурный состав. Показатели по мелкой обработке в сравнении с отвальной обработкой несколько ниже, содержание агрономически ценных агрегатов меньше на 9,2 %, однако почвенный пласт после всех обработок требует дополнительного воздействия.

Мокрый рассев агрегатов. Водопрочность структуры является в большей степени показателем биологической активности почвы, поэтому формируется длительное время. Основная обработка способствует лишь расчленению крупных агрегатов на более мелкие (агрономически ценные) и созданию большей удельной поверхности структурных частиц, противодействующих процессам водной и ветровой эрозии почвы. Водопрочность пахотного слоя характеризуется средневзвешенным диаметром агрегатов D и содержанием агрономически ценных водопрочных агрегатов, которыми с точки зрения создания оптимальных водно-воздушных свойств являются водопрочные агрегаты диаметром 1–10 мм (Таблица 37).

Таблица 37 – Водопрочность почвенных агрегатов при различных приемах основной обработки в слое 0–20 см (2009–2012 гг)

Вариант	Прием и глубина основной обработки	Черный пар		Озимая пшеница		Подсолнечник	
		D , мм	1–10 мм, %	D , мм	1–10 мм, %	D , мм	1–10 мм, %
1	Вспашка, 20–22 см	3,1	56,2	3,1	62,4	3,4	60,8
2	Безотвальное рыхление, до 30 см	3,4	52,6	3,2	56,4	3,5	54,6
3	Дискование, 12–14 см	4,6	44,0	3,2	56,2	3,9	52,4

В поле черного пара создание меньшего диаметра водопрочной структуры в период основной обработки почвы в слое 0–20 см обеспечивает отвальная обработка плугом ($D = 3,1$ мм) в сравнении с глубоким рыхлением ($D = 3,4$ мм) и мелкой обработкой ($D = 4,6$ мм). Количество агрегатов 1–3 мм выше на варианте с отвальной обработкой (56,2 %) в сравнении с глубоким рыхлением и мелкой обработкой соответственно на 3,6 и 12,2 %.

В поле озимой пшеницы сформировался меньший диаметр водопрочной структуры в слое 0–20 см на варианте с отвальной обработкой плугом ПЛН-8-40 ($D = 3,1$ мм) в сравнении с глубоким рыхлением ($D = 3,2$ мм) и мелкой обработкой ($D = 3,2$ мм). Количество агрегатов 1–3 мм выше на варианте с отвальной обработкой (62,4 %) в сравнении с глубоким рыхлением и мелкой обработкой на 6 %.

При основной обработке под подсолнечник меньший диаметр водопрочной структуры в слое 0–20 см отмечается при отвальной обработке плугом ($D = 3,4$ мм) в сравнении с мелкой обработкой ($D = 3,9$ мм) и глубоким рыхлением ($D = 3,5$ мм). Количество агрегатов 1–3 мм выше на варианте с отвальной обработкой (60,8 %) в сравнении с рыхлением и мелкой обработкой соответственно на 6,2 и 8,4 %.

Обобщающим выводом является положение о том, что отвальная обработка и безотвальное рыхление создают в период основной обработки почвы примерно одинаковый благоприятный состав водопрочных агрегатов. Показатели по мелкой обработке в сравнении с отвальной обработкой несколько ниже, поскольку слой 10–20 см не подвергается механическому воздействию, содержание агрономически ценных водопрочных агрегатов меньше на 8,9 %

Рост и развитие растений при различных приемах основной обработки почвы. Отмечается более интенсивное развитие озимой пшеницы на варианте со вспашкой и безотвальным рыхлением в весенний период в сравнении с мелкой обработкой (Таблица 38, Рисунок 7). Средняя длина растения в весенний период развития при мелкой обработке в сравнении с глубоким

рыхлением ниже на 1,2 см, а длина корневой системы в весенний период меньше на 0,7 см, при этом общий вес 10 произвольно взятых растений ниже на 3,3 г.

Таблица 38 – Наблюдения за развитием озимой пшеницы в период весенней вегетации при различных приемах основной обработки почвы

Показатель	Вспашка	Безотвальное рыхление	Дискование
Средняя длина растения, см	21,3	21,7	20,5
Средняя длина корня растения, см	9,6	9,6	8,9
Общий вес растений, г	5,5	7,4	4,1

Отмечается более интенсивное развитие подсолнечника в весенний период на варианте с безотвальным рыхлением в сравнении со вспашкой и мелкой обработкой (Таблица 39, Рисунок 8). Средний размер растения по длине меньше на отвальной и мелкой обработках в сравнении с глубоким рыхлением соответственно на 1,5 и 3,9 см, а средний вес растения меньше соответственно на 2 и 3,5 г.

Таблица 39 – Наблюдения за развитием подсолнечника в весенний период при различных приемах основной обработки почвы

Прием и глубина основной обработки	Средняя величина	
	Средняя длина растений, см	Средний вес растений, г
Вспашка, 20–22 см	23,7	5,6
Безотвальное рыхление, до 30 см	25,2	7,6
Дискование, 12–14 см	21,3	4,1



Рисунок 7 – Весеннее развитие озимой пшеницы при различных приемах основной обработки почвы

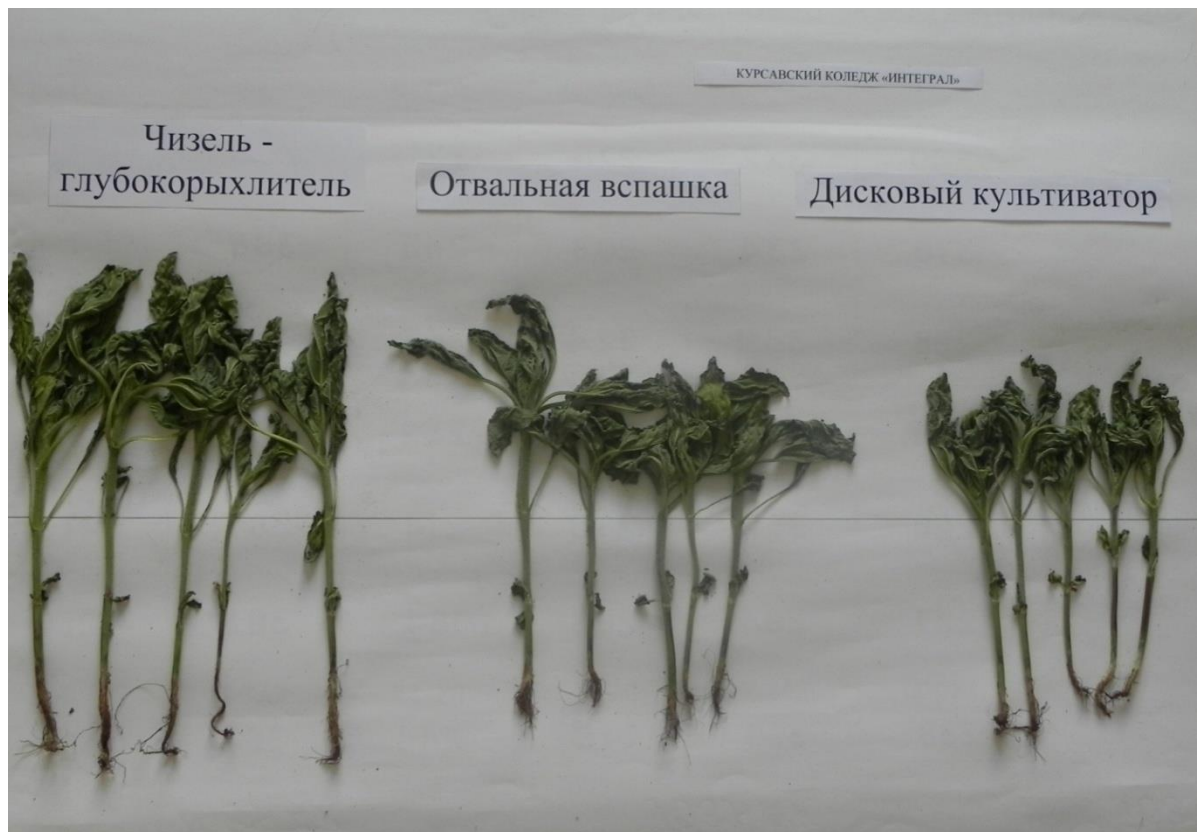


Рисунок 8 – Весеннее развитие подсолнечника при различных приемах основной обработки почвы

Засоренность посевов. Наблюдения за засоренностью посевов озимой пшеницы и подсолнечника (Таблица 40, Таблица 41) проводились в осенний, весенний период до обработки гербицидами и в период уборки. Видовой состав сорняков представлен яровыми поздними (марь белая, амброзия по-лыннолистная), зимующими (подмаренник, ярутка полевая), многолетними (вьюнок, осот).

Таблица 40 – Динамика засоренности посевов озимой

Прием и глубина основной обработки	Осенняя вегетация, шт/м ²	Весенняя вегетация, шт/м ²	Уборка	
			шт/м ²	г/м ²
Вспашка, 20–22 см	27	21	22	140
Безотвальное рыхление, до 30 см	32	25	23	154
Дискование, 12–14 см	41	38	29	182

Отмечается высокая степень засоренности посевов озимой пшеницы в период ухода в зиму. По варианту с мелкой обработкой превышение в сравнении со вспашкой составляет 14 шт/м². В весенне-летний период развития озимой пшеницы наблюдается высокая степень засоренности посевов по мелкой обработке, разница в сравнении с отвальной вспашкой составляет соответственно 17 шт/м². К уборке количественно-весовой состав сорняков выше на варианте с мелкой обработкой в сравнении с отвальной на 23 %.

Таблица 41 – Динамика засоренности посевов подсолнечника

Прием и глубина основной обработки	Весенняя вегетация, шт/м ²	Уборка	
		шт/м ²	г/м ²
Вспашка, 20–22 см	11	21	160
Безотвальное рыхление, до 30 см	15	22	164
Дискование, 12–14 см	23	28	182

В весенне-летний период развития подсолнечника наблюдается более высокая степень засоренности посевов по мелкой обработке, разница в сравнении со вспашкой составляет соответственно 12 шт/м². К уборке количественно-весовой состав сорняков выше на варианте с мелкой обработкой в сравнении со вспашкой на 12 %.

Динамика изменения плодородия почвы при различных системах основной обработки почвы за ротацию севооборота. Исследования проводились с 2009 по 2012 год на черноземе солонцеватом по всем вариантам опыта. Изменение почвенного плодородия под воздействием различных систем основной обработки в севообороте оценивали по следующим показателям: общий гумус, содержание подвижного фосфора и обменного калия.

Гумусовое состояние почвы при различных системах основной обработки. Динамика содержания общего гумуса показывает, что за период с 2009 по 2012 год не произошло ухудшения гумусового состояния почвы, применяемые системы основной обработки способствовали его стабилизации (Таблица 42).

Таблица 42 – Изменение содержания гумуса в почве при различных системах основной обработки за 2009–2012 гг., %

Вариант	Прием и глубина основной обработки	Глубина, см	Год исследований		Разность, ± %
			2009	2012	
1	Вспашка, 20–22 см	0–10	3,38	3,57	+0,19
		10–20	3,35	3,47	+0,12
		20–30	3,35	3,41	+0,06
2	Безотвальное рыхление, до 30 см	0–10	3,52	3,57	+0,05
		10–20	3,31	3,44	+0,13
		20–30	3,32	3,41	+0,09
3	Дискование, 12–14 см	0–10	3,51	3,53	+0,02
		10–20	3,43	3,47	+0,04
		20–30	3,24	3,25	+0,01
Среднее содержание гумуса в слое 0–20 см		–	3,42	3,51	+0,09

Среднее содержание гумуса в почве в слое 0–20 см (2001 г.) было равно 3,42 %. По окончании ротации севооборота (2012 г.) его количество стало равно 3,51 %. Отмечается тенденция несколько меньшего накопления его количества за ротацию севооборота на варианте с мелкой обработкой в сравнении со вспашкой. Снижение величины этого показателя во всех слоях почвы составило 0,1 %.

Динамика содержания подвижного фосфора и обменного калия.

Анализ обеспеченности почвы подвижным фосфором свидетельствует о некотором изменении в его содержании. При исходном его уровне в 2009 году в слое 0–20 см, равном 24,4 мг/кг, его количество к окончанию ротации севооборота (2012 г.) составило в среднем 27,7 мг/кг (Таблица 43).

Таблица 43 – Влияние систем основной обработки почвы на содержание подвижного фосфора в почве (2009–2012 гг.), мг/кг

Вариант	Прием и глубина основной обработки	Глубина, см	Год исследований		Разность, ±
			2009	2012	
1	Вспашка, 20–22 см	0–10	29,0	26,7	–2,3
		10–20	26,0	27,3	+1,3
		20–30	25,0	18,2	–6,8
2	Безотвальное рыхление, до 30 см	0–10	26,5	29,8	+3,3
		10–20	19,5	27,7	+8,2
		20–30	22,5	24,3	+1,8
3	Дискование, 12–14 см	0–10	31,5	35,3	+3,8
		10–20	14,0	19,8	+5,8
		20–30	7,5	8,8	+1,3
Среднее в слое 0–20 см		–	24,4	27,7	+3,3

Регулярное внесение минеральных удобрений способствовало поддержанию подвижного фосфора на несколько повышенном к исходному уровню: разница составила к 2012 году 3,3 мг/кг.

Однако длительное применение различных систем основной обработки приводит к дифференциации подвижного фосфора по почвенным слоям, что объясняется заделкой удобрений на разную глубину. При вспашке к 2012 году наблюдается равномерное распределение фосфорных удобрений в пахотном слое (26,7 и 27,3 мг/кг P_2O_5 в слоях 0–10 и 10–20 см). При мелкой обработке, где вся доза поступает в слой 6–8 см (35,3 и 19,8 мг/кг в слоях 0–10 и 10–20 см соответственно), содержание подвижного фосфора в слое 0–10 см на 24 % выше, чем при вспашке, а в слое 10–20 см ниже на 27 %, хотя в среднем его количество по поверхностной обработке такое же, как и при вспашке, – в пределах 27–27,5 мг/кг.

Системы основной обработки не оказали существенного влияния на содержание обменного калия. Его запас независимо от вида возделываемых культур и обработки почвы составил в среднем 315 мг/кг K_2O . Следует отметить, что мелкая обработка усилила естественную гетерогенность почвы по содержанию подвижного фосфора и обменного калия с накоплением их содержания в верхнем слое 0–10 см и резким снижением в слое 10–20 см.

Урожайность культур севооборота. Отмечается тенденция увеличения урожайности озимой пшеницы по черному пару (Таблица 44, Приложение 3) на варианте с глубоким рыхлением по отношению к отвальной обработке (разница 0,08 т/га).

Таблица 44 – Урожайность культур севооборота при различных системах основной обработки почвы, т/га (2010–2012 гг.)

Прием и глубина основной обработки	Культуры	
	озимая пшеница	подсолнечник
Вспашка, 20–22 см	2,42	0,92
Безотвальное рыхление, до 30 см	2,50	1,04
Дискование, 12–14 см	2,12	0,80
НСР _{0,05}	0,12	0,11

По варианту с дисковой мелкой обработкой установлено достоверное снижение урожайности, составляющее в сравнении с глубоким рыхлением 0,38 т/га, а в сравнении со вспашкой 0,30 т/га, т. е. мелкая обработка черного пара под озимую пшеницу неэффективна.

Глубокая зяблевая обработка под подсолнечник позволила получить более высокий урожай продукции (1,04 т/га) в сравнении со вспашкой и мелкой обработкой (разница соответственно 0,12 и 0,24 т/га) в связи с лучшими условиями влагонакопления в осенне-весенний период.

3.3. Эффективность систем основной обработки на темно-каштановой почве

Запас продуктивной влаги. Наблюдения за динамикой запасов продуктивной влаги в слое 0–100 см под посевами озимого рапса, озимой пшеницы и подсолнечника велись в осенний, весенний периоды и перед уборкой (Таблица 45).

Наибольшее накопление влаги в осенний период в поле озимого рапса в среднем за три года отмечается на варианте с отвальной обработкой плугом – 130 мм. По вариантам с безотвальным рыхлением и дискованием снижение значений в накоплении влаги по сравнению с отвальной обработкой достаточно существенно и составляет соответственно 15 мм (11 %) и 27 мм (21 %). Однако в острозасушливых условиях проведения основной обработки почвы под озимый рапс в 2010 году (снижение нормы осадков июля – августа составило 27 мм от нормы) было установлено, что на варианте с безотвальным рыхлением к периоду ухода в зиму запас продуктивной влаги составил 122 мм, по отвальной обработке 114 мм, а по дискованию – 105 мм.

В весенний период наибольшее накопление влаги (слой 0–100 см) в поле озимого рапса отмечается на вариантах с отвальной обработкой плугом – 143 мм. Снижение запасов влаги по вариантам с безотвальным рыхлением и дискованием составило соответственно 4 и 7 мм, т. е. разница в накоплении продуктивной влаги по этим вариантам незначительна.

Таблица 45 – Содержание продуктивной влаги в слое 0–100 см при различных приемах основной обработки почвы по срокам отбора в среднем за 2009–2012 гг., мм

Прием и глубина основной обработки	Период отбора образцов		
	Осенний период	Весенняя вегетация	Уборка
Озимый рапс			
Вспашка, 20–22 см	130	143	93
Безотвальное рыхление, 35–40 см	115	139	78
Дискование, 14–16 см	103	136	72
Озимая пшеница по озимой пшенице			
Вспашка, 20–22 см	115	143	63
Безотвальное рыхление, 35–40 см	109	132	61
Дискование, 14–16 см	104	127	58
Подсолнечник			
Вспашка, 20–22 см	117	141	53
Безотвальное рыхление, 35–40 см	131	147	69
Дискование, 14–16 см	110	130	47

К уборке запасы продуктивной влаги в поле озимого рапса по всем вариантам основной обработки снижаются, оставаясь при этом наиболее низкими по значению на варианте с дискованием (72 мм).

Наибольшее накопление влаги в весенний период в поле озимой пшеницы отмечается на варианте со вспашкой – 143 мм. На варианте с безотвальным рыхлением и дискованием снижение значений в накоплении влаги по сравнению с отвальной обработкой составляет соответственно 11 и 16 мм.

В осенний период запас продуктивной влаги в поле подсолнечника на варианте с безотвальным рыхлением составит 131 мм, что выше в сравнении со вспашкой на 14 мм (11 %), а в сравнении с дискованием на 21 мм (16 %).

Весенний период сопровождался накоплением большего количества продуктивной влаги (слой 0–100 см) в поле под подсолнечник на варианте с глубоким рыхлением – 147 мм. Снижение запасов влаги по варианту со вспашкой составило 6 мм (5 %), а по варианту с дискованием 17 мм (11 %).

К уборке запасы продуктивной влаги в поле подсолнечника по вариантам основной обработки снижаются, оставаясь при этом наиболее низкими по значению на варианте с дискованием – 47,0 мм.

Плотность почвы. Плотность почвы характеризуется взаимным расположением частиц и агрегатов в зависимости от структурного состава почвы. Данные исследований по динамике изменения плотности почвы при различных способах обработки представлены в таблице 46.

Таблица 46 – Плотность почвы в слое 0–20 см при различных приемах основной обработки почвы под отдельные культуры (2009–2012 гг.), г/см³

Прием и глубина основной обработки	Срок отбора образцов		
	Осенний период	Весенняя вегетация	Уборка
Озимый рапс			
Вспашка, 20–22 см	1,11	1,05	1,18
Безотвальное рыхление, 35–40 см	1,14	1,11	1,20
Дискование, 14–16 см	1,17	1,15	1,22
Озимая пшеница по озимой пшенице			
Вспашка, 20–22 см	1,10	1,04	1,14
Безотвальное рыхление, 35–40 см	1,13	1,12	1,22
Дискование, 14–16 см	1,18	1,14	1,23
Подсолнечник			
Вспашка, 20–22 см	1,08	1,05	1,19
Безотвальное рыхление, 35–40 см	1,05	1,04	1,23
Дискование, 14–16 см	1,15	1,13	1,25

Установлено наиболее низкое значение плотности почвы (слой 0–20 см) в осенний период в поле озимого рапса при отвальной обработке, составляющее $1,11 \text{ г/см}^3$. Безотвальное рыхление и дискование показали большее значение плотности почвы в сравнении со вспашкой соответственно на $0,03$ и $0,06 \text{ г/см}^3$. Повышенное значение плотности почвы на варианте с безотвальным рыхлением связано с формированием гребнистого дна в обработанном слое почвы.

В весенний период при безотвальном рыхлении и дисковой обработке плотность почвы выше в сравнении со вспашкой соответственно на $0,06$ и $0,1 \text{ г/см}^3$. В период уборки значение плотности почвы увеличивается практически по всем вариантам, оставаясь выше на варианте с дискованием в сравнении со вспашкой на $0,10 \text{ г/см}^3$.

Установлено наиболее низкое значение плотности почвы (слой 0–20 см) в осенний период при отвальной обработке в поле озимой пшеницы, которое составило $1,04 \text{ г/см}^3$. Безотвальное рыхление и дискование показали большее значение плотности почвы в сравнении со вспашкой соответственно на $0,03$ и $0,08 \text{ г/см}^3$. Плотность почвы по варианту глубокого рыхления повышена, что связано с формированием гребнистого дна в обработанном слое почвы.

В весенний период при безотвальном рыхлении и дисковой обработке плотность почвы выше в сравнении со вспашкой соответственно на $0,08$ и $0,1 \text{ г/см}^3$. В период уборки значение плотности почвы увеличивается практически по всем вариантам, оставаясь выше на варианте с дискованием в сравнении со вспашкой на $0,09 \text{ г/см}^3$.

Установлено наиболее низкое значение плотности почвы (слой 0–20 см) в осенний период в поле под подсолнечник при безотвальном рыхлении, которое составило $1,05 \text{ г/см}^3$. Поздняя отвальная глыбистая зябь сформировала несколько большую плотность почвы, равную $1,08 \text{ г/см}^3$, увеличение плотности почвы после дискования в сравнении с безотвальным рыхлением составило $0,1 \text{ г/см}^3$.

В весенний период при безотвальном рыхлении и вспашке плотность почвы имела примерно равные значения, 1,04 и 1,05 г/см³, однако дискование показало увеличение плотности почвы в сравнении с безотвальной обработкой на 0,09 г/см³. В период уборки значение плотности увеличивается практически по всем вариантам в пределах 1,19–1,25 г/см³.

Структурно-агрегатный состав (сухой рассев). Структура почвы характеризуется формой и величиной структурных агрегатов, их пористостью и механической прочностью (Инкин, 1973). Наиболее значимыми показателями, характеризующими структуру почвы и представленными в таблице 47, являются: средневзвешенный диаметр агрегатов (Д), определяемый по методике А.Н. Воронина (1986), процентное содержание агрегатов 1–3 мм и эрозионно-опасных частиц менее 1 мм.

Таблица 47 – Агрегатный состав почвы (слой 0–20 см) при различных приемах основной обработки под отдельные культуры (2009–2012 гг.)

Вариант	Прием и глубина основной обработки	Озимый рапс			Озимая пшеница			Подсолнечник		
		Д, мм	1–3 мм, %	<1 мм, %	Д, мм	1–3 мм, %	<1 мм, %	Д, мм	1–3 мм, %	<1 мм, %
1	Вспашка, 20–22 см	8,3	28,2	10,0	6,5	34,2	12,9	7,1	34,9	16,5
2	Безотвальное рыхление, 35–40 см	8,6	26,4	10,8	8,1	29,6	13,7	6,8	36,1	13,3
3	Дискование, 14–16 см	8,8	26,2	11,0	8,1	27,6	19,3	7,1	34,2	19,3

После основной обработки под озимый рапс на варианте с отвальной обработкой в слое 0–20 см отмечается наименьший средневзвешенный диаметр агрегатов – 8,3 мм, наибольшее количество агрегатов 1–3 мм – 28,2 %, и незначительное количество эрозионных частиц – 10 %. Безотвальное рыхле-

ние уступает отвальной обработке по этим показателям: диаметр агрегатов больше на 0,3 мм, содержание агрегатов 1–3 мм – ниже на 1,8 %, содержание эрозионных частиц – выше на 0,8 %.

При отвальной обработке под озимую пшеницу в слое 0–20 см отмечается наименьший средневзвешенный диаметр агрегатов – 6,5 мм, наибольшее количество агрегатов 1–3 мм – 34,2 % и незначительное количество эрозионных частиц – 12,9 %. Безотвальное рыхление несколько уступает по этим показателям отвальной обработке: диаметр агрегатов больше на 1,6 мм, содержание агрегатов 1–3 мм – меньше на 4,6 %, содержание эрозионных частиц больше на 0,8 %.

Основная безотвальная обработка почвы под подсолнечник сформировала в слое 0–20 см наименьший средневзвешенный диаметр агрегатов – 6,8 мм, наибольшее количество агрегатов 1–3 мм – 36,1 % и незначительное количество эрозионных частиц – 13,3 %. Отвальная обработка уступает безотвальному рыхлению по этим показателям: диаметр агрегатов больше на 0,4 мм, содержание агрегатов 1–3 мм – меньше на 1,2 %, содержание эрозионных частиц – больше на 3,2 %.

Обобщающим выводом является положение о том, что вспашка с оборотом пласта создает в период основной обработки почвы несколько более благоприятный структурный состав почвы в системе полупара под озимые культуры, а безотвальное рыхление в системе поздней зяби – под подсолнечник.

Водопрочность (мокрый рассев). Агрономически ценными водопрочными агрегатами с точки зрения создания оптимальных водно-воздушных свойств являются водопрочные агрегаты диаметром 1–3 мм (Таблица 48).

В поле озимого рапса наиболее благоприятной обработкой, обеспечивающей создание меньшего диаметра водопрочной структуры в период основной обработки почвы в слое 0–20 см, были отвальная обработка плугом ПЛН-8-40 ($D = 2,3$ мм) в сравнении с дискованием ($D = 2,7$ мм) и безотвальным рыхлением ($D = 2,7$ мм). Количество агрегатов 1–3 мм выше на варианте с отвальной обработкой (33,8 %) в сравнении с дискованием и безотвальным рыхлением соответственно на 10,4 и 3,8 %.

Таблица 48 – Водопрочность почвенных агрегатов при различных приемах основной обработки (слой 0–20 см) под различные культуры (2009–2012 гг.)

Вариант	Прием и глубина основной обработки	Озимый рапс		Озимая пшеница		Подсолнечник	
		Д, мм	1–3мм, %	Д, мм	1–3мм, %	Д, мм	1–3 мм, %
1	Вспашка, 20–22 см	2,3	33,8	1,4	34,2	2,1	34,8
2	Безотвальное рыхление, 35–40 см	2,7	30,0	2,1	31,0	1,9	39,6
3	Дискование, 14–16 см	2,7	23,4	2,6	28,0	2,4	34,4

Под озимую пшеницу наиболее благоприятной обработкой, обеспечивающей создание меньшего диаметра водопрочной структуры в период основной обработки почвы в слое 0–20 см, были отвальная обработка плугом ПЛН-8-40 (Д = 1,4 мм) в сравнении с дискованием (Д = 2,6 мм) и безотвальным рыхлением (Д = 2,1 мм). Количество агрегатов 1–3 мм выше на варианте с отвальной обработкой. По дискованию содержание агрегатов 1–3 мм меньше соответственно на 6 %, а по безотвальному рыхлению на 3,2 %.

После основной безотвальной обработки чизелем под подсолнечник создается наиболее благоприятный структурный состав с меньшим диаметром водопрочной структуры в слое 0–20 см (1,9 мм). Количество агрегатов 1–3 мм выше на варианте с глубокой безотвальной обработкой (39,6 %) в сравнении с дискованием и отвальной обработкой соответственно на 5,2 и 4,8 %.

Водопрочность структуры является в большей степени показателем биологической активности почвы, формирующейся длительное время. Основная обработка способствует лишь расчленению крупных агрегатов на более мелкие (агрономически ценные) и созданию большей удельной поверхности структурных частиц, противодействующих процессам водной и ветровой эрозии почвы.

Наблюдения за развитием растений в осенний и весенний периоды.

Установлено, что темпы развития озимого рапса на варианте со вспашкой в

осенний и весенний периоды выше в сравнении с дискованием (Таблица 49, Рисунок 9, Рисунок 10). Средний размер растения по высоте при дисковании ниже на 5,2 см, а средний вес растения меньше на 9,2 г, при этом отмечается и меньший диаметр корневой шейки в период весенней вегетации (11,8 мм) на варианте с основной обработкой дисковым культиватором.

Таблица 49 – Показатели роста и развития озимого рапса в осенний и весенний периоды

Показатель	Уход в зиму			Весенняя вегетация		
	Вспашка	Безотвальное рыхление	Дискование	Вспашка	Безотвальное рыхление	Дискование
Средняя длина растения, см	47,6	43,8	42,4	46,1	34,3	32,1
Средний вес растения, г	21,9	14,2	12,7	28,9	23,8	19,1
Диаметр корневой шейки, мм	–	–	–	16,2	15,8	11,8

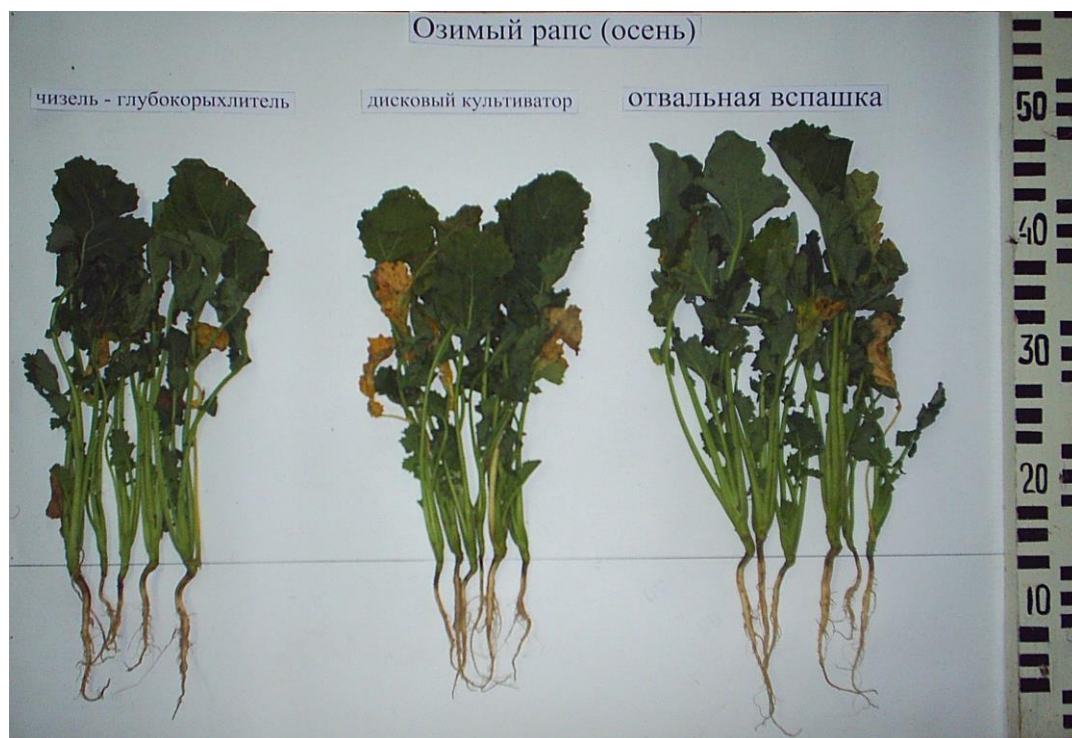


Рисунок 9 – Осеннее развитие озимого рапса при различных приемах основной обработки почвы



Рисунок 10 – Рост и развитие озимого рапса в весенний период при различных приемах основной обработки почвы

Отмечается более интенсивное развитие озимой пшеницы на варианте со вспашкой в осенний и весенний периоды в сравнении с дисковой культивацией (Таблица 50, Рисунок 11). Средний размер растения по высоте в осенний период развития при дисковании в сравнении с глубоким рыхлением ниже соответственно на 2,9 см, а длина корневой системы в весенний период меньше на 2,8 см.

Таблица 50 – Показатели роста озимой пшеницы в осенний и весенний периоды наблюдений

Показатель	Уход в зиму			Весенняя вегетация		
	Вспашка	Безотвальное рыхление	Дискование	Вспашка	Безотвальное рыхление	Дискование
Средняя длина растения, см	18,6	18,1	15,7	23,1	21,7	19,7
Средняя длина корня растения, см	8,0	7,8	6,7	12,3	9,9	9,5



Рисунок 11 – Весеннее развитие озимой пшеницы при различных приемах основной обработки почвы

Отмечается более интенсивное развитие подсолнечника на варианте с безотвальным рыхлением в весенний период в сравнении с отвальной обработкой и дисковой культивацией (Таблица 51, Рисунок 12). Средний размер растения по высоте при глубоком рыхлении выше соответственно на 2,4 см, а вес растений выше соответственно на 2 и 2,8 г.

Таблица 51 – Наблюдения за ростом и развитием подсолнечника в период весенней вегетации

Показатель	Весенняя вегетация		
	Вспашка	Дискование	Безотвальное рыхление
Средняя длина каждого растения, см	24,0	24,0	26,4
Средний вес растения, г	10,3	9,5	12,3



Рисунок 12 – Весеннее развитие подсолнечника

Засоренность посевов. Наблюдения за засоренностью посевов озимого рапса, озимой пшеницы и подсолнечника (Таблица 52) проводились в весенний период, до обработки гербицидами. Видовой состав представлен яровыми поздними (марь белая), зимующими (овсюг, подмаренник), многолетними (вьюнок, осот).

Таблица 52 – Засоренность посевов в весенний период по культурам севооборота, шт/м²

Прием и глубина основной обработки	Культура		
	Озимый рапс	Озимая пшеница	Подсолнечник
Вспашка, 20–22 м	19	21	12
Дискование, 14–16 см	38	33	27
Безотвальной рыхление, 35–40 см	27	28	19

Отмечается относительно невысокая степень засоренности по культурам севооборота, при большем количестве сорняков по дисковой обработке в сравнении со вспашкой (разница в среднем по культурам составляет 16 шт/м²).

Урожайность культур севооборота. Снижение урожайности озимого рапса в среднем за три года (Таблица 53, Приложение 4) на варианте с безотвальным рыхлением (2,85 т/га) в сравнении с отвальной обработкой (2,93 т/га) статистически не значимо, разность составляет 0,08 т/га [Кузыченко, 2012; Системы обработки почвы... 2012]. При этом урожайность в 2011 году при сложившемся засушливом осенне-зимнем периоде на варианте с безотвальным рыхлением составила 3,11 т/га, а при отвальной обработке 2,92 т/га, что связано с лучшими условиями влагонакопления по варианту с глубоким рыхлением с осени 2010 г.

Таблица 53 – Урожайность культур при различных системах основной обработки почвы, т/га (2010–2012 гг.)

Прием и глубина основной обработки	Культуры севооборота		
	озимый рапс	озимая пшеница	подсолнечник
Вспашка, 20–22 см	2,93	4,17	2,05
Безотвальное рыхление, 35–40 см	2,85	3,82	2,11
Дискование, 14–16 см	2,77	3,43	1,95
НСР _{0,05}	0,15	0,23	0,15

Снижение урожайности по дисковой обработке в сравнении со вспашкой (разница составляет 0,16 т/га) объясняется несколько худшими агрофизическими условиями, складывающимися после основной обработки дисками, а также повышенной засоренностью посевов.

Урожайность озимой пшеницы по озимой пшенице на варианте с отвальной обработкой (4,17 ц/га) была выше в сравнении с глубоким рыхлением и дисковой обработкой соответственно на 0,35 и 0,74 т/га.

Глубокая зяблевая обработка под подсолнечник позволила получить более высокий урожай продукции (2,11 т/га) в сравнении со вспашкой и дискованием (разница составляет соответственно 0,06 и 0,16 ц/га) в связи с лучшими условиями увлажнения с осени.

3.4. Система основной обработки светло-каштановой почвы в засушливой зоне

Важным обстоятельством, которое необходимо учитывать в засушливой части Ставропольского края, является тот факт, что в силу особенностей природных и почвенно-климатических условий предпочтение отдается возделыванию озимой пшеницы. Лучшим предшественником для данной культуры являются чистые пары, определяющие величину и качество урожая в связи с созданием на парах максимальной влагообеспеченности. Поэтому разработка систем обработки почвы для засушливой зоны Ставропольского края должна быть ориентирована на максимально возможное создание благоприятных агрофизических условий для роста и развития растений в течение всей вегетации.

Наблюдения Л.И. Желнаковой (1989), проведенные в крайне жестких условиях возделывания озимой пшеницы в зоне сухих степей Ставропольского края, показали, что критерием своевременного появления всходов являются запасы продуктивной влаги в пахотном слое не менее 16 мм, а критерием возможного появления всходов – 10 мм. По данным Прикумской ОСС [Федотова, 1982], удовлетворительные всходы можно получить только на полях, где в пахотном слое содержание продуктивной влаги составляет 15–25 мм. Кроме того, важным фактором стабильно высокой урожайности озимой пшеницы является поддержание оптимальной плотности сложения каш-

тановых почв, в пределах 1,05–1,30 г/см³. Снижение плотности почвы уменьшает содержание влаги и элементов питания в единице объема почвы и ухудшает всхожесть семян, а повышение плотности ограничивает рост корней и резко уменьшает доступность влаги и воздухоемкость. Эти вопросы могут быть решены применением комбинированных агрегатов основной обработки почвы, оптимизирующих водно-физические свойства корнеобитаемого слоя [Корчагин, Горянин, 2006].

Запас продуктивной влаги. В таблице 54 приводятся данные (усредненные по предшественникам) по накоплению влаги в весенний период.

Анализ данных таблицы 54 дает основание утверждать, что наблюдается тенденция приближения значений содержания продуктивной влаги по вариантам с комбинированной обработкой агрегатами КАО-2 и КУМ-4 к контрольному варианту (вспашка плугом ПН-4-35 + Е-УПП), разница составляет 2–4 мм, т. е. увеличение глубины обработки до 25–27 см и снижение ее до 16 см не приводит к значительным различиям в накоплении влаги.

Таблица 54 – Влияние приемов основной обработки на накопление продуктивной влаги в весенний период в слое 0–100 см (2001–2006 гг.)

№	Прием и глубина основной обработки	Продуктивная влага, мм
1	Вспашка, 20–22 см	118
2	Комбинированная обработка, 25–27 см	116
3	Культивация, 12–14 см	113
4	Дискование, 8–10 см	111
5	Комбинированная обработка, 14–16 см	114

Плотность почвы при различных способах основной обработки почвы. Фактор плотности почвы имеет весьма важное значение в процессе формирования корневой системы растения, в том числе и в весенний период. Выше уже было указано, что параметром оптимизации для озимой пшеницы является значение плотности порядка 1,05–1,30 г/см³. При этом необходимо

иметь в виду, что требования озимой пшеницы к плотности почвы изменяются в зависимости от влагообеспеченности: при хорошем снабжении растений водой отрицательное действие высокой плотности значительно уменьшается. Ниже приводятся данные (Таблица 55), характеризующие формирование плотности пахотного слоя при различных приемах основной обработки в весенний период.

Таблица 55 – Плотность почвы при различных приемах основной обработки в период весенней вегетации (2001–2006 гг.)

№	Прием и глубина основной обработки	Слой почвы, см	Плотность, г/см ³
1	Вспашка, 20–22 см	0–10	1,15
		10–20	1,17
2	Комбинированная обработка, 25–27 см	0–10	1,18
		10–20	1,19
3	Культивация, 12–14 см	0–10	1,08
		10–20	1,28
4	Дискование, 8–10 см	0–10	1,09
		10–20	1,29
5	Комбинированная обработка, 14–16 см	0–10	1,15
		10–20	1,20

Данные таблицы 55 свидетельствуют о том, что значения плотности почвы по всем обработкам укладываются в диапазон параметров оптимизации для пахотного слоя под озимую пшеницу. Причем значение плотности почвы по варианту с комбинированным агрегатом КАО-2 в слое 0–20 см имеет незначительное превышение (0,02 г/см³) в сравнении с контрольным вариантом (вспашкой).

Засоренность посевов. Общеизвестным является факт, что сорняки угнетают рост и развитие культурных растений, снижают их урожай, ухудшают его качество. Одним из способов снижения засоренности посевов явля-

ется осенняя отвальная обработка почвы. При этом, согласно данным М.С. Резникова (1986), Л.Д. Максименко и др., замена вспашки плоскорезной обработкой или безотвальным рыхлением сопровождается повышенной засоренностью посевов [Система обработки... 1989]. Поэтому необоснованное применение способов безотвальной обработки почвы, в том числе мелкой и поверхностной, может вызвать отрицательный эффект.

Данные наблюдений за засоренностью посевов культур в течение ротации севооборота представлены в таблицах 56 и 57.

Таблица 56 – Засоренность посевов культур севооборота к периоду начала весенней вегетации при различных приемах основной обработки почвы

Вариант	Прием и глубина основной обработки	Предшественник озимой пшеницы			Яровой ячмень
		Черный пар	Ранний пар	Озимая пшеница	
		шт/м ²	шт/м ²	шт/м ²	шт/м ²
1	Вспашка, 20–22 см	21	24	25	24
2	Комбинированная обработка, 25–27 см	25	30	31	28
3	Культивация, 12–14 см	35	40	43	32
4	Дискование, 8–10 см	37	44	47	36
5	Комбинированная обработка, 14–16 см	26	31	32	29

По результатам проведенных наблюдений за засоренностью посевов в весенний период следует вывод о том, что отвальная обработка подавляет сорняки в большей степени, чем обработка безотвальным агрегатом КАО-2, в среднем на 26 %. Наиболее высокая засоренность отмечается на вариантах с поверхностной (БД-6,6) и мелкой (КПЭ-3,8) обработками, разница с контролем (вспашкой) составляет в среднем соответственно 17 и 14 шт/м².

По результатам проведенных наблюдений за засоренностью посевов в период уборки установлено, что отвальная обработка подавляет сорняки в

большей степени, чем обработка безотвальным агрегатом КАО-2, в среднем по севообороту на 22 %. Наиболее высокая засоренность отмечается на вариантах с поверхностной и мелкой обработками как в количественном, так и в весовом выражении, разница с контролем (вспашкой) составляет в среднем соответственно 17 шт/м², 126 г/м² и 16 шт/м², 98 г/м².

Таблица 57 – Засоренность посевов культур севооборота к периоду уборки при различных приемах основной обработки почвы

Вариант	Прием и глубина основной обработки	Предшественник озимой пшеницы						Яровой ячмень	
		Черный пар		Ранний пар		Озимая пшеница			
		шт/м ²	г/м ²	шт/м ²	г/м ²	шт/м ²	г/м ²	шт/м ²	г/м ²
1	Вспашка, 20–22 см	11	95	19	159	20	167	19	161
2	Комбинированная обработка, 25–27 см	15	113	25	195	26	201	23	177
3	Культивация, 12–14 см	25	193	35	273	38	297	27	213
4	Дискование, 8–10 см	27	209	39	305	42	329	31	245
5	Комбинированная обработка, 14–16 см	16	115	26	200	27	205	24	180

Урожайность культур при различных системах основной обработки почвы. Анализ данных урожайности культур звеньев севооборотов, проведенный автором совместно с А.А. Федотовым (ПОСС), показывает, что урожайность зерна озимой пшеницы по чистым парам и озимой пшенице на варианте с безотвальным рыхлением КАО-2 практически одинакова по сравнению со вспашкой, значимое снижение урожайности на 0,18 т/га отмечается только при обработке зяби под яровой ячмень (Таблица 58, Приложение 5). Уменьшение глубины основной обработки чистых паров и под 2-ю озимую пшеницу привело к значительному снижению урожайности озимой пшеницы на вариантах с мелкой и поверхностной обработками по сравнению с контро-

лем в среднем соответственно на 25 и 28 %, урожайность ярового ячменя снизилась соответственно на 30 и 24,6 %. Следовательно, уменьшение глубины основной обработки до 12–14 см под озимую пшеницу по чистым парам и озимой пшенице нецелесообразно, однако вполне допустима замена вспашки безотвальным рыхлением орудием КАО-2.

При основной обработке почвы комбинированным агрегатом КУМ-4 на глубину 16 см под черный пар не выявлено существенного снижения урожайности озимой пшеницы в сравнении с отвальной вспашкой (разница 4 %). При основной обработке раннего пара и под озимую пшеницу после озимой пшеницы отмечается существенное снижение урожайности озимой пшеницы в сравнении с отвальной вспашкой соответственно на 0,31 и 0,26 т/га, а урожайность ярового ячменя при зяблевой обработке КУМ-4 снижается на 0,68 т/га. Поэтому возможна альтернативная замена вспашки черных паров комбинированной обработкой агрегатом КУМ-4 (АКМ-6) на глубину 16 см в острозасушливый период.

Таблица 58 – Урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя при различных системах основной обработки почвы, 2001–2006 гг., т/га

Вариант	Прием и глубина обработки	Предшественник озимой пшеницы			Яровой ячмень
		Черный пар	Ранний пар	Озимая пшеница	
1	Вспашка, 20–22 см	4,35	4,50	1,85	1,66
2	Комбинированная обработка, 25–27 см	4,33	4,46	1,81	1,48
3	Культивация, 12–14 см	3,14	3,38	1,51	1,16
4	Дискование, 8–10 см	3,06	3,23	1,40	1,25
5	Комбинированная обработка, 14–16 см	4,16	4,19	1,59	0,98
НСР _{0,05}		0,20	0,15	0,17	0,13

4. МИНИМАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПОД КУЛЬТУРЫ ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТОВ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ

Современное сельскохозяйственное производство требует новых технологических и технических решений, обеспечивающих стабилизацию и повышение почвенного плодородия. Одним из таких решений является переход к минимальным технологиям, в т. ч. и «прямому» посеву возделываемых культур, что требует не только создания и внедрения ресурсосберегающего комплекса машин, но и меняет представление о методологических основах ресурсосбережения с учетом характеристики различных типов почвы и оптимального уровня совокупных затрат при возделывании культур [Кант, 1980; Научно-методическое пособие... 2002; Кузыченко, Квасов, 2005; Основы систем... 2005; Кузыченко, 2006; Кузыченко, 2007; Кроветто, 2009; Бакиров, 2010; Майнель, 2010; Сафиулин, 2010; Сергеев, 2010; Фридрих, Дешш, 2010; Червет, 2010; Карпович, 2010].

В общем виде задача минимализации обработки почвы при возделывании сельскохозяйственных культур решается по трем основным направлениям: техническому, агротехнологическому и организационно-экономическому [Минимализация обработки... 1980; Адаптивные ресурсосберегающие технологии... 2006; Совершенствование отдельных... 2008; Кузыченко, Федотов, 2010]. Целью внедрения минимальной и особенно «нулевой» обработки является снижение производственных затрат при оптимальном насыщении технологий возделывания отдельных с.-х. культур адаптированными комбинированными почвообрабатывающими агрегатами, удобрениями, средствами защиты при высокой культуре земледелия. В настоящее время накоплен достаточно обширный материал, позволяющий заключить, что урожайность сельскохозяйственных культур одного или близкого порядка можно получить при различных способах основной обработки почвы, при этом затраты материально-технических средств будут существенно отличаться.

Вопрос о дифференцированном подходе при внедрении минимальных технологий, связанный с решением конкретных задач по развитию современных систем обработки почвы на научной основе, часто заменяется несколько упрощенным пониманием ее минимализации. Отказ от дифференцированного подхода в вопросе внедрения минимальной и тем более «нулевой» технологии, произвольные «изыскания» производителей в этом вопросе без квалифицированного научного обоснования могут привести к резкому снижению урожайности основных зерновых и пропашных культур.

Поэтому методологической основой оптимизации при переходе к минимальным технологиям с учетом оптимального уровня совокупных затрат энергии при возделывании сельскохозяйственных культур должны являться следующие положения:

- минимализацию необходимо рассматривать не как произвольное уменьшение глубины основной обработки почвы под отдельные культуры севооборота (тем более применение постоянных мелких или поверхностных обработок), а как дифференцированный подход к глубине основной обработки с учетом предшественников и физиологических особенностей культур;
- необходим учет соотношения стоимостной экономии ГСМ при внедрении минимальной обработки почвы и дополнительных затрат на пестициды, а также стоимости техники и величины амортизационных отчислений.

В стационарном опыте СНИИСХ в 1985–1992 гг. на обыкновенном среднесуглинистом черноземе (гумус – 3,9 %, P_2O_5 – 19,5 мг/кг, K_2O – 198 мг/кг) проводились исследования по изучению эффективности применения отвальных и безотвальных приемов основной обработки в звене: занятый пар (вико – овсяная смесь) – озимая пшеница, в зернопропашном севообороте: занятый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – кукуруза на зерно, в т. ч. и варианта с внесением гербицидов сплошного действия и предпосевным дискованием на глубину 6 – 8 см [Кузыченко, Орлов, 1990; Кузыченко, 1992;

Кузыченко, 1993; Кузыченко, 2010]. Применялись следующие орудия основной обработки: чизельный плуг ПЧ-4,5, плуг со стойками СибИМЭ, отвальный плуг ПЛН-4-35. Опрыскивание гербицидом «Раундап» (доза 2 л/га) и предпосевное дисковое лушение стерни бороной БДТ-3 проводили на глубину 6–8 см [Научно-методическое пособие... 2002]. Глубина обработки под культуры звена севооборота: под занятый пар 20–22 см, под озимую пшеницу 10–12 см. Система удобрений ($P_{300}K_{250}$ на ротацию севооборота) и защиты растений (аминная соль 2,4 Д в дозе 1,8 л/га д.в.) применялись согласно общепринятым в зоне технологиям под отдельные культуры.

Изучение процесса накопления почвенной влаги перед посевом показало, что в поле занятого пара при основной обработке различными орудиями накопление продуктивной влаги в почве примерно одинаково (148–149 мм). В поле озимой пшеницы наблюдается несколько большее накопление влаги перед посевом в слое 0–100 см при отвальной обработке. В сравнении с безотвальными вариантами обработки разница составила в среднем 17 мм, при этом снижение запасов влаги по дискованию – 26 мм.

Изучение плотности пахотного слоя почвы в звене занятый пар – озимая пшеница показало, что плотность почвы к посеву в слое 0–20 см при дисковании больше, чем по отвальной обработке, в поле занятого пара на $0,03 \text{ г/см}^3$, а в поле озимой пшеницы на $0,02 \text{ г/см}^3$.

Оценка продуктивности и экономической эффективности полевого звена севооборота (занятый пар – озимая пшеница) показала снижение урожайности зеленой массы вико-овсяной смеси (занятый пар) при дисковании в сравнении со вспашкой на 22,4 ц/га (10 %), а урожайность озимой пшеницы была достоверно ниже на 19,8 ц/га (30 %), при этом условная прибыль с 1 га звена севооборота при дисковании ниже на 57 %, а себестоимость выше на 3,19 рубля.

Таким образом, внедрение предпосевного дискования с предварительной обработкой гербицидами сплошного действия под озимую пшеницу после за-

нятого пара в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края является неоправданным шагом ввиду низкой экономической результативности.

В процессе исследований по различным регионам России складывается неоднозначное мнение об эффективности минимальных и «нулевых» обработок под пропашные культуры. В настоящее время существуют различные рекомендации по глубине основной обработки почвы под пропашные культуры и степени ее минимализации. Рекомендации Всероссийского НИИ кукурузы определяют, что в зоне неустойчивого увлажнения кукуруза на зерно различных групп спелости должна возделываться по отвальной вспашке на глубину 22–25 см или, как допустимый вариант, по безотвальной обработке на глубину 22–25 см при условии применения удобрений и регуляторов роста [Эффективные способы... 2012].

Системы обработки почвы, разработанные в Краснодарском крае, предполагают дифференцированное зональное их внедрение в конкретной агроландшафтной зоне. Они ориентированы прежде всего на минимализацию обработки почвы под колосовые культуры с глубоким безотвальным рыхлением под кукурузу на зерно, подсолнечник и сахарную свеклу [Система земледелия... 2009]. Испытания отвальной, безотвальной и поверхностной обработок, проводившиеся в Краснодарском НИИСХ, свидетельствуют о том, что минимализация обработки почвы на уплотненном выщелоченном тяжелосуглинистом черноземе оказалась совершенно неэффективной. При этом на почвах, не подверженных переуплотнению, переувлажнению и смыву, вполне возможен «прямой посев» кукурузы при обязательной защите от сорной растительности и проведении почвозащитных мероприятий [Бугаевский, Кильдюшкин, Романенко, 2005].

Касаясь технологии «прямого» посева, В.А. Небавский (2004) установил, что урожайность кукурузы при «прямом» посеве в неблагоприятные по увлажнению годы существенно снижается (до 18 %) по сравнению с традиционной отвальной вспашкой, а в благоприятные – различия нет.

В.С. Полоус (2012) на основании многолетних исследований приводит данные о том, что лучшими энергосберегающими адаптивными приемами и способами основной обработки почвы на черноземе обыкновенном в зерно-пропашном севообороте являются: минимальная обработка на 12–14 см под подсолнечник, кукурузу на зерно, клешевину, яровой ячмень, суданскую траву; поверхностная обработка на 6–8 см под озимую пшеницу. При высокой культуре земледелия возможно возделывание подсолнечника и кукурузы на зерно по поверхностной обработке (6–8 см) и даже применение «прямого» посева под подсолнечник, кукурузу на зерно и озимую пшеницу.

В Волгоградской области, по утверждению В.Д. Кострова (1994), на обыкновенных черноземах Нижнего Поволжья в засушливые периоды под кукурузу на зерно наиболее эффективна плужная отвальная вспашка. Однако Д.В. Ефанов (2003) и П.А. Винтуар (2005) утверждают, что безотвальное рыхление стойками СибИМЭ не приводит к существенному снижению в урожайности кукурузы на зерно в сравнении со вспашкой на светло-каштановых почвах Волгоградской области.

Х.Ш. Тарчоков (2009), проводивший исследования в Кабардино-Балкарии, установил, что наиболее эффективной системой обработки под пропашные культуры (кукурузу, подсолнечник) после озимых и яровых зерновых является двукратное лущение ЛДГ-20 на 8–10 см, зяблевая вспашка на 28–30 см с последующей культивацией чизельным культиватором ЧКУ-4,0.

В связи с внедрением минимальных технологий и «прямого» посева слабо изучены агрофизические условия и влагонакопление в корнеобитаемом слое почвы, а также экономическая целесообразность внедрения различных систем минимальной основной обработки почвы и «прямого» посева под пропашные культуры. Поэтому представляет интерес оценка эффективности минимализации обработки почвы под кукурузу на зерно в третьей зоне (неустойчивого увлажнения) на черноземе обыкновенном, поскольку результаты исследований в крае и южных регионах России по этому вопросу весьма противоречивы.

4.1. Система минимализации основной обработки почвы под кукурузу на зерно

Запас продуктивной влаги. Наблюдения за динамикой запасов продуктивной влаги в слое 0–100/150 см под посевами кукурузы на зерно велись в периоды ухода в зиму, начала весенней вегетации и в период посева (Таблица 59) [Кузыченко, 2011; Системы минимальной... 2012; Кузыченко, 2013].

Таблица 59 – Продуктивный запас влаги при различных приемах основной обработки почвы по срокам отбора (2009–2012 гг.), мм

Прием и глубина основной обработки	Запас продуктивной влаги в слое 0–100/150 см, мм		
	Уход в зиму	Весенняя вегетация	Посев
Комбинированная обработка, 8–10 см	200/309	202/321	190/300
Культивация, 8–10 см	197/305	197/312	181/288
«Прямой» посев	195/257	188/308	169/282

К периоду ухода в зиму отмечается более высокое содержание продуктивной влаги на варианте с комбинированной обработкой (200 мм), при мелкой обработке и «прямом» посеве снижение запасов влаги в слое 0–100 см в сравнении с нулевой обработкой несущественно и составляет соответственно 3 и 5 мм. В ранневесенний период тенденция в накоплении продуктивной влаги по вариантам сохранилась, а к посеву снижение запасов влаги в сравнении с комбинированной обработкой (190 мм) составило: по мелкой обработке 9 мм, по «прямому» посеву 21 мм. В слое 0–150 см продуктивный запас влаги в период весенней вегетации на варианте с «прямым» посевом в сравнении с комбинированной обработкой был ниже на 13 мм, к посеву разница составила 18 мм.

Плотность почвы. Плотность почвы (Таблица 60) к периоду ухода в зиму по всем вариантам имела значения 1,12–1,23 г/см³, т. е. в пределах оптимальных (1,0–1,25 г/см³). Отмечается большее ее значение в период весенней вегетации при «прямом» посеве (1,17 г/см³) в сравнении с комбинированной и мелкой обработками, увеличение составляет 0,12 и 0,10 г/см³.

Таблица 60 – Плотность почвы при различных приемах основной обработки почвы по срокам отбора в слое 0–20 см (2009–2012 гг.), г/см³

Прием и глубина основной обработки	Уход в зиму	Весенняя вегетация
Комбинированная обработка, 8–10 см	1,23	1,05
Культивация, 8–10 см	1,12	1,07
«Прямой» посев	1,23	1,17

Структурно-агрегатный состав. Структура почвы характеризуется формой и величиной структурных агрегатов, их пористостью и механической прочностью [Инкин, 1973]. Наиболее значимыми показателями (Таблица 61), характеризующими структуру почвы, являются: при сухом расसेве – средневзвешенный диаметр агрегатов (Д), определяемый по методике А.Н. Воронина (1986), процентное содержание агрегатов 1–3 мм и эрозионно-опасных частиц менее 1 мм; при мокром рассеве – средневзвешенный диаметр агрегатов Д и процентное содержание агрегатов 1–3 мм.

При «прямом» посеве в слое 0–10 см отмечается больший средневзвешенный диаметр агрегатов в сравнении с мелкой и комбинированной обработками (увеличение соответственно на 1,3 и 4,1 мм) и меньшее количество агрегатов 1–3 мм – соответственно на 9,2 и 19,4 %.

Агрономически ценными водопрочными агрегатами с точки зрения создания оптимальных водно-воздушных свойств являются водопрочные агрегаты диаметром 1–3 мм. При «прямом» посеве формируется больший диаметр водопрочных агрегатов в весенний период, составляющий в слое 0–10 см – 3,4 мм. Количество водопрочных агрегатов 1–3 мм несколько ниже

на варианте с «прямым» посевом (42 %), в сравнении с мелкой и комбинированной обработками разница составляет 3,6 и 14,8 %.

Таблица 61 – Агрегатный состав почвы (слой 0–10 см) при различных приемах основной обработки почвы в период весенней вегетации

Прием и глубина основной обработки	Сухой рассев			Мокрый рассев	
	Д, мм	Агрегаты 1–3 мм, %	Агрегаты <1 мм, %	Д, мм	Агрегаты 1–3 мм, %
Комбинированная обработка, 8–10 см	2,9	55,8	12,5	2,5	56,8
Культивация, 8–10 см	5,7	45,6	28,1	3,2	45,6
«Прямой» посев	7,0	36,4	9,6	3,4	42,0

Оценка развития растений и засоренность посевов в весенний период. Наблюдениями за развитием растений в весенний период (Таблица 62, Рисунок 13) установлены несколько лучшие показатели роста и развития растений кукурузы при комбинированной обработке почвы. Увеличение значения средней длины растения при комбинированной обработке в сравнении с мелкой составляет 1,9 см, а в сравнении с прямым посевом – 4,3 см.

Таблица 62 – Развитие растений кукурузы в весенний период

Показатель	Основная обработка		
	Комбинированная	Культивация	«Прямой» посев
Средняя длина растения, см	17,8	15,9	13,5
Средняя масса растения, г	8,4	6,2	5,0

Наблюдениями за засоренностью посевов в весенний период перед культивацией было установлено, что наибольшая засоренность (52 шт/м²)

отмечена на варианте с «прямым» посевом, при мелкой обработке – 28 шт/м² и 24 шт/м² – при комбинированной обработке.



Рисунок 13 – Развитие растений кукурузы в весенний период

Урожайность кукурузы на зерно при минимализации основной обработки почвы. Урожайности кукурузы на зерно при комбинированной обработке составила 5,24 т/га, что значительно выше чем при культивации и «прямым» посева соответственно на 0,17 и 0,56 т/га (Таблица 63, Приложение 6).

Таблица 63 – Урожайность кукурузы на зерно при различных приемах основной обработки почвы, т/га (2010–2012 гг.)

Прием и глубина основной обработки	2010 г.	2011 г.	2012 г.	Средняя урожайность, т/га
Комбинированная обработка, 8–10 см	5,79	4,08	5,85	5,24
Культивация, 8–10 см	5,52	3,95	5,74	5,07
«Прямой» посев	5,36	3,78	4,90	4,68
НСР _{0,05}	0,25	0,12	0,11	0,16

4.2. Обобщенный показатель минимализации систем обработки почвы под пропашные культуры

Поскольку край имеет большое разнообразие различных типов почв, встал вопрос о методике оценки зональной целесообразности внедрения минимальных систем основной обработки почвы под пропашные культуры на различных типах почв Ставропольского края исходя из степени их гумусированности и физико-технологических свойств [Кузыченко, 2011]. Для решения этой задачи использовался критериальный метод, основанный на выборе ряда показателей свойств различных типов почв, отличающихся по физическому смыслу, размерности, относительной важности, и приведении их к единому показателю, т. е. формированию обобщенного показателя (D) возможности внедрения минимальной обработки под пропашные культуры на определенном типе почвы. Для расчета обобщенного показателя были выбраны следующие почвенные характеристики: содержание гумуса в пахотном слое (y_1), содержание физической глины (y_2), водопрочность почвенных агрегатов (y_3), равновесная плотность (y_4).

Расчеты выполнены по методике, разработанной в КНИИСХ им. Лукьяненко с вычислением желательности отдельных показателей и его весомости на основании экспертной оценки [Сохт, Кириченко, 1979].

Обобщенный показатель оценки того или иного типа почвы в плане возможности проведения на ней минимальных обработок определялся как среднее геометрическое желательностей отдельных показателей:

$$D = \sqrt[n]{d_1^{k_1} \cdot d_2^{k_2} \cdot d_3^{k_3} \cdot d_4^{k_4}}, \quad (1)$$

где $d_1 - d_4$ - значение желательности 1– 4-го показателя;

$k_1 - k_4$ – весомость (важность) 1– 4-го показателя;

n – количество показателей.

Основываясь на научных материалах и публикациях В.К. Бугаевского, В.М. Кильдюшкина, А.А. Романенко (2005) и М.Т. Куприченко (2005), используя оценочную шкалу, предложенную П.У. Бахтиным (1971), и соответ-

ствующие значения желательностей по Харингтону [Адлер, Маркова, Грановский, 1976], приняты оптимальные значения (критерии) показателей почвы, благоприятные для проведения минимальной обработки почвы под пропашные культуры, и рассчитан диапазон обобщенного (эталонного) показателя D для различных уровней желательности (Таблица 64).

Таблица 64 – Оптимальные показатели почв для внедрения минимальной системы обработки почвы под пропашные культуры

Показатель	Обозначение	Желательность, d		
		0,8	0,63	0,37
Гумус, %	y_1	4,2	4,0	3,8
Физическая глина, %	y_2	50	53	56
Водопрочность, %	y_3	70	60	50
Плотность, г/см ³	y_4	1,1	1,2	1,3
Обобщенный (эталонный) показатель	D	0,6512	0,6276	0,5994

В результате расчетов установлено, что диапазон оптимальных значений обобщенного показателя D для внедрения минимальной обработки под пропашные культуры находится в пределах значений 0,6512–0,5994, при этом уровень желательности 0,37 соответствует нижнему пределу допустимых значений показателей.

В таблице 65 приведены натуральные значения показателей для различных типов почв Ставрополя на основании полевых исследований [Куприченков, 2005], значения их желательности и обобщенный показатель D для конкретной почвы.

Анализ данных таблицы 65 позволяет сделать вывод о том, что не рекомендуется внедрение нулевой зяблевой обработки под пропашные культуры на слитых солонцеватых черноземах ($D = 0,5794$) и различных по подтипу каштановых почвах ($D = 0,5800–0,4387$), поскольку значения обобщенного показателя для этих почв не входят в диапазон оптимального показателя D , равного 0,6512–0,5994.

Таблица 65 – Обобщенный показатель (D) физико-технологических свойств подтипов почв края

Почва	Гумус, y_1/d_1	Физическая глина, y_2/d_2	Водопрочность, y_3/d_3	Плотность, y_4/d_4	Показатель D
Чернозем предгорный, тучный	9,0/0,27	46/0,28	85/0,77	1,0/0,75	0,7933
Чернозем выщелоченный	6,37/0,11	61/0,50	80/0,73	1,05/0,74	0,7523
Чернозем типичный	5,53/0,07	57/0,44	78/0,71	1,16/0,71	0,7145
Чернозем обыкновенный	4,76/0,04	52/0,37	75/0,68	1,21/0,69	0,6728
Чернозем слитый, солонцеватый	3,5/0,015	75/0,66	35/0,16	1,3/0,67	0,5794
Чернозем южный	3,49/0,02	48/0,31	68/0,61	1,25/0,69	0,600
Темно-каштановая почва	3,29/0,01	47/0,29	59/0,49	1,26/0,68	0,580
Каштановая почва	2,69/0,006	41/0,21	53/0,41	1,3/0,67	0,5286
Светло-каштановая почва	1,93/0,002	30/0,09	40/0,23	1,32/0,67	0,4387

Карта-схема, выполненная на основании расчетных данных с учетом пространственного расположения основных типов почв края и наложением на нее контуров административных районов края, позволит специалистам принимать решение о целесообразности внедрения минимальной обработки почвы под пропашные культуры в конкретном хозяйстве.

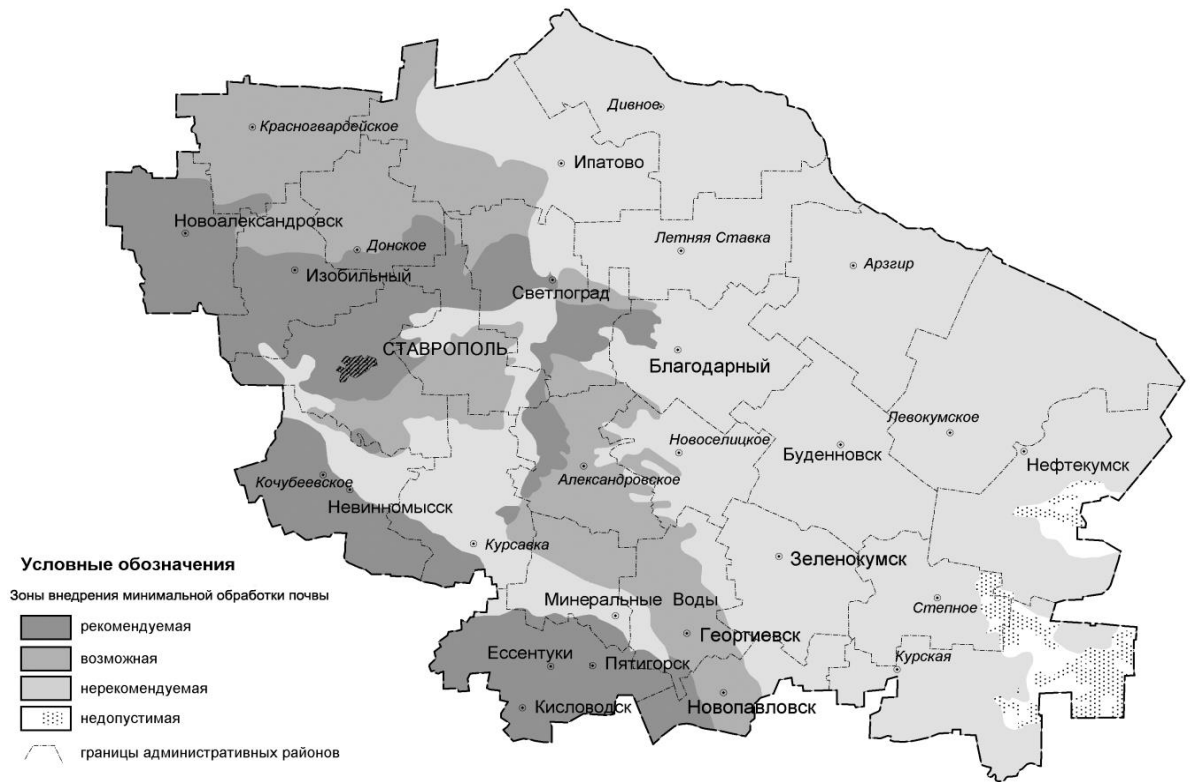


Рисунок 14 – Карта-схема районов внедрения минимальной обработки почвы под пропашные культуры

5. ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН КРАЯ

5.1. Оценка природного энергетического потенциала

Характерной особенностью современных систем земледелия, формирующихся на основе агроландшафтного подхода, является тот факт, что разработка методов и форм их устойчивого функционирования ведется с учетом естественного энергетического потенциала, т. е. содержания в почве гумуса и элементов минерального питания, наличия определенного природно-климатического потенциала в виде солнечной энергии и энергии осадков, а также притока дополнительной техногенной энергии в виде топлива, удобрений, пестицидов [Базаров, 1980; Ковда, Булаткин, Ватолин, 1980; Марымов, Сухов, Коринец, 1989; Володин, 1989; Булаткин, Ларионов, 1993, 2000; Коринец, 2009].

Задача, решаемая в данном разделе, заключается в разработке методических основ оценки относительной эффективности отношения суммарного природного потока энергии в различных почвенно-климатических зонах Ставропольского края к технологическим затратам энергии на возделывание культур. Существует мнение, что технологические энергозатраты на производство продукции сельского хозяйства не меньше, чем величина энергии солнечной радиации, падающей на посевы. При этом солнечная энергия в сельскохозяйственном производстве имеет все меньшее значение и гораздо большее – энергия ископаемых видов топлива [Одум, 1975; Одум Г., Одум Э., 1978; Одум, 1986]. Вместе с тем расчеты показывают, что на единицу возделываемой площади величина естественных энергоресурсов (солнце, осадки, гумус почвы и т. д.) в тысячи раз больше энергии технологических затрат даже при использовании самых интенсивных современных технологий. Кроме того, исследования динамики развития сельскохозяйственного производства в различных регионах показывают, что значение природных

факторов не только не уменьшается, а наоборот, увеличивается [Адамович, 1980; Жученко, Афанасьев, 1988].

Проведенные расчеты структуры природных энергетических потоков: солнечной энергии E_{PB} по формуле В.Н. Украинцева [Основы агрофизики, 1959], метеорологических E_{OC} [Бадахова, Кнутас, 2007] и почвенных составляющих E_G [Куприченков, 2005, 2007] для различных почвенно-климатических зон Ставропольского края (Таблица 66) показали, что широтное снижение радиационного баланса с востока на запад и юго-запад (разница составляет $249,2 \times 10^4$ МДж/га) сопровождается увеличением энергопотенциала гумуса в почве на $185,8 \times 10^4$ МДж/га и осадков на 25 %, однако в суммарном выражении определяет крайне-засушливую зону как имеющую наибольший суммарный природный энергопотенциал.

Таблица 66 – Суммарный природный потенциал энергии за вегетационный период для различных почвенно-климатических зон края

Почвенно-климатическая зона	Структура потоков энергии, $\times 10^4$ МДж/га			Суммарный природный потенциал энергии, $\times 10^4$ МДж/га, $E_{СПП}$
	Радиационный баланс E_{PB}	Гумус E_G	Осадки E_{OC}	
Крайне засушливая	2281,9	178,5	1,2	2461,6
Засушливая	2159,0	235,7	1,3	2396,0
Неустойчивого увлажнения	2116,1	321,2	1,6	2438,9
Достаточного увлажнения	2032,7	364,4	1,6	2398,7

В крайне засушливой зоне при наибольшем значении суммарного природного потенциала 2461,6 МДж/га доля энергопотенциала гумуса и осадков составляет всего 7,3 %, а в зоне неустойчиво влажной 13,2 %. Вполне оче-

видным является тот факт, что оптимальная реализация затраченной техногенной энергии в виде топлива, удобрений, пестицидов возможна лишь при достаточно удовлетворительно складывающихся природно-климатических факторах. Поэтому представляет интерес относительная оценка обеспеченности одного МДж/га внесенной техногенной энергии при возделывании основных сельскохозяйственных культур количеством энергии (суммарным потенциалом) природных ресурсов (Таблица 67).

Таблица 67 – Соотношение природного потока энергии к технологическим затратам энергии при возделывании сельскохозяйственных культур

Почвенно-климатическая зона	Суммарный природный поток энергии, $\times 10^4$ МДж/га $E_{СПП}$	Суммарные технологические затраты энергии, МДж/га, $E_{ТЭ}$			Соотношение энергопотоков, $K_{СЭ}$		
		Озимая пшеница (1)	Подсолнечник (2)	Рапс (3)	(1)	(2)	(3)
Крайне засушливая	2461,6	4553,0	–	–	5406	–	–
Засушливая	2396,0	4849,0	–	–	4941	–	–
Неустойчивого увлажнения	2438,9	5157,2	9247,6	4977,8	4729	2637	4899
Достаточного увлажнения	2398,7	5071,0	8980,0	4991,0	4730	2671	4806

Расчет коэффициента соотношения энергопотоков $K_{СЭ}$ проводился по формуле

$$K_{СЭ} = \frac{E_{СПП}}{E_{ТЭ}}, \quad (2)$$

где $E_{СПП}$ – суммарный природный потенциал энергии, МДж/га;

$E_{ТЭ}$ – техногенная энергия, МДж/га.

Расчеты техногенной энергии $E_{TЭ}$ проведены на базе стандартных технологий возделывания озимой пшеницы по чистому пару, подсолнечнику и озимому рапсу.

Данные таблицы 67 свидетельствуют о том, что отношение природной энергии к технологической в зоне неустойчивого увлажнения и зоне достаточного увлажнения при возделывании озимой пшеницы практически одинаково, при более высоком относительном природном энергопотенциале $K_{сэ}$ в крайне засушливой зоне (5406 МДж) и в засушливой зоне (4941 МДж) на 1 МДж технологических затрат. Наиболее высокое соотношение энергопотенциалов $K_{сэ}$ при выращивании подсолнечника (2671 МДж) отмечается в зоне достаточного увлажнения, а рапса (4899 МДж) – в зоне неустойчивого увлажнения, т. е. с некоторой долей допущения можно говорить о поиске резервов интенсификации производства озимой пшеницы в засушливых зонах, подсолнечника – в зоне достаточного увлажнения, а рапса – в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края.

5.2. Оценка агротехнологического потенциала различных зон края

Наличие определенного природно-климатического потенциала отдельных зон края в виде годового количества осадков, суммы температур и т. д. с учетом морфологических особенностей почвенного покрова приводит к пониманию необходимости оценки не только энергетического, но и агротехнологического потенциала отдельных агроландшафтов для рассмотрения возможности дифференцированного внедрения ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур, в т. ч. и оптимизации систем обработки почвы.

В результате научных исследований часто приходится сравнивать большое число вариантов по нескольким показателям, при этом в каждом конкретном случае набор и количество показателей различны и определяются поставленной целью. При этом надо иметь в виду, что показатели отлича-

ются друг от друга не только по физическому смыслу и размерности, но и по значимости (относительной важности). Это приводит к неопределенности выводов по результатам исследований, т. е. необходимо применение обобщенного критерия оценки [Сохт, Кириченко, 1979].

Предлагаемый методический подход, в подробном его изложении, к обобщенной оценке агротехнологического потенциала территории края основан на определении наиболее значимых критериальных показателей. В качестве основных показателей по точкам обследования территории края приняты: годовое количество осадков (мм), запасы гумуса (т/га), содержание подвижного фосфора (мг/кг), гранулометрический состав (содержание физической глины, %) [Кузыченко, 2011]. При этом необходимо отметить, что набор показателей может быть дополнен и изменен в соответствии с задачей, решаемой исследователем. Количественные значения показателей по точкам обследования территории края получены в результате почвенных и агрохимических исследований, проведенных учеными ГНУ СНИИСХ [Куприченков, 2007], а также по результатам современных метеорологических наблюдений [Бадахова, Кнутас, 2007].

Для характеристики показателей агротехнологического потенциала использовалась оценочная шкала (Таблица 68), разработанная и используемая научными сотрудниками ГНУ СНИИСХ, и соответствующие желательности по Харингтону, при этом принято допущение, что уровень желательности 0,37 соответствует нижнему пределу удовлетворительного значения показателя [Адлер, Маркова, Грановский, 1976].

Обобщенный показатель агротехнологического потенциала D определяется как среднее геометрическое желательностей отдельных показателей по формуле

$$D = \sqrt[n]{\prod d_i^{k_i}}, \quad (3)$$

где d_i – значение желательности i -го показателя; k_i – весомость (важность) i -го показателя; n – количество показателей.

Таблица 68 – Значения факторов при различных уровнях желательности

Показатель	Обозначение	Уровень желательности, d				
		1,0	0,8	0,63	0,37	0,2
		Диапазон показателей				
Годовая сумма осадков, мм	y_1	600–501	500–401	400–301	300–201	200–100
Запас гумуса (А+В), т/га	y_2	480–391	390–311	310–231	230–151	<150
Подвижный фосфор (по Мачигину), мг/кг	y_3	60–46	45–31	30–16	15–10	9–5
Гранулометрический состав (содержание физической глины), %	y_4	80–61	60–46	45–31	30–21	20–10

Желательности отдельных показателей d_i определялись по уравнению:

$$d_i = \exp[-\exp(-y_i^I)], \quad (4)$$

где y_i^I – безразмерные кодированные значения натуральных показателей y_i , определяемое по формуле полинома 2-го порядка

$$y_i^I = a_0 + a_1 y_i + a_2 y_i^2. \quad (5)$$

Коэффициенты уравнения (5) a_0 , a_1 и a_2 (Таблица 69) рассчитывались по трем базовым точкам, соответствующим желательностям d_i , равным 0,37, 0,63 и 0,8. Для этой цели уравнение (4) решалось относительно y_i^I , далее получали уравнения аппроксимации, используя усредненные натуральные величины показателей таблицы 68.

Таблица 69 – Значения a_0, a_1, a_2 для различных показателей

Показатели, y_n	Коэффициент		
	a_0	a_1	a_2
y_1	-2,0606	0,0087	-0,000002
y_2	-1,963	0,0118	-0,000003
y_3	-1,3224	0,1166	-0,0011
y_4	-2,2044	0,0995	-0,0006

Весомость показателей k_i определялась методом экспертной оценки с привлечением десяти специалистов в области агротехнологий и почвоведения. Результаты экспертной оценки представлены в таблице 70.

Таблица 70 – Результаты экспертной оценки

Эксперт	Показатель			
	y_1	y_2	y_3	y_4
1	2	3	4	5
1	1/50*	3,5/10	3,5/10	2/30
2	1/50	2,5/17	4/16	2,5/17
3	1/50	2,5/17	4/16	2,5/17
4	1/60	2/20	3,5/10	3,5/10
5	1/40	2/25	3/20	4/15
6	1/40	2/30	3/20	4/15
7	1,5/30	3/25	4/15	1,5/30
8	1/40	3,5/15	2/30	3,5/15
9	1/50	2/25	3/15	4/10

1	2	3	4	5
10	1/50	2/30	3,5/10	3,5/10
Сумма рангов	10,5/0,460	25/0,214	33,5/0,162	31/0,164
Отклонение от средней суммы рангов	-14,5	0	8,5	6,0
Квадраты отклонений	210	0	72	36

* – в числителе ранг показателя t_i , в знаменателе весомость показателя k_i . Степень согласованности мнений экспертов проверялась по коэффициенту χ^2 .

Полученное значение χ^2 (21,8) больше табличного значения (7,81) при пятипроцентном уровне значимости. Это значит, что существует неслучайная согласованность мнений экспертов и важность показателей выглядит следующим образом: годовая сумма осадков ($k_1 = 0,460$), запас гумуса ($k_2 = 0,214$), подвижный фосфор ($k_3 = 0,162$), гранулометрический состав ($k_4 = 0,164$). В таблице 71 приводятся результаты расчетов обобщенного показателя технологического потенциала территории края.

Таблица 71 – Обобщенный показатель агротехнологического потенциала D по точкам обследования территории края

№ точек обследования территории	y_1/d_1	y_2/d_2	y_3/d_3	y_4/d_4	D
1	2	3	4	5	6
1	448/0,79	140/0,19	21/0,59	43/0,86	0,857
2	371/0,66	130/0,16	24/0,64	33/0,82	0,826

1	2	3	4	5	6
3	387/0,69	82/0,05	26/0,68	23/0,76	0,762
4	387/0,69	74/0,04	28/0,72	21/0,75	0,747
5	409/0,73	180/0,32	15/0,45	34/0,86	0,856
6	524/0,87	390/0,85	22/0,61	43/0,94	0,940
7	438/0,77	165/0,27	22/0,61	33/0,86	0,863
8	403/0,72	155/0,24	26/0,68	35/0,86	0,857
9	492/0,84	220/0,46	17/0,48	49/0,90	0,901
10	373/0,67	185/0,34	23/0,62	32/0,86	0,858
11	475/0,82	215/0,45	23/0,63	39/0,90	0,900
12	506/0,85	320/0,74	21/0,59	47/0,93	0,932
13	462/0,80	230/0,50	30/0,74	40/0,91	0,911
14	413/0,74	170/0,29	28/0,71	29/0,86	0,860
15	535/0,88	430/0,89	18/0,51	61/0,94	0,944
16	529/0,87	350/0,79	18/0,53	48/0,93	0,934
17	575/0,90	370/0,82	19/0,55	62/0,95	0,946
18	579/0,90	430/0,89	19/0,56	62/0,95	0,951
19	536/0,88	360/0,81	17/0,50	50/0,93	0,935
20	609/0,92	380/0,83	23/0,63	47/0,95	0,950
21	541/0,88	360/0,81	18/0,52	53/0,94	0,938
22	551/0,89	240/0,53	19/0,55	47/0,92	0,918

1	2	3	4	5	6
23	529/0,87	380/0,83	25/0,66	48/0,94	0,946
24	492/0,84	390/0,85	18/0,52	60/0,64	0,937
25	529/0,87	410/0,87	30/0,74	48/0,95	0,952
26	641/0,93	483/0,92	30/0,74	67/0,97	0,969

На рисунке 15 представлена карта-схема технологических условий по обобщенному критерию D отдельных зон края для возделывания с.-х. культур.

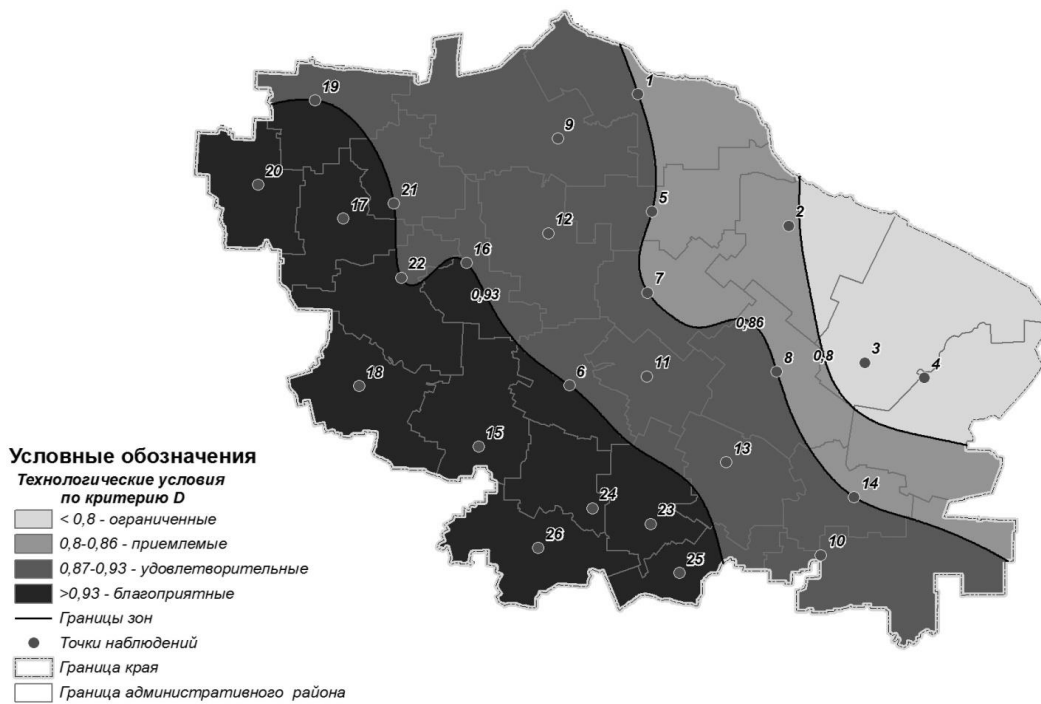


Рисунок 15 – Карта-схема технологических условий по обобщенному критерию D отдельных зон края для возделывания сельскохозяйственных культур

На основании полученных данных (Таблица 71, Рисунок 15) представляется возможность предварительной оценки технологических условий отдельных зон края для возделывания озимой пшеницы по чистым парам, рас-

ширения спектра предшественников (озимого рапса, гороха, сои, горчицы, льна масличного) под озимую пшеницу, внедрения минимальных технологий под пропашные культуры. Использование данного подхода в оценке технологических возможностей отдельной территории допускает введение в расчеты обоснованного и более расширенного числа значимых факторов, что еще в большей степени конкретизирует возможные тактические подходы к применению различных технологических решений в отдельных зонах Ставропольского края.

6. НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

6.1. Снижение уплотняющего воздействия на почву

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур и необходимость снижения затрат труда при интенсификации их производства привело к появлению на полях различных машин и тракторов со все большей единичной массой. Так, мощные тракторы К-744РЗ, МТЗ-1523 имеют массу в 1,3–2,4 раза больше, чем их предшественники.

Аналогичная тенденция наблюдается и за рубежом. В США, например, за последние два десятилетия средняя масса тракторов мощностью свыше 50 л. с. увеличилась на 50 %, в ФРГ масса единичного трактора возросла за это же время в 2,3 раза, а масса прицепов в 2 раза [Рабочев, Бахтин, Гавалов, 1978].

Следовательно, увеличение уплотняющего воздействия ходовых систем тракторов и сельскохозяйственных орудий на почву связано с ростом весовых показателей машинно-тракторных агрегатов. При этом на агрофизические свойства почвы влияет как величина уплотняющего давления, так и кратность его воздействия, зависящая от числа проходов по данному месту.

В процессе подготовки почвы, посева, ухода за растениями и уборки урожая различные машины проходят по полю 5–15 раз, суммарная площадь следов движителей этих машин в два раза превышает площадь полевого участка, 10–12 % площади поля подвергается воздействию от 6 до 20 раз, 65–80 % – от одного до 6 раз и только 10–15 % площади не подвергается воздействию колес машин. В результате воздействия колес (гусениц) тракторов, автомобилей и с.-х. машин отмечается достоверное увеличение плотности почвы на глубине 50–60 см [Ковда, 1987]. Кроме того, сопротивление обработке почвы по следу гусеничных тракторов возрастает на 25 %, по следу колесных – на 65 % по сравнению с сопротивлением при обработке неуплот-

ненных участков, что приводит к дополнительным топливным затратам и снижению производительности агрегата [Ксенович, Сотников, Ляско, 1985].

В результате усиленного антропогенного воздействия на почву вследствие интенсификации земледелия, стали все чаще наблюдаться случаи деградации почвенного плодородия: уменьшение содержания гумуса, ухудшение структуры почвы, снижение водопроницаемости и полевой влагоемкости [Медведев, 1988]. Особенно усилилось разрушение почвенной структуры под влиянием тяжелых машин и орудий. В литературе имеются многочисленные данные, показывающие, что увеличение количества проходов тракторов при современных технологиях выращивания сельскохозяйственных культур приводит к переуплотнению корнеобитаемого слоя, что влечет за собой уменьшение количества доступной влаги для растений [Ревут, Соколовская, Васильев, 1971; Слободюк, Чернова, 1978; Гапоненко, Федотов, 1984; Ковда, 1987].

Способность к саморазуплотнению почв различного генезиса под действием сезонных колебаний температур, внесение больших доз органических и минеральных удобрений, глубокое чизелевание с целью активизации биологической активности почвы и улучшения агрофизических условий пахотного слоя в какой-то мере решают задачу восстановления плотности почвы до оптимального значения (для зерновых культур порядка 1,0–1,3 г/см³). Однако глубокие слои почвы (30–60 см и более), находящиеся в состоянии накапливающегося с годами уплотнения, разуплотняются значительно медленнее из-за худшей водопроницаемости и пониженной биологической активности.

Механическое воздействие движителей на почву не может рассматриваться только со стороны уплотняющего воздействия, так как одновременно с этим происходит интенсивное разрушение структуры почвы под влиянием буксования движителей [Кузыченко, 1993; Кузыченко, Кобозев, Марков, 1997; Кузыченко, 2005], а следовательно, снижается ее плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур. В опытах ВИМ на черноземах Ку-

бани при двукратном сплошном покрытии поля следами тракторов Т-150К и К-701 урожайность культур сплошного сева снижалась примерно на 1/3, а при четырехкратном – на 43–45 % [Ковда, 1987].

Поэтому для определения влияния уплотнения на агрофизические свойства почвы и развитие растений, целесообразно иметь оценочный показатель воздействия ходовых систем на определенный тип почвы при возделывании культур по той или иной технологии, т. е. разработать методическую концепцию оценки почв по их реакции на глубинное переуплотнение. Для этой цели на первом этапе исследований, графоаналитическим методом (Таблица 72) была определена кратность уплотнения почвы ходовыми системами машин при возделывании озимой пшеницы и кукурузы на зерно по типовым технологиям в условиях Ставропольского края [Кузыченко, Кобозев, Марков, 1997; Кузыченко, Кобозев, Кобозев, 2003; Кузыченко, Кобозев, 2010].

Таблица 72 – Кратность и площадь уплотнения поля ходовыми системами агрегатов при возделывании с.-х. культур

Воздействие	Площадь уплотнения, %									
	Кратность уплотнения									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9 и более
Черный пар – озимая пшеница										
Суммарная площадь уплотнения	18,0	28,0	15,0	12,0	8,0	5,0	5,0	2,0	1,4	5,6
Кукуруза на зерно										
Суммарная площадь уплотнения	9,2	13,9	18,7	16,7	17,4	9,5	11,0	1,2	1,7	0,7

При этом был принят минимально необходимый набор операций без учета дополнительных обработок, связанных с теми или иными погодными условиями, складывающимися в различные годы по-разному (разрушение почвенной корки после дождя, дополнительная культивация и т. д.).

Анализ результатов исследований показал, что при возделывании озимой пшеницы по пару двукратному воздействию подвергается 15 % площади поля, трехкратному – 12 %, шестикратному – 5 %, не уплотняется – 18 % площади поля. Площадь 2- и 3-кратного уплотнения при возделывании кукурузы на зерно несколько выше, чем при возделывании озимых, поскольку приходится проводить междурядные культивации.

В связи с расширением применения тракторов и другой сельскохозяйственной техники почвенный слой подвергается постоянному техногенному воздействию, что приводит к негативным экологическим последствиям. Очевидно, что для различных типов почв агроэкосистемы должны существовать пределы устойчивости к техногенной нагрузке без нарушения ее основных свойств и способности восстанавливать эти свойства [Булаткин, Ларионов, 1993]. Эти пределы устойчивости не являются жестко фиксированными и могут варьировать в зависимости от типа почвы, ее механического состава, влажности и плотности сложения почвы. Систематическое уплотнение почвы на глубину большую, чем глубина обработки современными глубокорыхлителями (40–45 см), формирует остаточное уплотнение на глубине более 45 см, что нарушает ход влаго- и теплообменных процессов в почве. Несмотря на то, что эти недостатки известны, планирование сельскохозяйственных работ ведется без должного учета воздействия движителей машин на определенный тип почвы.

Для практических целей возникла необходимость разработки картографического варианта прогноза устойчивости различных типов почв к машинной нагрузке (на примере Ставропольского края) в виде допустимой «условной» массы трактора в зависимости от типа почвы и ее влажности на глубине 30–50 см в период основной обработки. При этом за рабочую гипотезу было

принято положение, сформулированное В.А. Ковдой (1987), о том, что более всего подвержены уплотнению влажные почвы тяжелого механического состава и гораздо меньше уплотняются сухие легкие почвы.

Основным этапом исследований являлось прогнозирование экологически допустимой «условной» массы трактора на конкретных типах почвы, различающихся по механическому составу, исходя из условия, что основная обработка ведется при влажности подпахотного слоя, близкой к 0,68НПВ для каштановых почв и 0,7НПВ для черноземов. Методика, предложенная А.М. Цукуровым (1992), позволяет при помощи выведенного соотношения между нормальной реакцией со стороны почвы на нагруженное колесо Y_K и «условной» массой трактора m рассчитать данный показатель (массу машины) по ограничению воздействия на глубокие слои почвы. Соотношение имеет следующий вид:

$$m = \frac{4 Y_K}{g} \quad (6)$$

Для вычисления значений нормальной реакции со стороны почвы Y_K для различных типов почв предполагается использование в качестве исходных данных следующих показателей: средняя по слою 0,3–0,5 м влажность подпахотного слоя почвы, равная 0,68 НПВ для каштановых почв и 0,7 НПВ для черноземов, – W % ; средняя по слою плотность сложения – P_C , т/м³; плотность материала скелетных частиц – $P_{СК}$: для тяжелосуглинистых черноземов – 2,4–2,6 т/м³, для супесчаных почв – 2,68–2,72 т/м³; коэффициент внутреннего трения $f = 0,35–0,45$ [Цукуров, 1992]. В процессе расчетов использовались данные о средней плотности сложения различных типов почв Ставрополя на основании многолетних полевых исследований, проведенных в ГНУ СНИИСХ М.Т. Куприченковым (2002, 2005), а также результаты исследований твердости различных типов почвы, приведенные П.У. Бахтиным (1966, 1971). В таблице 73 приводятся расчетные данные экологически допустимой «условной» массы трактора для различных типов почвы при влажно-

сти слоя 30–50 см, равной 0,68 НПВ для каштановых почв и 0,7 НПВ для черноземов.

Таблица 73 – Экологически допустимая «условная» масса трактора для различных типов почвы

Тип почвы	Гранулометрический состав	Влажность подпахотного слоя, % от НПВ	Плотность, г/см ³	«Условно» допустимая масса <i>m</i> , т
Светло-каштановая	Легко-суглинистый	68	1,37	8,3
Темно-каштановая	Средне-суглинистый	68	1,25	7,3
Чернозем обыкновенный	Средне-суглинистый	70	1,18	6,9
	Тяжелосуглинистый	70	1,22	6,0
	Глинистый	70	1,26	3,9
Чернозем слитый солонцеватый	Глинистый – тяжелосуглинистый	70	1,31	2,0

Общий анализ полученных данных [Кузыченко, Кобозев, 2009; Кузыченко, 2011] свидетельствует о том, что светло-каштановые почвы в большей степени способны сопротивляться машинной нагрузке в сравнении с черноземом тяжелосуглинистым, так как экологически допустимая «условная» масса трактора для светло-каштановых почв на 2,3 т выше в сравнении с тяжелосуглинистым черноземом.

Слитые солонцеватые черноземы вследствие своих морфологических особенностей (влажность завядания в слое 30–50 см – 17–19 %, из всех типов

черноземов в большей степени подвержены остаточному переуплотнению, поскольку имеют слабый почвенный каркас, разность по показателю m с тяжелосуглинистым обыкновенным черноземом составляет 4 т.

Учитывая, что современные отечественные энергонасыщенные тракторы типа К-744Р имеют массу в пределах 15 т, вполне очевидно ожидать в глубоких почвенных слоях накапливающегося уплотнения, снижающего водопроницаемость и подток почвенной влаги. Мероприятия, снижающие данные негативные явления, общеизвестны: применение тракторов с меньшей эксплуатационной массой, сдваивание шин, применение шин низкого и сверхнизкого давления, изменение направления движения, глубокое чизелевание на глубину до 60 см и т. д.

На основании расчетов, проведенных по основным типам почв Ставропольского края, была составлена карта-схема (Рисунок 16), позволяющая сделать вывод об экологически допустимой нагрузке на почву в виде «условной» массы трактора.

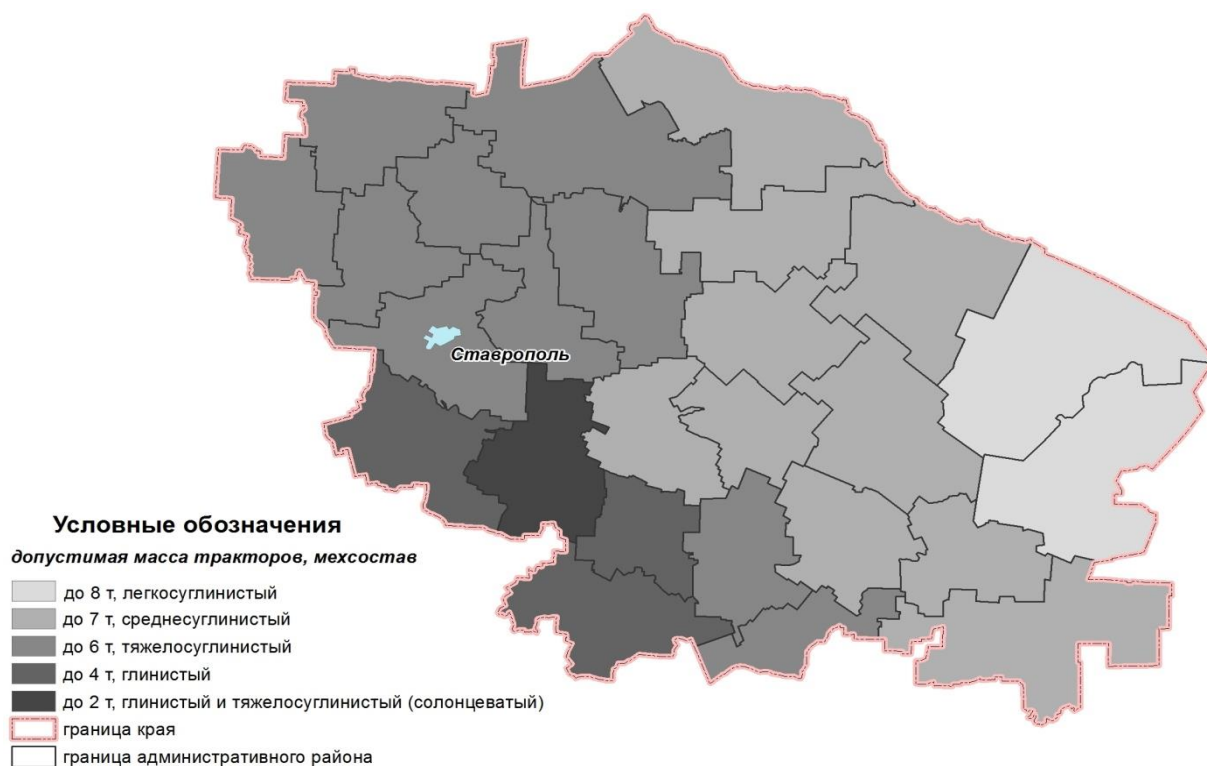


Рисунок 16 – Карта-схема экологически допустимой «условной» массы трактора по уплотняющему воздействию на почву

На основании исследований установлено, что светло-каштановые и каштановые легкосуглинистые почвы (12 % территории) в меньшей степени подвержены риску накопления переуплотняющего воздействия от шин тракторов по глубине. К западу, в зоне тяжелосуглинистых черноземов (34 % территории), значение допустимой «условной» массы трактора снижается до величины не более 6 т. Наиболее неустойчивыми к машинной депрессии с экологической точки зрения являются слитые солонцеватые черноземы, требующие максимально щадящего воздействия на почву. Эти данные позволяют принимать тактические решения по выбору машинно-тракторных агрегатов в процессе возделывания сельскохозяйственных культур.

Одним из путей сокращения площади уплотнения почвы ходовыми системами тракторных агрегатов является использование комбинированных машин и агрегатов, совмещающих несколько технологических операций.

С использованием методики, предложенной В.А. Ковдой (1987), проведен расчет степени снижения площади уплотнения поля, которое обеспечивает применение комбинированного агрегата АКМ-6V. Агрегат комбинированный модернизированный АКМ-6V производит подготовку почвы под посев сразу после уборки без оборота пласта, уход за парами, предпосевную подготовку и культивацию под озимые и пропашные культуры. Он предназначен для сплошной обработки почвы на глубину 8–25 см с одновременным выполнением следующих операций: подрезание сорняков, рыхление, измельчение комков почвы и пожнивных остатков, мульчирование, уплотнение и выравнивание поверхности поля.

Расчеты показывают, что площадь уплотнения S_i на 1 га без учета поворотных полос составляет: $S_i = 10000 \frac{b_i}{B_i} = \frac{0,8}{6} = 1333 \text{ м}^2$, где b_i – ширина уплотненной колеи почвы, м; B_i – ширина захвата агрегата, м. Суммарная же площадь уплотнения S при выполнении сельскохозяйственной машиной отдельно каждой операции (лущения, культивации, измельчения комков, прикатывания) составляет:

$$S = 10000 \sum_1^n \frac{bi}{Bi} = \frac{0.8}{7} + \frac{0.56}{4} + \frac{0.56}{3} + \frac{0.56}{11} = 4910 \text{ м}^2.$$

Применение комбинированного агрегата приводит к сокращению количества проходов тракторного агрегата путем совмещения нескольких операций, а степень снижения суммарной площади уплотнения k вследствие применения комбинированной машины АКМ-6V равна: $k = \frac{S}{Si} = \frac{4910}{1333} = 3.6$.

Таким образом, чем большее число технологических операций выполняет комбинированный почвообрабатывающий агрегат за один проход, и чем больше ширина захвата, тем выше относительный показатель степени снижения суммарной площади уплотнения поля ходовыми системами машин. Комбинированные агрегаты позволяют не только сократить уплотняющее воздействие ходовых систем на почву, но и снизить на 20–25 % эксплуатационные затраты.

Вторым важным моментом в технологии организации обработки почвы является поиск наиболее экономичных и менее энергозатратных способов движения агрегата при сплошной обработке почвы, особенно на полях имеющих в т. ч. и произвольную четырехугольную форму.

Известен челночный способ движения агрегата на полях прямоугольной формы с грушевидными петлями на разворотных полосах с двух сторон поля, которые обрабатываются позже при поперечных проходах [Хробостов, 1973]. При этом наблюдается уплотнение почвы движителями на разворотных полосах и снижается производительность агрегата. Применяется также способ движения агрегата при обработке почвы на полях произвольной четырехугольной формы [Агеев, Бахриев, 1991], сущность которого заключается в том, что выделенные участки треугольной и прямоугольной формы обрабатываются отдельно гоновым способом. Недостатком данного способа обработки почвы является тот факт, что при обработке полей треугольной формы происходит потеря технологического времени работы агрегата и переуплотнение почвы на разворотных полосах.

Предлагаемый способ движения агрегата (патент № 2444171) при обработке поля произвольной четырехугольной формы (Рисунок 17) начинают применять с обработки рабочими проходами 1 периферийных частей поля с движением к центру за счет челночного способа движения по линии незамкнутого периметра с формированием разворотной полосы 2 на наиболее длинной стороне поля. В зонах поворотов рабочие органы агрегата выглубляются, т. е. осуществляются холостые ходы 3, оставляя необработанные участки 4 [Способ движения... 2012].

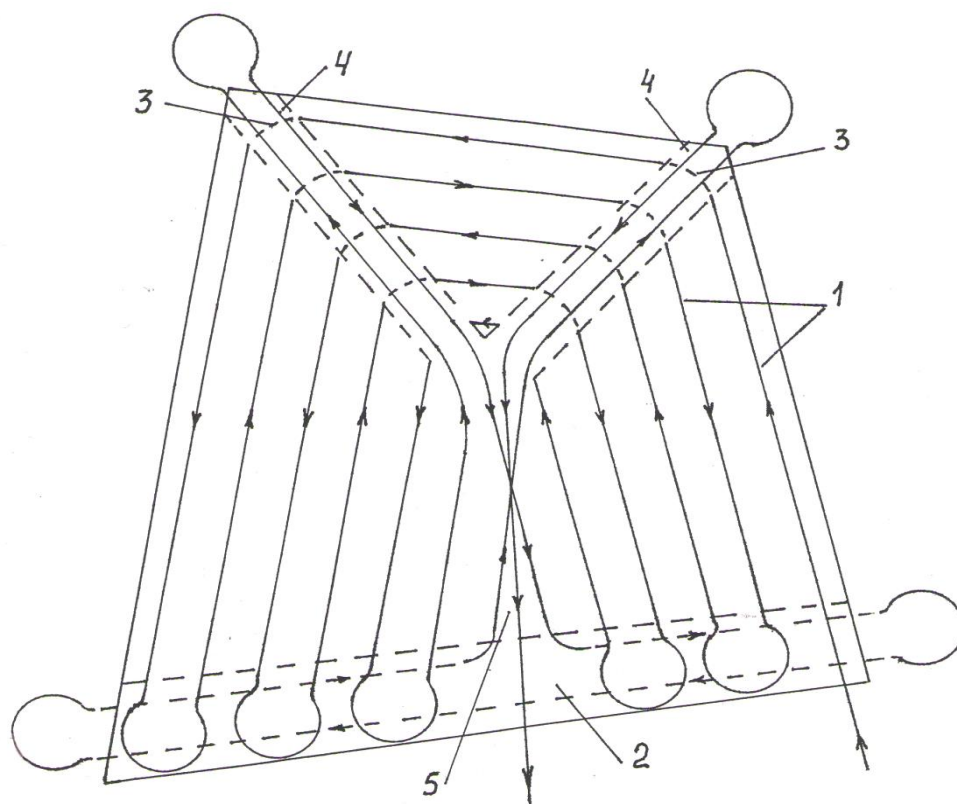


Рисунок 17 – Маршрут движения почвообрабатывающего агрегата по незамкнутому периметру

Когда пространства для разворота тракторного агрегата по челночной схеме практически не остается, агрегат продолжает движение петлевым способом, обрабатывая оставленные необработанные участки 4, разворотную полосу 2 и заделывая в конечном итоге необработанный участок 5 при выезде с поля. Такой способ движения агрегата позволяет вдвое снизить площадь разворотных полос, увеличить производительность почвообрабатывающего

агрегата и в некоторой степени устранить уплотняющее воздействие двигателей на почву при работе на полях произвольной четырехугольной формы. Производственные испытания данного способа движения при культивации паров агрегатом МТЗ-82 + КСПС-4,0 на полях ООО «Агро-Смета» Георгиевского района показали, что производительность агрегата МТЗ-82 + КПС-4 увеличилась на 17 %, а расход топлива снизился на 1,8 кг/га.

6.2. Оптимизация выбора приемов основной обработки почвы по показателю качества обработки

Качество обработки почвы оценивается по нескольким технологическим показателям, основными из которых являются: степень крошения пласта, глыбистость и гребнистость поверхностного слоя, отклонения от заданной глубины обработки. Эти показатели отличаются не только по физическому смыслу и размерности, но прежде всего по относительной важности (желательности), поскольку разные эксперты неоднозначно оценивают данные показатели по их значимости. Это приводит к неопределенности выводов о качестве основной обработки почвы различными орудиями, т. е. необходимо приведение сравниваемых показателей к единому комплексному критерию оценки *D*. Исследования по оценке качества обработки почвы проводились в стационарном опыте СНИИСХ в 1986–1991 гг. на черноземе обыкновенном, среднесуглинистом при различной влажности пахотного слоя, глубина обработки 20–22 см. Орудия основной обработки: плоскорез-глубококорыхлитель ПГ-3-100, чизельный плуг ПЧ-2,5, плуг со стойкой СимИМЭ, отвальный плуг ПЛН-4-35 [Кузыченко, 1991, 1997, 1999, 2003].

При проведении расчетов использовались методические подходы, разработанные К.А. Сохтом и Кириченко, (1979). Для характеристики показателей качества обработки почвы использовалась оценочная шкала (Таблица

74), предложенная П.У. Бахтиным (1971), и оценочные показатели по Харингтону [Адлер, Маркова, Грановский, 1976].

Таблица 74 – Показатели качества обработки почвы при различных уровнях желательности

Показатель	Обозначение	Уровень желательности, d				
		1,0	0,8	0,63	0,37	0,2
		Диапазон показателей				
Отклонение от глубины обработки, см	y_1	0	0,72	1,45	2,1	2,5
Глыбистость, %	y_2	0–15	16–30	31–45	46–60	Более 60
Степень крошения, %	y_3	90 и более	70–89	50–69	30–49	0–29
Гребнистость, см	y_4	0–3	4–6	7–9	10–12	Более 12

Весомость показателей определялась методом экспертной оценки. Суть метода экспертной оценки заключается в ранжировании каждым из экспертов показателей качества обработки почвы в соответствии с определенной шкалой. В результате экспертной оценки весомость (значимость) показателей качества обработки почвы имеет следующие значения: отклонения по глубине $k_1 = 0,264$, глыбистость $k_2 = 0,272$, степень крошения почвы $k_3 = 0,372$, гребнистость $k_4 = 0,092$ [Сохт, Кириченко, 1979].

В таблице 75 приведены натуральные значения показателей при различной влажности пахотного слоя и комплексный показатель качества основной обработки почвы.

Таблица 75 – Комплексный показатель качества основной обработки почвы
D при различной влажности пахотного слоя

Орудия основной обработки	Влажность, %	Натуральный показатель				Показатель <i>D</i>
		y_1	y_2	y_3	y_4	
Отвальный плуг ПЛН-5-35	9,2	1,7	37,9	67,1	7,6	0,859
	11,5	1,6	32,2	62,9	4,4	0,873
	14,0	1,3	16,9	67,2	4,7	0,906
	17,0	1,8	16,1	71,0	4,7	0,895
	19,5	2,1	39,0	68,3	5,5	0,843
Плуг со стойкой СибИМЭ	9,2	1,9	47,0	68,2	5,5	0,833
	11,5	1,6	33,5	63	6,6	0,867
	14,0	1,3	17,5	56,7	3,3	0,889
	17,0	1,8	16,1	58,1	3,2	0,874
	19,5	2,4	15,4	74,8	4,7	0,856
Чизельный плуг ПЧ-2,5	9,2	1,9	55,1	53,2	7,1	0,768
	11,5	1,6	40,6	63,5	5,4	0,856
	14,0	1,4	29,2	58,2	5,6	0,872
	17,0	2,0	27,5	68,0	5,6	0,867
	19,5	2,2	14,8	58,7	3,0	0,851
Плоскорез ПГ-3-100	9,2	2,0	64,3	59,9	6,1	0,723
	11,5	1,7	40,8	55,8	6,9	0,833
	14,0	1,5	26,5	58,5	6,8	0,870
	17,0	1,8	34,1	58,2	5,5	0,861
	19,5	2,5	28,5	77,1	4,5	0,836

Анализ графической части исследований (Рисунок 18) показал, что если речь идет о полупаровой обработке почвы, когда почва несколько иссу-

шена (влажность пахотного слоя в диапазоне 11–12 %), то наиболее предпочтительными являются способы обработки с применением отвального плуга ПЛН-4-35 или плуга с безотвальной стойкой СибИМЭ, имеющие большее значение показателя D . В зоне оптимального крошения (влажность пахотного слоя в пределах 16–17 %) значения обобщенного показателя D качества обработки различными безотвальными орудиями практически одинаковы, поэтому ориентация в выборе такого типа орудий должна строиться с позиции наименьших затрат топлива на гектар. Переувлажненные почвы (влажность пахотного слоя в пределах 19–20 %) предпочтительнее обрабатывать безотвальными орудиями со стойкой СибИМЭ или чизелем ПЧ-2,5.

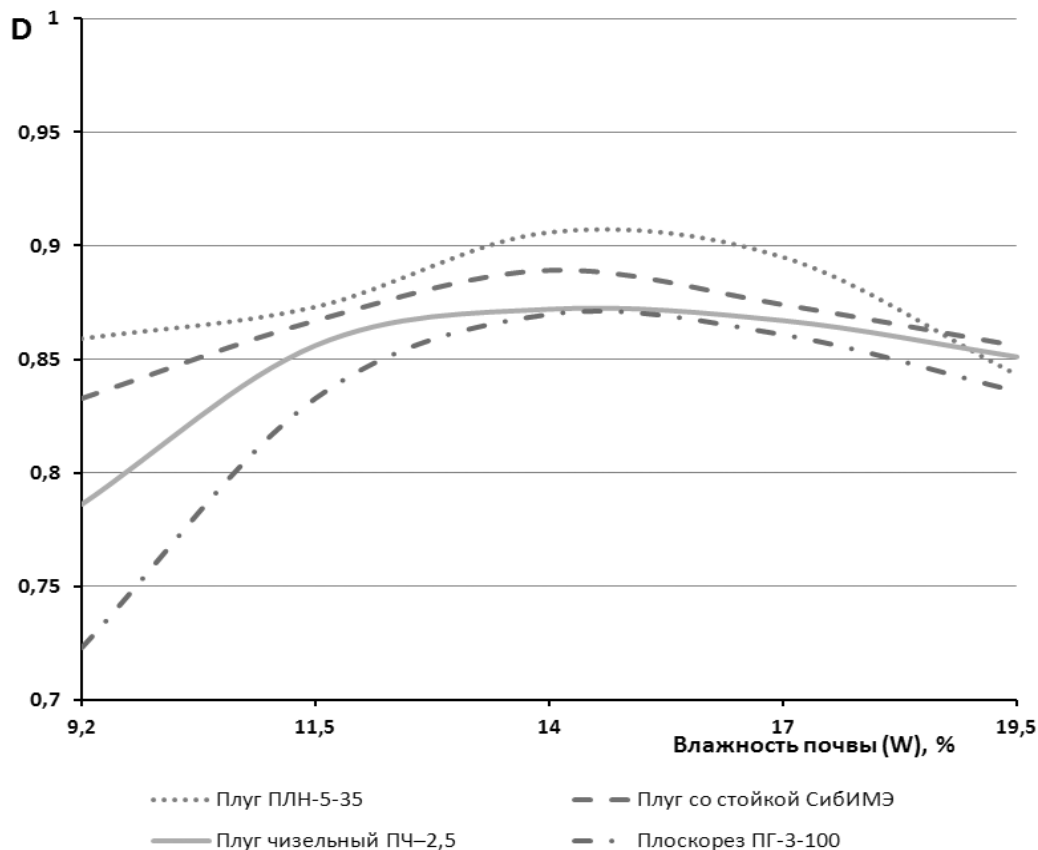


Рисунок 18 – Показатель качества основной обработки D различными орудиями в зависимости от влажности почвы

6.3. Технические решения, повышающие эффективность обработки почвы

Устройство для внесения жидких удобрений в почву. Рыхление поверхностного слоя почвы по типу игольчатой бороны БИГ-3 с одновременным внесением жидких удобрений является фактором интенсивности роста и развития растений. Применение КАС в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур требует высокой ее дозы (азота не менее 30 кг д. в.) при подкормке растений. Зачастую это приводит к ожогу листьев, что в конечном итоге сказывается на интенсивности развития растений. Применение прикорневых подкормок, вносимых на поверхность почвы в прикорневую зону или в верхний слой почвы (2–3 см) с использованием устройства для внесения жидких удобрений в почву (патент № 2421973) решает данную проблему. Кроме того, возможно внесение жидких фунгицидов для борьбы с прикорневыми и корневыми гнилями в период вегетации посевов [Устройство для внесения... 2009].

Принцип действия устройства заключается в следующем (Рисунок 19). Под действием давления, создаваемого в емкости 2, жидкое удобрение по нагнетательной магистрали 9 подается в полую ось 8. Далее при помощи нагнетательных барабанов 11 происходит дозированная подача удобрений в полые иглы 12. Штоки-отсекатели 13, расположенные в полости игл 12, при вхождении в почву утапливаются, открывая канал подачи удобрения в почву под давлением.

Таким образом, предлагаемая конструкция устройства разрушает почвенную корку, рыхлит верхний слой почвы и дозированно распределяет удобрения, что повышает качество внесения жидких удобрений в почву.

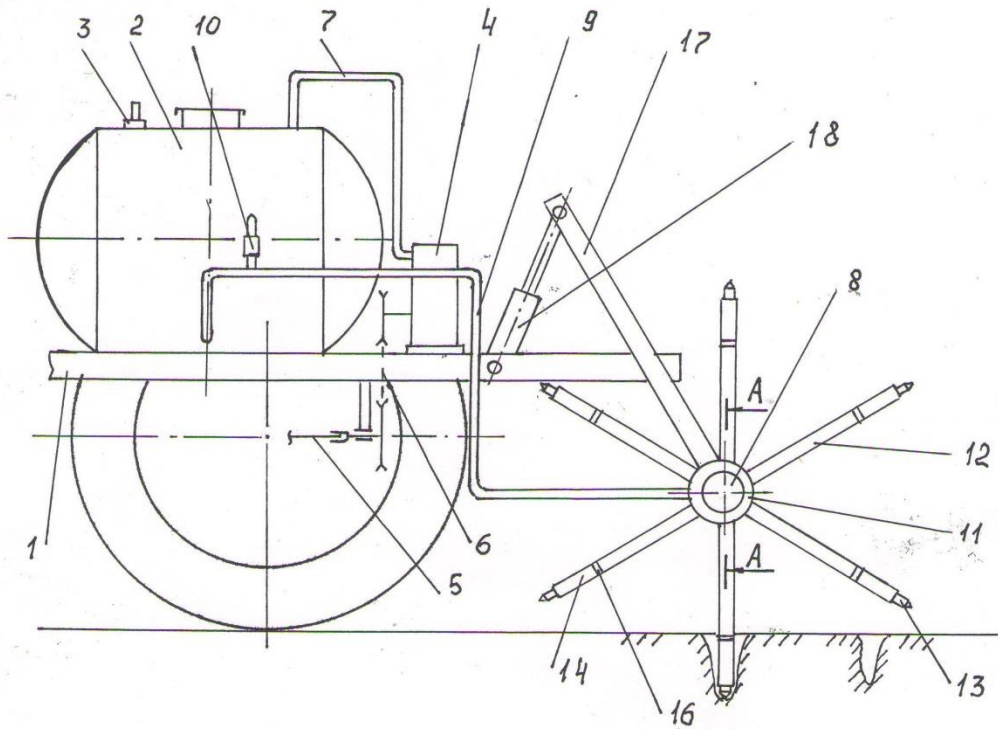


Рисунок 19 – Устройство для внесения жидких удобрений в почву:

1 – рама; 2 – емкость для удобрений; 3 – предохранительный клапан; 4 – компрессор; 5 – ВОМ трактора; 6 – клиноременная передача; 7 – воздушная магистраль; 8 – полая ось; 9 – нагнетательная магистраль; 10 – обратный клапан; 11 – нагнетательный барабан; 12 – игла; 13 – шток-отсекатель; 14 – стакан; 15 – пружина стакана (не показана); 16 – регулировочные шайбы; 17 – поворотный кронштейн; 18 – гидроцилиндр

Узел крепления стойки рабочего органа культиватора. В процессе выполнения технологических операций, связанных с применением пропашных культиваторов, возникает необходимость корректировки высоты установки рабочих стоек со стрелчатыми или полыми лапами на одном уровне по высоте, смещения их по ходу движения агрегата, а также их замены в связи с износом самих рабочих органов. Однако сам процесс замены рабочих органов и технологической переналадки требует значительного времени. Предлагаемое устройство (патент № 2431247) в определенной степени снижает затраты времени на установку и настройку технологических параметров пропашного культиватора и повышает надежность крепления стойки рабочего органа культиватора в держателе [Узел крепления... 2010]. Основные элементы узла крепления

стойки рабочего органа культиватора представлены на рисунке 20 а. Принципиальное отличие предлагаемого устройства от классической конструкции узла крепления заключается в том, что штанга 1, держатель 2 и стойка рабочего органа 3 имеют рифленные поверхности, сопрягаемые и удерживаемые в контакте эксцентриковым кулачком 4 (Рисунок 20 в и с). При этом нормированный шаг рифлений стойки крепления рабочего органа культиватора позволяет осуществлять регулировку по глубине через 1 см. Таким образом, предлагаемая конструкция узла крепления стойки рабочих органов культиватора обеспечивает надежность крепления стойки и снижает время переналадки культиватора на определенную глубину.

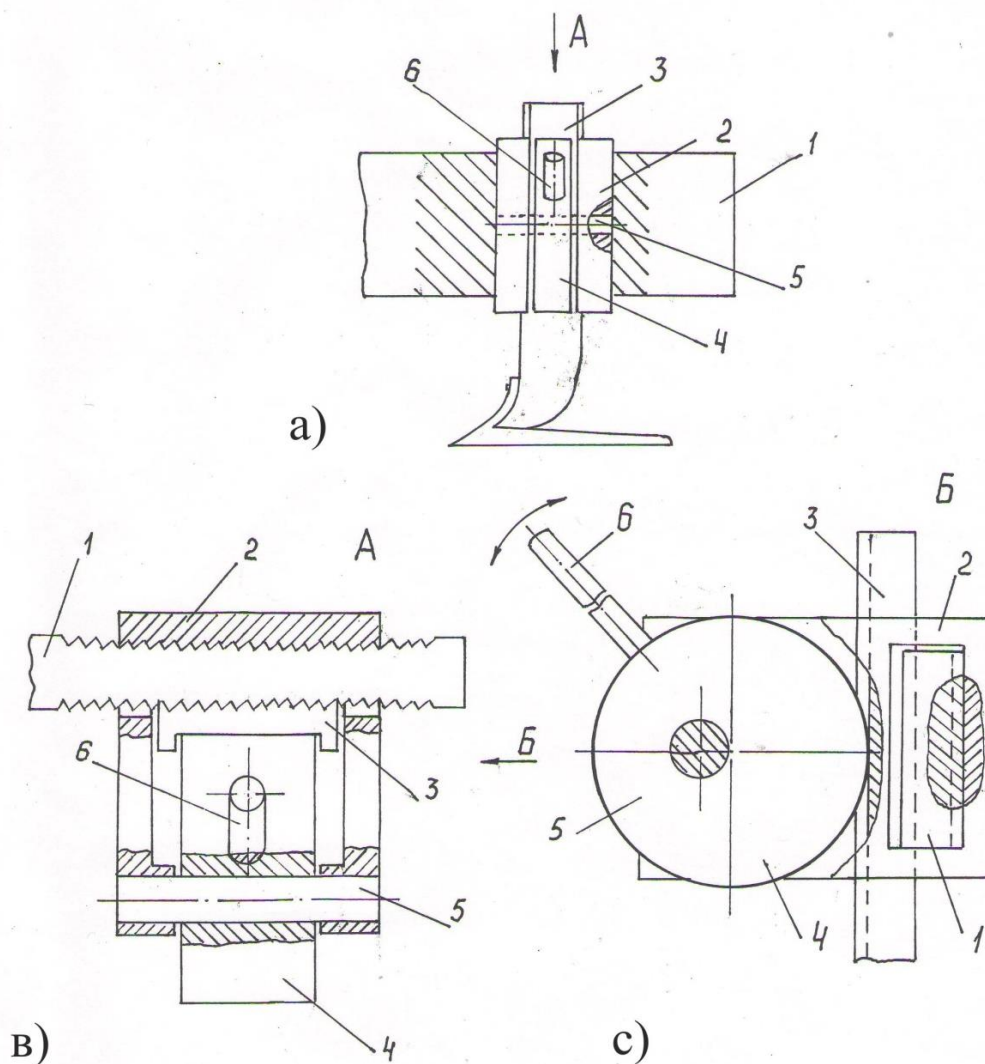


Рисунок 20 – Узел крепления стойки рабочего органа культиватора:

1 – штанга; 2 – держатель; 3 – стойка рабочего органа; 4 – кулачок; 5 – ось; 6 – рукоятка

6.4. Выбор приемов основной обработки почвы по топливным затратам

При возделывании сельскохозяйственных культур значительная часть энергозатрат приходится на обработку почвы. Почвозащитная обработка занимает 15–20 % в структуре расходов на производство сельскохозяйственной продукции, а также 20–25 % потребления топливно-энергетических ресурсов [Soucek, 1984].

П.М. Панов, В.И. Скорик, Ю.А. Кузнецов (1983), И.М. Панов, А.Н.Черепяхин (2000) отмечают, что наряду с применением отвальных плугов ведется разработка и производственные испытания почвообрабатывающих орудий, которые могли бы заменить лемешные плуги при основной обработке почвы. Основными типами таких орудий являются различные типы плоскорезов, безотвальных стоек СибИМЭ, чизельных плугов орудий с наклонными стойками типа «Параплау», фрез и комбинированных агрегатов. Сравнение затрат энергии при работе различных орудий на основе анализа материалов иностранных публикаций, проведенного А.В. Клочковым (1986), А.В. Клочковым, О.С. Клочковой, О.Б. Соломко (2010), показывает, что при вспашке затраты энергии составляют 40,54 кВт-ч/га, для безотвальных орудий (чизель, плоскорез) затраты находятся в пределах 6,6–7,7 кВт-ч/га.

Чизель в сравнении с отвальным плугом обеспечивает снижение энергетических затрат, однако в общей технологии возделывания чизельная обработка не обеспечивает значительных технико-экономических преимуществ [Larson, Osborne. 1982; Ali. 1985; Сенченко, Сергеева, Найденов, 1986; Кивер, Сахаров, Москаленко, 1986; Чизельная обработка... 1987; Клочков, 2010].

И.И. Гуреев (1987), М.С. Хоменко (1990) и др. на основании проведенных исследований установили, что затраты энергии при фрезеровании в 1,5–4 раза больше, чем при отвальной вспашке [Перспективы использования... 1987].

Сравнительные испытания плугов и плоскорезов-глубококорыхлителей, проведенные В.В. Юдкиным и В.М. Бойковым (1978), В.В. Юдкиным и Ю.П. Гуляевым (1996), свидетельствуют о том, что плоскорезные орудия

наряду с меньшим удельным тяговым сопротивлением имеют и меньший расход топлива.

Результаты энергетической оценки показали, что удельное тяговое сопротивление при обработке почвы плугом со стойками СибИМЭ ниже в сравнении с отвальным плугом и плоскорезом. В результате сравнительной агротехнической и энергетической оценки затрат энергии на 1 м² поверхности разделов, образующихся при обработке комков почвы, установлено, что для СибИМЭ эта величина равна 0,52 кВт/м², для плоскореза КППГ – 2,2–0,58 кВт/м², для отвальных корпусов – 0,56 кВт/м² [Топчиенко, Саляхов, Радышевский, 1983; Нагорный, Белоткач, 1987].

Исследования по энергетической оценке чизельного и отвального плугов, проведенные в различных регионах нашей страны, показали снижение удельного тягового сопротивления [Стародинский, 1981; Панов, Скорик, Кузнецов, 1983; Клочков, 1985; Сенченко, Сергеев, Найденов, 1986; Плюснин, Кравченко, Гридин, 1988] и удельного расхода топлива [Стародинский, 1981; Larson, Osborne, 1982; Панов, Скорик, Кузнецов, 1983; Клочков, 1985; Кряжков, Бурченко, 1987; Илюхин, 1988; Циков, Матюха, Шевченко, 1988; Плюснин, Кравченко, Гридин 1988; Кряжков, 2010] при обработке чизелем. При этом отмечается также и снижение удельного тягового сопротивления при обработке почвы наклонной стойкой в сравнении с плугом [Braim, Yodgson, 1984; Щелевание почвы... 1987; Ж.А. Каскарбаев, А.С. Буряков, 2006].

Данные, приведенные А.Я. Черновым (2005), показывают, что применение орудий для безотвальной обработки почвы и комбинированных агрегатов при основной обработке почвы сокращает затраты топлива по сравнению с отвальной вспашкой: под озимую пшеницу на 13 %, под яровой ячмень на 23,3 %, под горох на 24,1 %, под подсолнечник на 26,9 %.

Поэтому для функционирования системы адаптивно-ландшафтного земледелия в комплексе с энергоресурсосберегающей системой обработки почвы необходимы исследования по оценке топливных затрат при основной

обработке почвы почвообрабатывающими машинами нового поколения, в т. ч. отвальных плугов новых типов, безотвальных глубокорыхлителей и комбинированных агрегатов.

Энергосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур предполагают снижение топливных затрат в системе обработки почвы и прежде всего на основную обработку [Базаров, 1983; Токарев, Братушков, Никифоров, 1989].

С 1986 по 1991 год на экспериментальном полигоне ГНУ СНИИСХ проводились тяговые испытания отвальных и безотвальных орудий основной обработки почвы (Таблица 76, Рисунок 21) с определением топливных затрат при различной влажности обрабатываемого слоя почвы [Кузыченко, 1990, 1993].

Таблица 76 – Удельный расход топлива агрегатами при основной обработке почвы различной влажности, кг/га

№ варианта	Орудие основной обработки	Влажность в слое 0–20 см, %			
		14,6	18,4	19,2	20,6
1	Плуг отвальный ПЛН 5-35	16,8	16,2	22,9	25,6
2	Плуг со стойками СибИМЭ	16,6	15,3	20,2	24,0
3	Плуг чизельный ПЧ-2,5	16,0	16,1	15,4	17,4
4	Плуг с наклонными стойками типа «Параплау»	13,4	12,9	15,7	16,1
5	Плоскорез ПГ-3-100	7,2	8,1	10,5	11,2

Почва экспериментального участка – чернозем обыкновенный средне-суглинистый, содержание гумуса в пахотном слое 3,9 %.

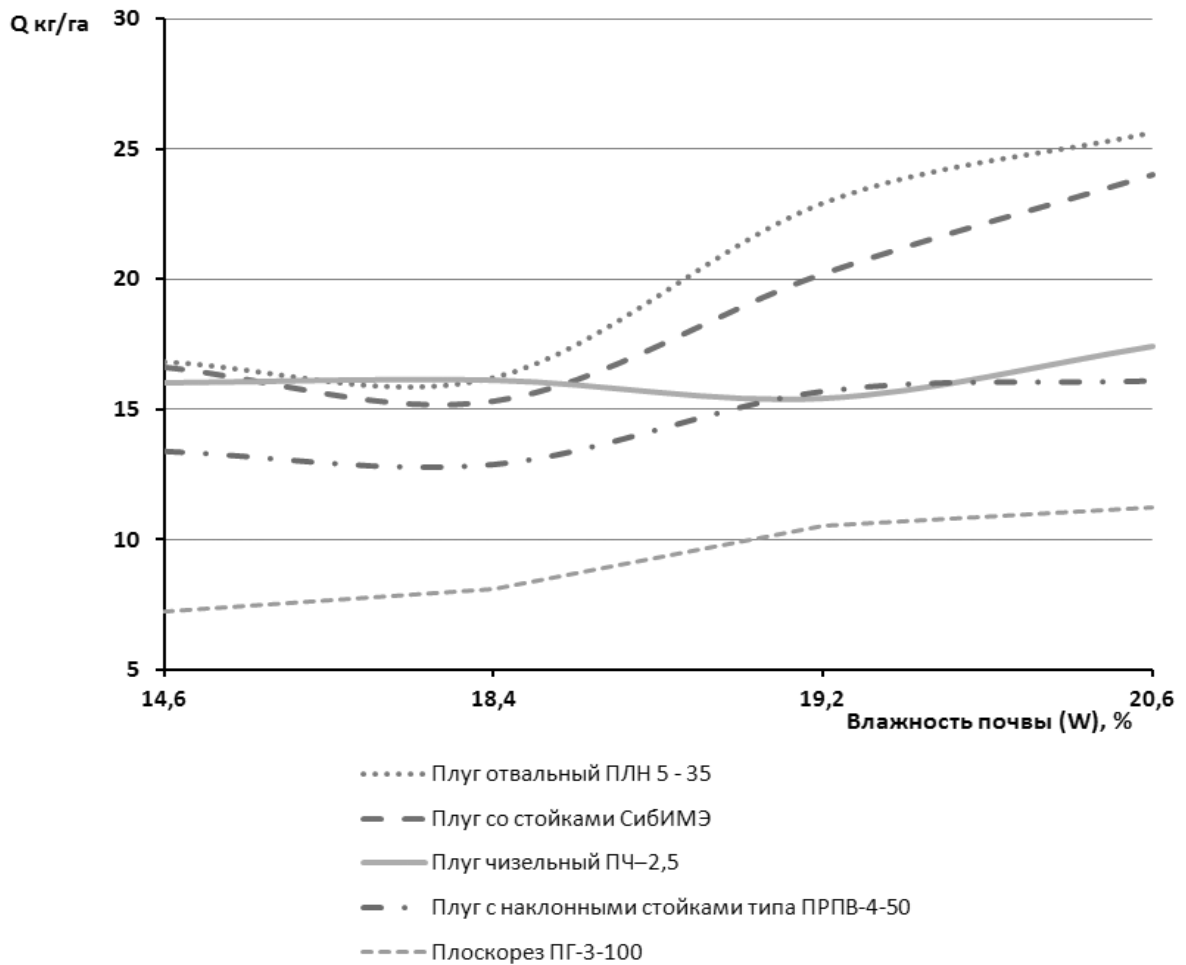


Рисунок 21 – Удельный расход топлива агрегатами Q (кг/га) при основной обработке почвы различной влажности

Результаты исследований показали, что с увеличением влажности в пахотном слое повышается удельный расход топлива, особенно интенсивно при обработке отвальным плугом ПЛН-5-35 и плугом со стойкой СибИМЭ, начиная с влажности почвы 18,4 %. Более низкие и выровненные показатели удельного расхода топлива отмечаются при обработке наклонными стойками ПРПВ-4-50 и плоскорезом ПГ-3-100, в среднем снижение расхода топлива в сравнении с отвальной вспашкой составляет соответственно 5,9 и 10,9 кг/га.

Одной из целей механической обработки почвы является ее разуплотнение с целью достижения требуемой степени крошения почвы и создания в ней благоприятного водно-воздушного и теплового режимов. Кроме того, вполне обоснованным является получение информации не только об удель-

ном расходе топлива при основной обработке почвы, но и дополнительных топливных затратах, связанных с доведением посевного слоя до оптимального состояния.

При работе почвообрабатывающих машин различных типов степень крошения почвы колеблется от 35 до 90 %, однако вероятность обработки всего поля с требуемой степенью крошения (например, 70 % для отвальных плугов) составляет 20–25 % из-за широкого варьирования ее физико-механических свойств. Качество предпосевной подготовки почвы достигается дополнительной обработкой вспаханного поля дисковыми луцильниками и боронами, культиваторами, катками и другими орудиями. При этом резко возрастают энерго- и трудозатраты в связи с низким качеством крошения обрабатываемого пласта почвы, при этом КПД большинства почвообрабатывающих машин не превышает 0,5–0,7 [Панов, 1988].

В последние годы усилиями региональных заводов ОАО НПХ «Реста» (г. Ставрополь) при научной поддержке ВНИИПТИМЭСХ налажен выпуск комплекса комбинированных почвообрабатывающих машин с научно обоснованными комбинациями рабочих органов для основной обработки почвы: КАО-2, КАО-10, АКМ-6V, чизельного плуга ПЧН-4,0, семейства тяжелых дисковых борон типа БД-6,6 и дискокатов типа БДК.

Поэтому в настоящее время одним из важнейших вопросов внедрения новой техники является изучение и разработка алгоритма зональной целесообразности использования того или иного типа машин на различных типах почв, совместимости машин с данной конкретной почвой, ее типом, механическим составом, диапазоном многолетнескладывающейся влажности к периоду основной обработки почвы, а также оценка экономической выгоды вложения средств на приобретение машин [Кузыченко, 2010].

Алгоритм выбора орудий представляет собой последовательную схему экспериментальных исследований, расчетов и построение номограмм, позволяющих принимать оптимальное решение по выбору орудий основной обработки почвы для различных типов почвы при разной влажности пахотного слоя.

Схема шагов алгоритма состоит в следующем:

- экспериментальными методами определяется удельное сопротивление сдвигу почвенного пласта ($\text{кг}/\text{см}^2$) при различной влажности;
- устанавливается оптимальный компонентный состав почвенных агрегатов по размерам (%) при влажности, к посеву равной для обыкновенного чернозема и светло-каштановой почвы 0,68–0,7НПВ.
- по данным степени крошения почвы различными орудиями (отвальным, безотвальным, комбинированным) рассчитывается удельная поверхность почвенных агрегатов при различной влажности ($\text{м}^2/\text{м}^3$);
- формируется блок экспериментальных данных по удельному расходу топлива ($\text{кг}/\text{га}$) на основную обработку почвы различными орудиями при различной влажности пахотного слоя;
- строится номограмма и рассчитывается шкала значений дополнительного расхода топлива при выполнении операции основной обработки почвы.

Для большинства типов почвы в процессе их основной обработки определяющим фактором является возникновение сдвиговых деформаций в обрабатываемом слое почвы. При этом сопротивление почв сдвигу зависит от гранулометрического и минералогического состава почвы, ее плотности, влажности, структурного состояния.

Для понимания механики сдвига и крошения почвенного пласта, осуществляемого различными типами рабочих органов почвообрабатывающих орудий (плоскорезными стрелчатými лапами, рыхлительными долотами, рабочими стойками СибИМЭ) с минимальными энергозатратами, рассмотрим некоторые элементы процесса разрушения пласта [Ветохин, 1994].

Зона отделения пласта от монолита почвы имеет некоторую объемную протяженность, т. е. не ограничивается поверхностью одной трещины. Размер этой зоны близок к конечному максимальному размеру макроэлементов пласта, а внешний вид ее границ при некоторых условиях сравним с движением фронта волны деформаций. Основная фаза крошения почвы по времени и простран-

ственной протяженности совпадает с периодом отделения пласта от монолита. Увеличение степени крошения почвы после отделения пласта (т. е. после завершения основной фазы) для связной почвы незначительно. Конечная степень крошения, например чизельными рыхлителями, достигает не более 60 %.

Представим, что пласт почвы толщиной H отделяется от монолита клином, поставленным под углом крошения γ (Рисунок 22). В простейшем виде пласт подобен консольной балке, нагруженной равнодействующей силой R , а N и P – составляющие силы взаимодействия пласта с клином. На первом этапе рассмотрим напряжения, возникающие в пласте от действия вертикальной составляющей N результирующей силы R (Рисунок 23). В этом случае напряжения, распределенные по сечению пласта, должны уравнивать силу N . В результате их действия в пласте возникают касательные напряжения, спровоцированные касательными силами T . Анализ касательных напряжений по высоте поперечного сечения пласта показывает, что в начальной стадии крошения касательные силы T нарастают по параболическому закону (Рисунок 24). При этом соотношение между продольной и вертикальной составляющими N и P определяется углом β наклона равнодействующей R к горизонту. По данным В.И. Ветохина (1994), оптимальные значения углов, например при чизелевании, составляют: $\gamma = 20^{\circ}–30^{\circ}$, $\beta = 17^{\circ}–30^{\circ}$.

Угол β для различных почв может служить критерием типа разрушения пласта (отрывом или сдвигом), так как для одного и того же угла γ на разных почвах его значения различны. Кроме того, анализ показывает, что экспериментально полученный угол β меньше, чем рассчитанный теоретически [Синеоков, Панов 1977]. Это свидетельствует о повышении реальной силы трения на рабочей поверхности – той силы, которая обусловлена трением почвы по металлу. Следовательно, это косвенно подтверждает факт скольжения почвы по почве или, что более важно для конечного вывода, наличие сдвиговых деформаций внутри пласта. Разрушение пласта сдвигом наиболее вероятно у его нейтральной оси $X-X$ (Рисунок 23), в зоне возникновения максимального касательного напряжения, где пласт делится на два менее свя-

занных слоя. В каждом из этих слоев в тот же момент происходит перераспределение напряжений. При росте напряжений вследствие движения клина происходит аналогичный сдвиг вблизи нейтральной оси каждого ранее образовавшегося слоя (Рисунок 24).

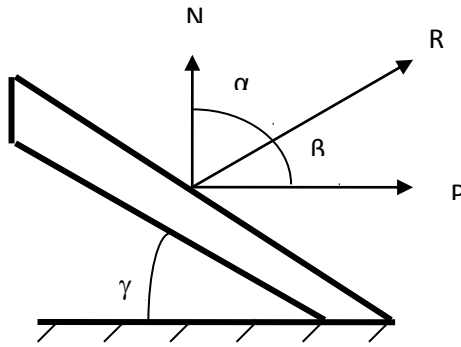


Рисунок 22 – Разложение результирующей силы R

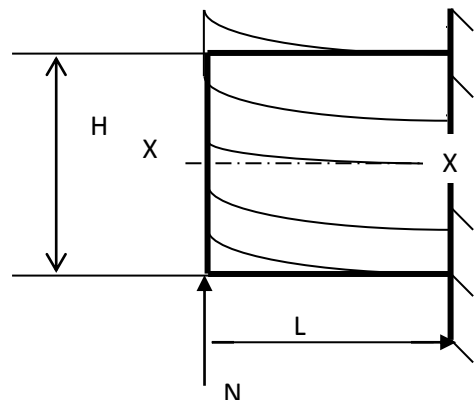


Рисунок 23 – Нагрузки почвенного пласта вертикальной силой N

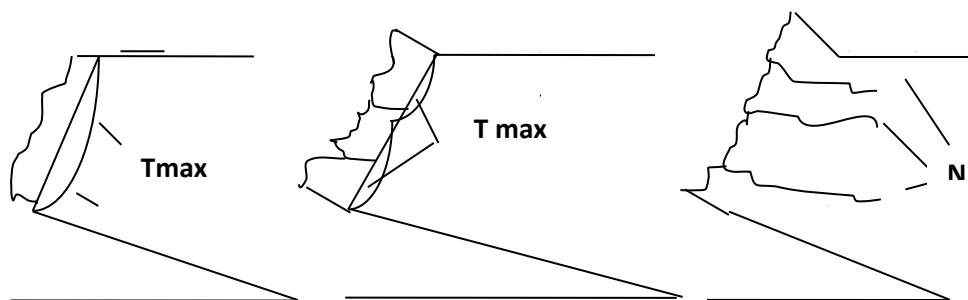


Рисунок 24 – Схема крошения почвы путем последовательного расслоения пласта

Таким образом, такое последовательно-параллельное деление пласта на слои приводит к сдвигу слоев вдоль и поперек пласта, что в результате действия закона парности касательных напряжений приводит к крошению почвенного пласта в местах непрочного контакта между агрегатами почвы.

В процессе обработки почвы для большинства ее типов характерными являются сдвиговые деформации, в общем случае нелинейно возрастающие с увеличением направленного вверх по нормали давления [Грун-

товедение, 1973]. В свою очередь сопротивление почв сдвигу зависит от гранулометрического и минералогического состава почвы, ее плотности, влажности, структурного состояния. Данный анализ и последующие выводы являются вполне логичным основанием для инструментального определения касательных сдвиговых деформаций (удельного сопротивления сдвигу) при воздействии рабочего органа почвообрабатывающего орудия на пласт почвы.

В наших исследованиях удельное сопротивление сдвигу для образцов ненарушенного сложения различных типов почв при разной влажности определялось по методу Урсулова [Бахтин, 1966] на сдвиговом приборе с использованием твердомера Ревякина (Рисунок 25). Для исследования образцов с более низкой влажностью применялся метод медленной сушки с последующим горизонтальным сдвигом образца [Антропогенная эволюция... 2000]. В результате исследований были получены уравнения зависимости сдвигающего напряжения P (кг/см²) от влажности почвы W (%) для светло-каштановой почвы и чернозема обыкновенного [Кузыченко, 2004].

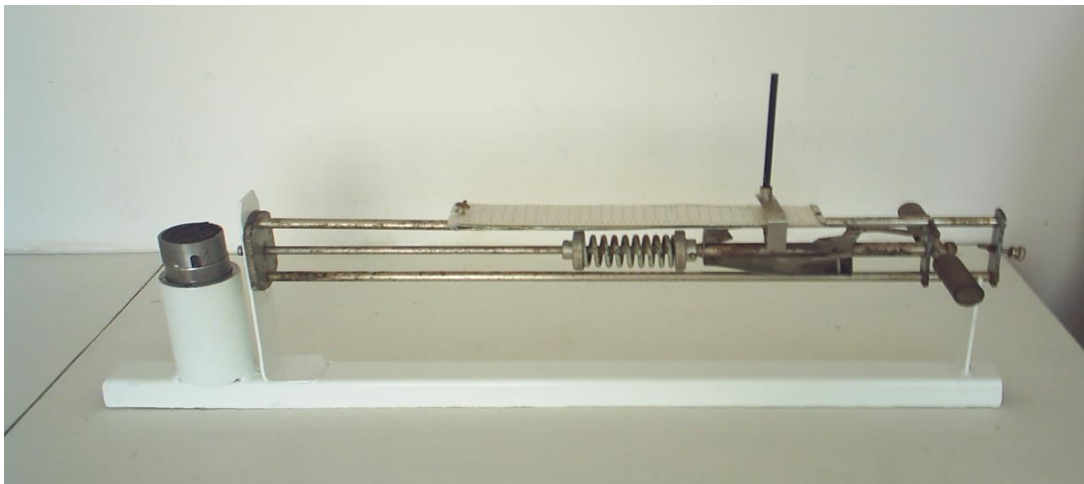


Рисунок 25 – Определение удельных сдвиговых деформаций по методу Урсулова с применением твердомера Ревякина

Важные показатели качества обработки почвы – структурно-агрегатный состав и связанная с ним удельная поверхность агрегатов, определяющая весь комплекс физико-химических процессов, происходящих в почве. По данным П.У. Бахтина (1971), наилучшему качеству обработки почвы соответствует 90–100 % содержание комков размером менее 50 мм и менее 5 % пыли (агрегаты менее 0,25 мм), хорошему качеству – 70–90 % комков и 5–10 % пыли, удовлетворительному – 50–70 % комков и 10–15 % пыли.

Однако это общие подходы к параметрам пахотного слоя, поскольку конкретно посевной слой должен иметь более определенные и оптимальные параметры процентного соотношения агрегатов различного диаметра и удельной площади поверхности агрегатов ($\text{м}^2/\text{м}^3$) в связи со складывающимися условиями увлажнения для различных типов почвы. В работах В.В. Медведева (1988), А.Ф. Бурбеля и А.Н. Белана (1996) приводятся такого рода данные, однако диапазон этих показателей несколько ограничен, что не в полной мере дает возможность развернуть полученные ими результаты в практическую плоскость.

Аналитическая зависимость между агрегатным составом и общей поверхностью частиц почвы в единице объема, согласно поверхностной теории П. Риттингера [Далин, Павлов, 1950], трактуется следующим образом: работа, необходимая для дробления тела, прямо пропорциональна суммарной площади поверхности вновь образовавшихся при дроблении агрегатов почвы.

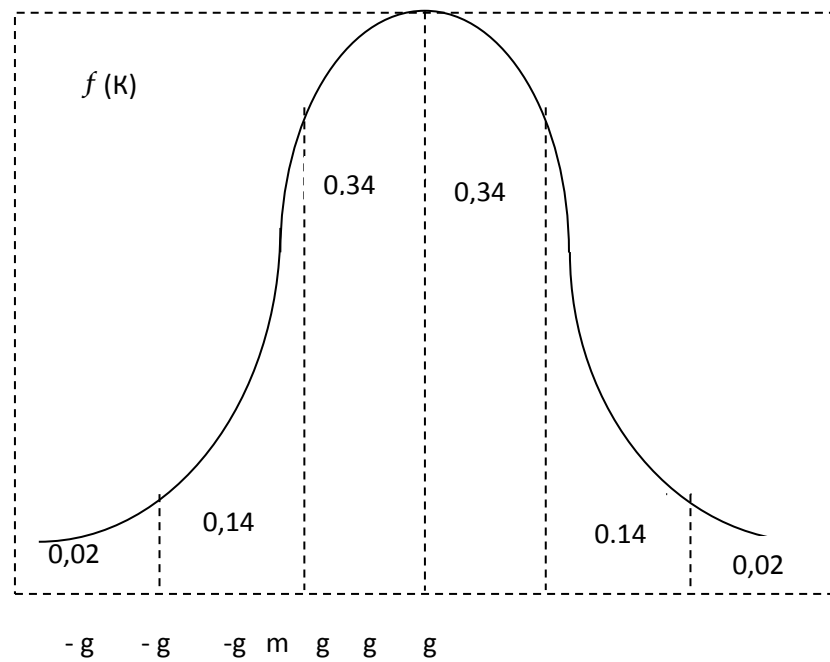
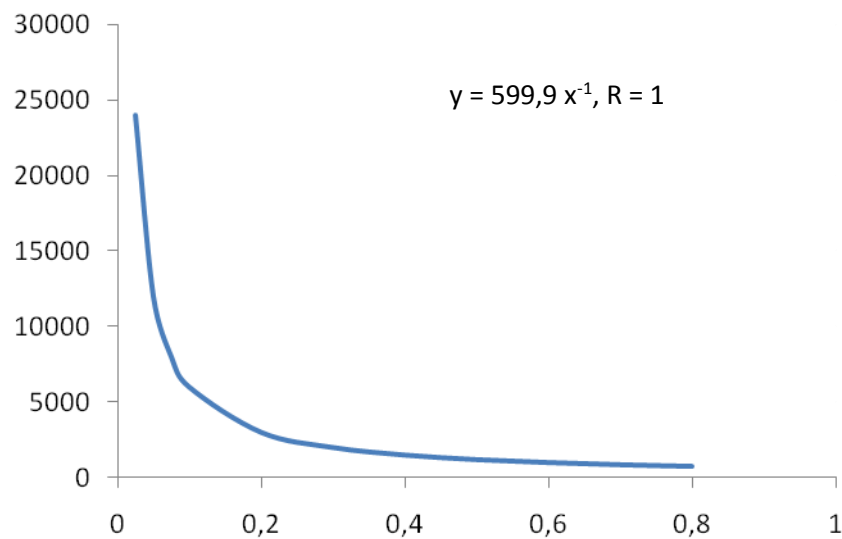
Почвенные агрегаты разрушенного пласта имеют форму многогранников с бесконечно большим числом граней, от куба до тетраэдра. Для упрощения расчетов площади поверхности агрегатов принимаем, что образующиеся при крошении комки имеют форму кубиков [Нагорный, Белоткач, 1987]. Площадь S ($\text{м}^2/\text{м}^3$) поверхности разделов разрыхленной почвы можно определить по формуле

$$S = 6 \left(\frac{n_1}{K_1} + \frac{n_2}{K_2} + \dots + \frac{n_n}{K_n} \right), \quad (7)$$

где $K_1, K_2 \dots K_n$ – диаметры агрегатов фракционного состава, см;

$n_1, n_2 \dots n_n$ – доля соответствующих фракций, %.

a)

 $S, \text{ м}^2/\text{м}^3$ 

в)

 $K, \text{ см}$

Рисунок 26 а – кривая нормального распределения; 26 в – графическая схема определения площадей поверхностей разделов почвы при обработке $S, \text{ м}^2/\text{м}^3$

Подставляя в формулу (7) усредненные диаметры агрегатов почвы K_n и их процентное содержание n_n в единице объема (1 м^3), было установлено, что между площадью поверхности разделов комков S и их диаметром K_n существует степенная зависимость $y = 599,9x^{-1}$ (Рисунок 26 в).

К примеру, для усредненного диаметра комков размером 4 мм удельная поверхность разделов составит $1500 \text{ м}^2/\text{м}^3$ (расчеты по формуле 7). Приняв за гипотезу положение, что обработанный пласт по своему фракционному составу подчиняется закону нормального распределения (Рисунок 26 а), вероятностное их содержание в единице объема равно: для агрегатов более 4 мм – 0,34; 3–1 мм – 0,14; менее 1 мм – 0,02 (Рисунок 26 в). Если умножить эту площадь на вероятность ее возникновения (в данном случае – 0,34), то получим площадь, образующуюся при дроблении комков, в данном примере, равную $510 \text{ м}^2/\text{м}^3$ [Нагорный, Белоткач, 1987].

Исходя из вышеизложенных теоретических предпосылок в лаборатории обработки почвы ГНУ СНИИСХ в 2004–2010 гг. был проведен цикл исследований по определению оптимального соотношения агрегатного состава посевного слоя почвы для получения дружных всходов озимой пшеницы на черноземе обыкновенном среднесуглинистом (СНИИСХ) и светло-каштановой среднесуглинистой почве (Прикумская ОСС).

Методика проведения опыта заключалась в создании модели посевного слоя почвы с различным процентным соотношением почвенных агрегатов (глыбы более 5 мм, агрегаты оптимальных размеров 5–1 мм, пылевидная фракция менее 1 мм) и посеве семян озимой пшеницы в эти почвенные среды с использованием экспериментальных сосудов (Рисунок 27).

При этом методом долива [Федосеев, Пасов, 1986] создавались оптимальные условия увлажнения посевного слоя для светло-каштановой почвы и обыкновенного среднесуглинистого чернозема в пределах 0,68–0,7 НПВ [Кузыченко, 2010]. Растительный материал взвешивался, и по наибольшему весу снопа растений определялся диапазон оптимального соотношения почвенных агрегатов для различных типов почвы.

В результате были установлены оптимальные соотношения агрегатов (Таблица 77), при которых создаются наиболее благоприятные условия для появления всходов [Кузыченко, 2005, 2006].

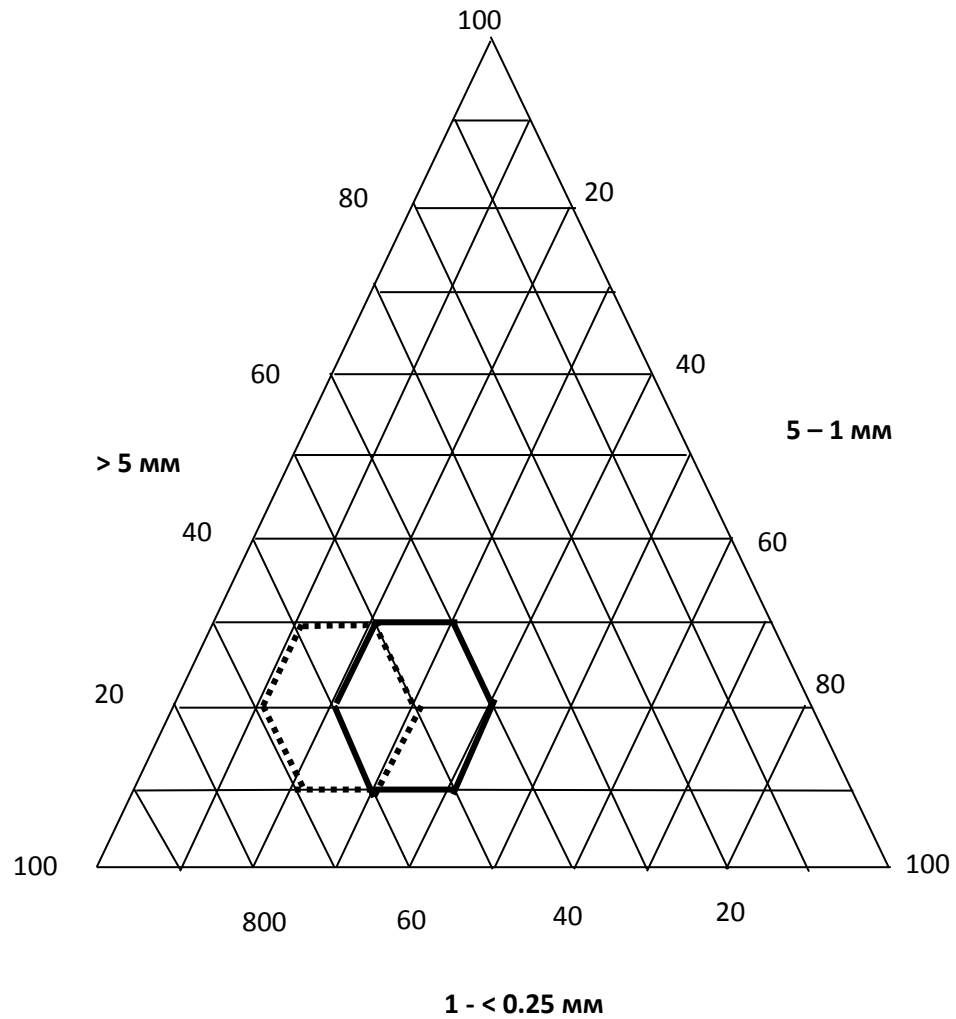


Рисунок 27 – Образцы растений в экспериментальных сосудах с различным соотношением почвенных компонентов (чернозем обыкновенный)

Таблица 77 – Диапазон оптимального соотношения агрегатов посевного слоя для различных типов почвы

Тип почвы	Диапазон оптимального соотношения агрегатов, %		
	<15→ 5 мм	5→1 мм	1-<0,25 мм
Светло-каштановая почва	10–30	20–40	40–60
Чернозем обыкновенный	10–30	10–30	50–70

Представляет интерес рассмотрение оптимального диапазона содержания почвенных агрегатов на треугольнике Фере [Бахтин, 1966]. На рисунке 28 представлены оптимальные диапазоны соотношения почвенных агрегатов посевного слоя для светло-каштановой почвы и для обыкновенного средне-суглинистого чернозема. Установлено, что при обработке чернозема обыкновенного требуется создание большего количества агрегатов 1–0,25 мм в сравнении со светло-каштановой почвой, поскольку легкая по мехсоставу светло-каштановая почва имеет более плотную упаковку мелких агрегатов (1–0,25мм).



----- чернозем обыкновенный среднесуглинистый

————— светло-каштановая почва

Рисунок 28 – Диапазон оптимальных соотношений почвенных агрегатов различных типов почв

Приведенные выше положения дают основания для проведения расчетов по определению оптимальной удельной поверхности крошения (S) для различных типов почвы. Подставляя в формулу (6) усредненные диаметры агрегатов почвы K_n и их процентное содержание n_n в единице объема (1 м^3), используя данные таблицы 77 и умножая их соотношение на вероятность их содержания в единице объема, получим

для светло-каштановой почвы:

$$S = 6 \left(\frac{20}{1} \cdot 0.34 + \frac{30}{0.3} \cdot 0.14 + \frac{50}{0.525} \cdot 0.02 \right) = 136.2 \text{ м}^2/\text{м}^3.$$

для чернозема обыкновенного:

$$S = 6 \left(\frac{20}{1} \cdot 0,34 + \frac{20}{0,3} \cdot 0,14 + \frac{60}{0,525} \cdot 0,02 \right) = 110,3 \text{ м}^2/\text{м}^3.$$

Далее на основании многолетних данных, полученных в стационарных опытах СНИИСХ, определялся структурно-агрегатный состав и по вышеизложенной методике рассчитывалась удельная площадь (S) поверхности разделов агрегатов верхнего слоя почвы при различной влажности почвы (W) в процессе обработки ее отвальным плугом ПЛН-5-35, агрегатом КАО-2 и комбинированным агрегатом АКМ-6, рабочие органы которых соответственно представлены классическими типами: лемех-отвал, чизельное рыхлительное долото, плоскорезная лапа [Кузыченко, 1990, 1992, 1993, 1998, 2000].

При построении номограмм (Рисунок 29, Рисунок 30) предполагается размещение в правом верхнем квадранте графика удельного сопротивления сдвигу (P , кг/см²), в верхнем левом квадранте – удельной поверхности разделов комков почвы при обработке различными орудиями в зависимости от влажности обрабатываемого слоя и оптимальной зоны благоприятного соотношения почвенных агрегатов (S , м²/м³). В правом нижнем квадранте отражены экспериментальные данные опытов СНИИСХ, результаты испытаний РосНИИТиМ и ВНИИПТИМЭСХ по определению зависимости удельного расхода топлива (G , кг/га) от влажности почвы (W , %) при обработке почвы различными орудиями [Кузыченко, 1993, 2010; Информационный сборник... 2005; Организационно-технологический проект... 2008].

Графики левого нижнего квадранта есть результат частного от деления удельных топливных затрат G , (кг/га), переведенных в кг/м³, с учетом глубины обработки на площадь поверхности комков почвы S (м²/м³). В результате мы имеем показатель Q (кг/м²) удельного расхода топлива на квадратный метр поверхности разделов агрегатов почвы [Кузыченко, 1998]. Однако этот

показатель является промежуточным, поскольку представляют интерес расчеты недостающего количества топлива g (кг/га) для достижения оптимальной структуры посевного слоя. При проведении расчетов недостающего количества топлива для создания оптимальной удельной поверхности комков ($136,2 \text{ м}^2/\text{м}^3$ для светло-каштановой почвы и $110,3 \text{ м}^2/\text{м}^3$ для чернозема обыкновенного) использовались экспериментальные данные [Нагорный, Белоткач, 1987]: для светло-каштановой почвы расход топлива – $51,4 \text{ мг}/\text{м}^2$, для чернозема обыкновенного – $43,8 \text{ мг}/\text{м}^2$.

В результате экспериментальных исследований и расчетов было установлено, что для достижения оптимальной структуры посевного слоя за один проход необходимо применение комбинированного агрегата АКМ-6 при основной обработке светло-каштановой почвы с влажностью обрабатываемого слоя в пределах 15–17 %, а основная обработка чернозема обыкновенного среднесуглинистого мехсостава должна выполняться комбинированным агрегатом АКМ-6 при влажности почвы 14–16 %. При обработке более иссушенной почвы дополнительные затраты топлива для доведения посевного слоя до оптимального соотношения почвенных агрегатов составляют: для светло-каштановой почвы – $0,6–5,8 \text{ кг}/\text{га}$, для чернозема обыкновенного – $0,5–4,1 \text{ кг}/\text{га}$.

Имея такие номограммы для преобладающих типов почв в районах края и зная многолетнескладывающийся уровень увлажнения пахотного слоя после уборки, можно планировать тактику выбора того или иного типа почвообрабатывающего агрегата и оптимизировать топливные затраты при обработке почвы.

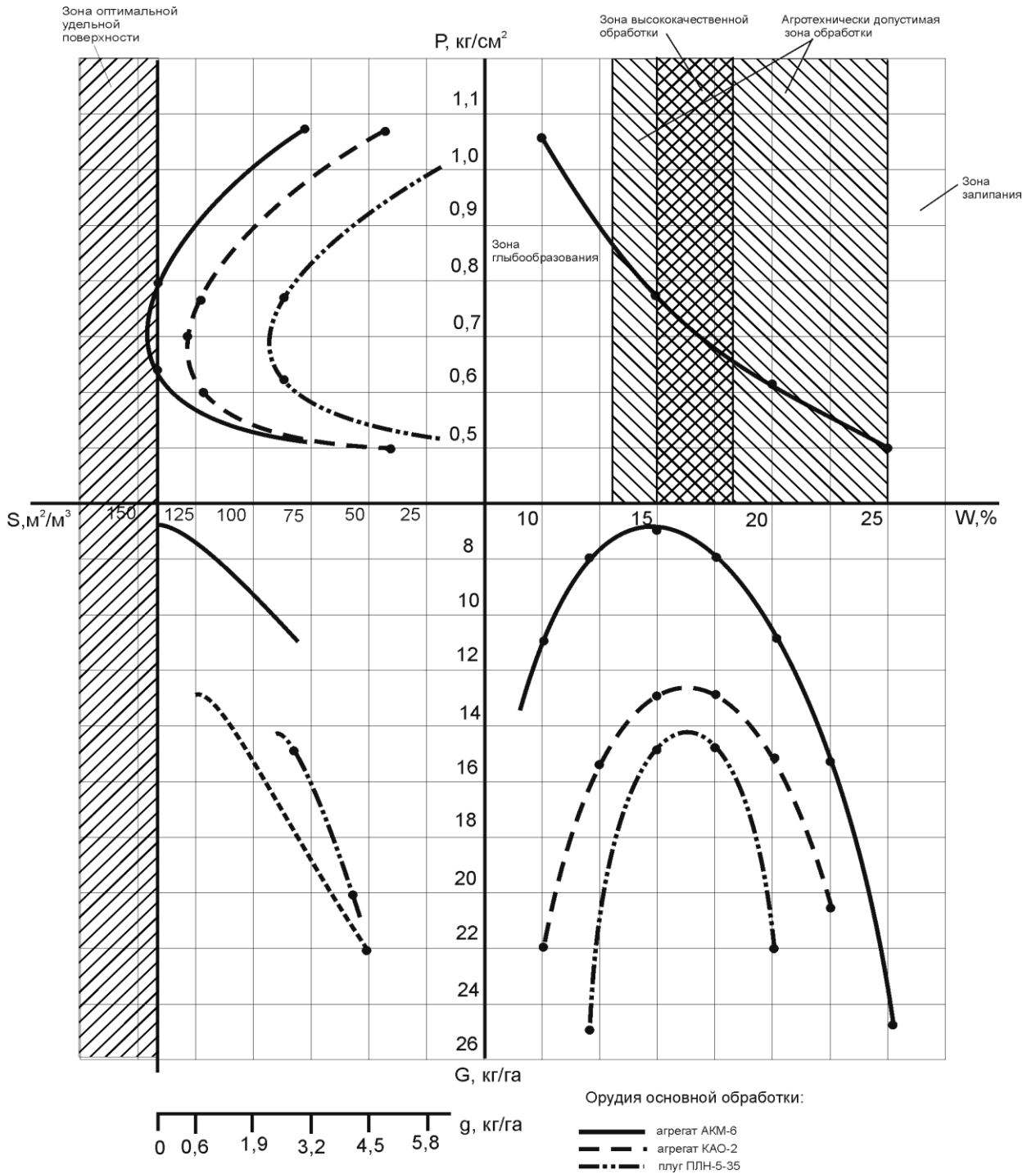


Рисунок 29 – Номограмма выбора орудий основной обработки светло-каштановой среднесуглинистой почвы по агрофизическим и технологическим показателям

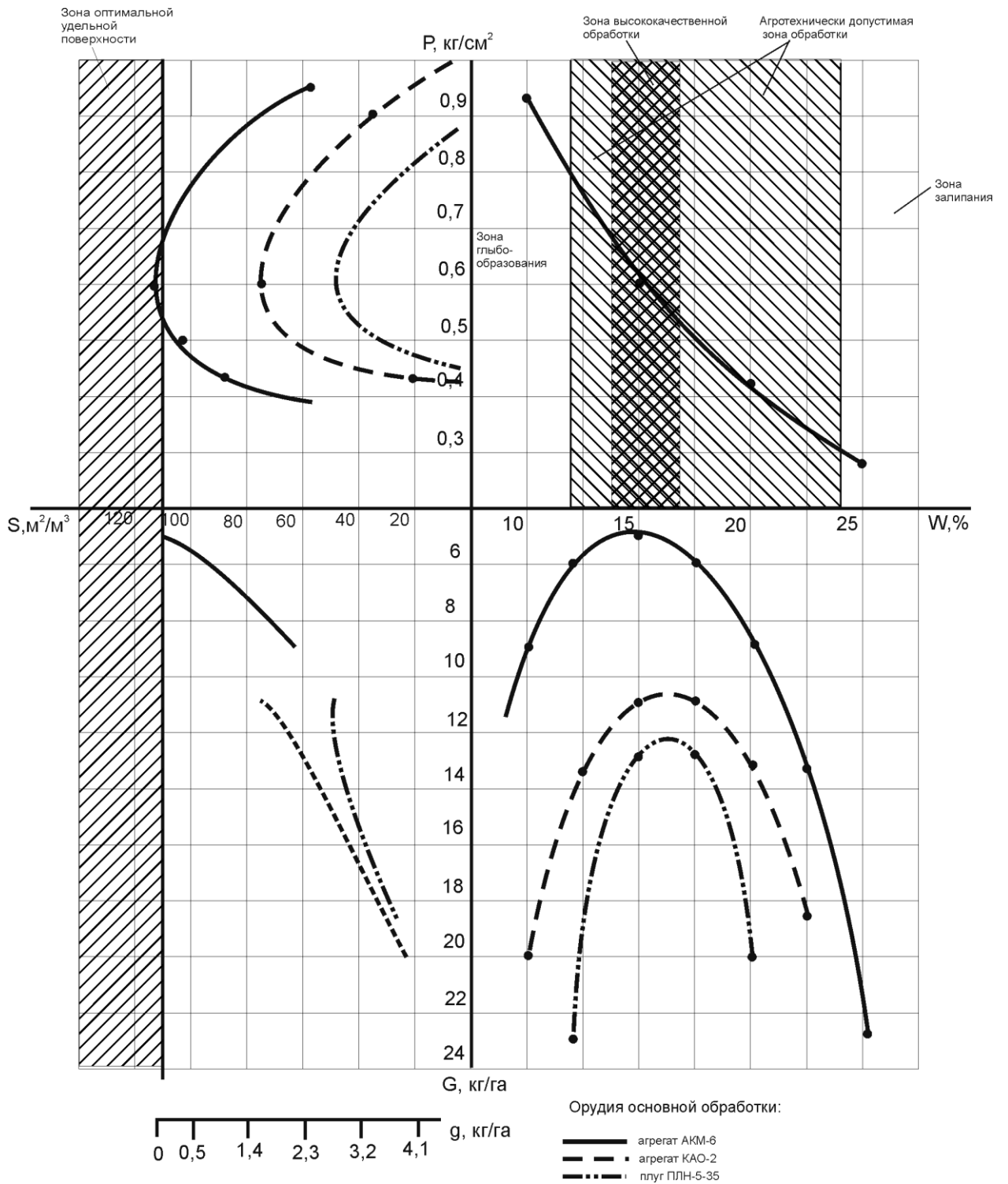


Рисунок 30 – Номограмма выбора орудий основной обработки чернозема обыкновенного среднесуглинистого по агрофизическим и технологическим показателям

7. ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВЫ

В современных сельскохозяйственных технологиях переход к новым системам обработки почвы, обеспечивающим снижение энергоемкости производства и повышение плодородия почвы, особенно актуален. Кроме того, этот переход связан с развитием деградационных процессов различного характера основных типов почв Ставрополья, провоцирующих не только значительное снижение их плодородия, но и ухудшение основных показателей, определяющих генетический тип почв. Поэтому требуются новые методические подходы в вопросе внедрения той или иной системы обработки почвы, учитывающие факторы деградации почвенного покрова и обеспечивающие снижение или полное устранение деградационных почвенных процессов [Кузыченко, 2012].

Целью исследований является разработка предложений по внедрению тех или иных систем основной обработки почвы в различных зонах края (по районам обследования) на основании расчета обобщенного критерия, характеризующего степень деградационного поражения почвенного покрова.

Алгоритм решения комплекса задач исследований заключается в следующем:

- оценивается площадь пашни в определенном районе обследования (%), подверженная тому или иному виду деградации;
- для каждого из факторов деградации определяются границы по степени их проявления (умеренная, средняя, высокая) на основании расчетов методом группировки;
- проводится расчет диапазонов эталонного обобщенного критерия (D) для оценки степени деградации и расчет обобщенного показателя степени деградации по каждому району обследований (D_1);
- осуществляется их сравнительный анализ и строится карта-схема дифференциации районов обследования, различающихся по степени

развития деградационных процессов, на основании обобщенного критерия (D_1);

- даются рекомендации по выбору той или иной системы обработки почвы для зон с умеренной, средней и высокой степенью развития деградационных процессов.

Для выделения групп площадей районов обследования с относительно умеренной, средней и высокой степенью деградационных процессов использовались информационные данные по площадям пашни, подвергнутым тому или иному виду деградации в каждом из районов Ставропольского края, полученные и обобщенные Л.И. Желнаковой (2006, 2011), которые затем разбивались на три группы методом группировки.

Для расчета эталонного обобщенного показателя деградации и показателя по районам обследования использовался критериальный метод, основанный на выборе ряда деградационных факторов. Использовались следующие почвенные показатели: солонцеватость и засоленность (y_1), водная эрозия (y_2), дефляция (y_3), переувлажнение (увлажнение выше НПВ) – y_4 .

Промежуточные расчеты выполнены по методике, предложенной К.А. Сохтом и А.К. Кириченко (1979), с вычислением желательности отдельных показателей и их весомости на основании экспертной оценки.

Весомость показателей, определяемая методом экспертной оценки, составила по каждому показателю величину, равную: $k_1 = 0,56$; $k_2 = 0,19$; $k_3 = 0,13$; $k_4 = 0,06$.

По результатам расчетов, приведенных в таблице 78, принимается условие, что при значении обобщенного показателя D более 0,9457 можно говорить об умеренной степени деградационных процессов, районы со значениями, находящимся в пределах 0,9457–0,7799, характеризуются средней степенью деградации, а менее 0,7799 – высокой степенью деградационных процессов.

Расчеты показателя D_1 , проведенные по фактическим результатам обследования, приводятся в таблице 79.

Таблица 78 – Границы обобщенного показателя деградации почв D
при различных уровнях желательности

Вид деградации	Обозначение	Желательность, d		
		0,8	0,63	0,37
Солонцеватость и засоленность, %	y_1	15,8	30,3	44,9
Водная эрозия, %	y_2	8,9	16,8	24,7
Дефляция, %	y_3	8,0	14,2	20,4
Переувлажнение, %	y_4	2,0	3,9	5,8
Обобщенный показатель, D		0,9457	0,8909	0,7799

Таблица 79 – Фактический обобщенный показатель D_1 деградации почвы
по районам обследования

Район обследований	Солонцеватость и засоление, y_1/d_1	Водная эрозия, y_2/d_2	Дефляция, y_3/d_3	Переувлажнение почвы, y_4/d_4	D_1
1	2	3	4	5	6
1	75,6/0,0041	0,5/0,8989	25,7/0,1484	2,3/0,7790	0,4310
2	48,0/0,3077	2,9/0,8771	22,1/0,2989	8,9/0,0244	0,7663
3	87,8/1,29E-05	1/0,8947	21,1/0,3446	0,1/0,8947	0,1983
4	74,6/0,0055	43,5/0,0006	4,7/0,8579	0,6/0,8753	0,3376
5	1,1/0,8962	2/0,8857	1,3/0,9126	0,1/0,8947	0,9746
6	0,1/0,9007	0,2/0,9013	6,5/0,8289	0,7/0,8710	0,9726
7	71,4/0,0132	12,3/0,7367	5,0/0,8534	0,2/0,8911	0,5343
8	6,0/0,8707	8,3/0,8091	4,1/0,8664	1,4/0,8366	0,9614
9	14,7/0,8094	7,9/0,8152	8,2/0,7964	2,9/0,7306	0,9466
10	24,8/0,7045	1,3/0,8921	1,8/0,8947	1,7/0,8192	0,9378

1	2	3	4	5	6
11	2,8/0,8879	25,7/0,3268	9,7/0,7629	0,4/0,8835	0,9161
12	20,8/0,7510	16,1/0,6462	8,6/0,7879	0,7/0,8710	0,9275
13	25,40,6969	8,4/0,8075	31,7/0,0152	0,1/0,8947	0,8090
14	5,8/0,8718	9,1/0,7963	6,4/0,8306	5,4/0,4303	0,9483
15	37,9/0,5023	10,8/0,7664	29,4/0,0457	0,2/0,8911	0,7995
16	57,3/0,1412	33,2/0,0887	28,7/0,0599	14,3/1,26E-20	0,2694
17	74,1/0,0064	23,4/0,4115	14,5/0,6214	7,2/0,1684	0,4375
18	111,3/2,68E-21	37,9/0,0183	1,3/0,9000	2,4/0,7515	0,0008
19	63,1/0,0670	36,4/0,0333	5,5/0,8456	7,2/0,1684	0,5446
20	19,7/0,7626	16,1/0,6462	14,0/0,6387	1,9/0,8066	0,9216
21	23,1/0,7251	2,6/0,8800	7,3/0,8142	2,0/0,8000	0,9376
22	16,6/0,7927	10,0/0,7809	4,0/0,8678	6,9/0,2081	0,9239
23	0,7/0,8980	13,4/0,7128	7,7/0,8065	0,3/0,8873	0,9579
24	11,9/0,8316	14,0/0,6990	2,0/0,8925	2,4/0,7715	0,9474
25	0,4/0,8994	1,4/0,8912	12,5/0,6871	0,4/0,8835	0,9639
26	11,0/0,8383	45,8/6,9E-05	1,3/0,9800	24,9/-1,3E-25	0,5040

На основании расчетов и сравнения значений показателей D и D_1 построена ситуационная карта-схема развития процессов деградации в крае с выделением зон умеренной, средней и высокой степени развития деградационных процессов (Рисунок 31).

Приведенная карта-схема, выполненная на основании расчетных данных с учетом преобладающих факторов деградации с нанесением на нее контуров административных районов края, позволяет сделать вывод о том, что 44 % площади края в высокой степени подвержены деградационным процессам, 29 % – средней степени и 27 % – умеренной степени деградации.

При формировании систем основной обработки почвы для различных зон деградации почвы за рабочую гипотезу принимается положение о том, что ориентационными моментами применения безотвального рыхления на обычную и большую глубину являются следующие ситуации: необходимость обработки солонцов на глубину до 40 см; внедрение безотвальных обработок в зонах интенсивного проявления водной и ветровой эрозии; наличие склоновых участков с необходимостью обработки их поперек склона в направлении горизонталей; малая глубина плодородного слоя; периодическое чизелевание полей на глубину до 40–45 см для устранения глубинного остаточного уплотнения от прохода сельскохозяйственной техники.

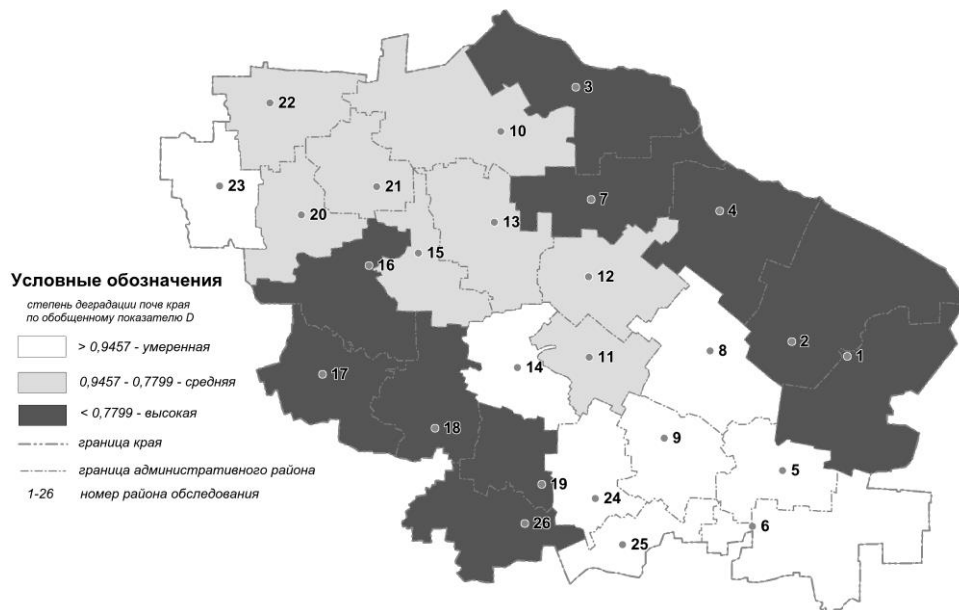


Рисунок 31 – Карта-схема деградации почв края по показателю D_1

Исследованиями, проведенными в зоне слабого и умеренного проявления деградационных почвенных процессов, установлена равнозначность применения как вспашки, так и безотвального рыхления при примерно равном уровне урожайности озимой пшеницы по черному пару, соответственно 4,35 и 4,33 т/га [Адаптивные ресурсосберегающие технологии... 2006], и более высокая урожайность подсолнечника (на 0,15 т/га) при глубокой безот-

вальной обработке (до 40 см) в сравнении со вспашкой на 20–22 см [Кузыченко, 2012; Система обработки почвы... 2012].

Данные исследований, проведенных в зонах края со средней степенью проявления почвенной деградации, с преимущественным проявлением ветровой, водной эрозии или их совместного действия, показывают, что кроме применяемых отвальной и разноглубинной безотвальной обработок под отдельные культуры севооборота мелкая обработка комбинированным агрегатом АКМ-6 при основной обработке под озимую пшеницу после непаровых предшественников на глубину 14–16 см сохраняет на поверхности почвы до 57 % растительных остатков, при этом урожайность озимой пшеницы в сравнении с классической системой обработки (2-кратное дискование бороной БД-6,6) повышается на 0,37 ц/га [Кузыченко, Квасов, Хрипунов, 2010].

Наблюдения за динамикой эродируемости поверхности почвы в паровом поле, проведенные Л.И. Желнаковой (1992) в восточной остро засушливой зоне края с высокой степенью развития деградационных процессов, показали, что эродируемость перед посевом озимой пшеницы при безотвальном рыхлении на глубину 20–22 см составила 53,1 г, а при вспашке 109 г (разница 51 %), при этом урожайность озимой пшеницы составила соответственно 2,66 и 2,57 т/га.

Исследования, проведенные в юго-западной части края, на почвах, в высокой степени подверженных деградации вследствие развития различных видов засоления и водной эрозии, показали, что при безотвальном глубоком рыхлении чизелем под черный пар и подсолнечник содержание эрозионно-опасных частиц (менее 1 мм) меньше в среднем на 23 %, а водопрочных частиц (менее 0,25 мм) меньше в среднем на 25 %, в сравнении со вспашкой на 20–22 см. При этом урожайность озимой пшеницы составила соответственно 2,91 и 2,90 т/га, а урожайность подсолнечника была выше при глубоком безотвальном рыхлении на 0,22 т/га [Кузыченко, 2012].

В таблице 80 приводятся рекомендации по внедрению определенных систем обработки почвы.

Таблица 80 – Системы основной обработки почв по зонам края,
в различной степени подверженных процессам деградации

Степень деградации почвы по зонам	Локальная часть зоны	Преобладающая система основной обработки почвы	Альтернативная система обработки	Примечание
Слабая и умеренная, $D > 0,9457$	Центральная, южная и юго-восточная	Дифференцированная безотвальная, чередующаяся с отвальной, мелкой или поверхностной обработками под отдельные культуры севооборота	Безотвальная обычная или мелкая безотвальная комбинированным агрегатом (до 16 см) в острозасушливый период	–
Средняя, $D = 0,9457 - 0,7799$	Центральная, северо-западная	Комбинированная безотвальная разнотглубинная	Мелкая безотвальная, глубокая безотвальная под подсолнечник	–
Высокая $D < 0,7799$	Восточная	Безотвальная на 25–27 см	Мелкая безотвальная на 14–16 см комбинированным агрегатом в острозасушливые периоды	Безотвальная обработка раннего пара на 20–22 см на почвах легкого механического состава
	Юго-западная	Безотвальное чизелевание до 30–40 см	–	–

В районах с относительно слабым и умеренным развитием деградационных почвенных процессов рекомендуется применение в основном чередующихся безотвальных обработок с отвальными и мелкими безотвальными

обработками под отдельные культуры севооборота, с фрагментарным подключением безотвальных обработок на обычную глубину.

В зонах со средней степенью развития деградационных факторов предлагается дифференцированное применение безотвального рыхления на обычную глубину в чередовании с мелкими безотвальными обработками и безотвальное рыхление на большую глубину (до 40 см) под подсолнечник.

Восточные районы края, где площади пашни в высокой степени подвержены деградации вследствие дефляционных процессов, должны обрабатываться безотвально на обычную глубину с дифференцированным применением мелкой поверхностной обработки комбинированными агрегатами в остро засушливые периоды. Почвы юго-западных районов края, в высокой степени подверженные деградации вследствие развития различных видов засоления, должны подвергаться углубленной (стойка СибИМЭ до 30 см) или глубокой безотвальной обработке (чизелевание до 40–45 см). Данные рекомендации позволят специалистам ситуационно принимать решение о целесообразности внедрения той или иной системы обработки почвы в конкретном хозяйстве.

8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Биоэнергетическая эффективность систем основной обработки почвы под культуры севооборота на черноземе обыкновенном. Анализ результатов биоэнергетической эффективности возделывания культур севооборота с использованием различных систем основной обработки почвы показал (Таблица 81), что наиболее эффективной является система обработки с чередованием приемов и глубины основной обработки почвы под отдельные культуры севооборота с коэффициентом 2,8 [Кузыченко, Кобозев А., Кобозев М., 2004; Кузыченко, 2008].

Таблица 81 – Биоэнергетическая эффективность севооборота с применением различных систем основной обработки почвы под отдельные культуры (фон удобренный)

Вариант	Прием и глубина основной обработки	Энергосодержание в урожае культур севооборота, ГДж/га	Энергозатраты по севообороту, ГДж/га	Коэффициент эффективности
1	Культивация, 12–14 см	53,0	20,4	2,6
2	Безотвальное рыхление, 20–22 см	55,7	20,6	2,7
3	Вспашка, 20–22 см	55,8	20,7	2,7
4	Комбинированная обработка, 25–27 см	55,5	20,6	2,7
5	Дискование, 6–8 см	50,6	20,3	2,5
6	Культивация, 6–8 см	48,3	20,2	2,4
7	Чередование обработок под отдельные культуры	56,1	20,3	2,8

Результаты экономической оценки эффективности возделывания озимой пшеницы по разным предшественникам при различных системах основ-

ной обработки почвы с применением приспособления Е-УПП представлены в таблице 82.

Таблица 82 – Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы по различным предшественникам (фон удобренный)

Прием и глубина основной обработки	Предшественник					
	Занятый пар			Озимая пшеница		
	Себестоимость, руб/г	Прибыль, руб/га	Рентабельность, %	Себестоимость, руб/г	Прибыль, руб/га	Рентабельность, %
Культивация, 12–14 см	1310	5323	129	1440	4237	107
Безотвальное рыхление, 20–22 см	1320	5599	127	1380	4852	118
Вспашка, 20–22 см	1300	5747	130	1290	5374	131
Комбинированная обработка, 25–27 см	1290	5738	132	1320	5164	127
Дискование, 6–8 см	1310	5174	127	1410	4461	113
Культивация, 6–8 см	1380	4787	118	1460	4042	104
Чередование обработок под отдельные культуры	1280	5530	134	1270	5596	136

Расчеты экономической эффективности возделывания озимой пшеницы по занятому пару с рентабельностью 134 % и озимой пшенице с рентабельностью 136 % показали, что наиболее эффективной системой основной обработки в звене занятый пар – озимая пшеница – озимая пшеница является система основной обработки с чередованием глубины и способов основной обработки под отдельные культуры севооборота: под занятый пар – агрегатом КАО-2 на глубину 25–27 см, под озимую пшеницу – культиватором КПЭ-3,8 на глубину 12–14 см; под вторую озимую пшеницу – отвальная об-

работка плугом ПЛН-4-35 с дорабатывающим приспособлением Е -УПП на глубину 20–22 см [Кузыченко, 2005].

Экономические расчеты по применению систем основной обработки почвы под культуры севооборота на черноземе обыкновенном солонцеватом показали наибольшую рентабельность возделывания озимой пшеницы (72 %) и подсолнечника (105 %) на варианте с глубоким рыхлением (Таблица 83). Мелкая дисковая обработка оказалась менее эффективной под все культуры севооборота (рентабельность в сравнении с глубоким рыхлением ниже соответственно по озимой пшенице на 19 %, по подсолнечнику на 47 %) [Кузыченко, 2012].

Таблица 83 – Экономические показатели применения различных систем основной обработки в технологиях возделывания с.-х. культур (2010–2012 гг.)

Прием и глубина основной обработки	Показатель				
	Урожайность, т/га	Затраты, руб/га	Себестоимость, руб/т	Прибыль, руб/га	Рентабельность, %
Озимая пшеница					
Вспашка, 20–22 см	2,42	8419	3479	5617	67
Безотвальное рыхление, до 30 см	2,50	8400	3360	6100	72
Дискование, 12–14 см	2,12	8359	3943	3937	53

Подсолнечник

Вспашка, 20–22 см	0,92	8150	8858	6570	81
Безотвальное рыхление, до 30 см	1,04	8131	7818	8509	105
Дискование, 12–14 см	0,80	8090	10112	4710	58

На темно-каштановой почве при различных системах основной обработки почвы под культуры севооборота установлено, что наибольшая рентабельность возделывания озимого рапса (235 %) и озимой пшеницы (108 %) получена по отвальной обработке, а по подсолнечнику (137 %) – при глубоком рыхлении (Таблица 84).

Таблица 84 – Экономические показатели применения различных систем основной обработки в технологиях возделывания культур, 2010–2012 гг.

Прием и глубина основной обработки	Показатель				
	Урожайность, т/га	Затраты, руб/га	Себестоимость, руб/т	Прибыль, руб/га	Рентабельность, %
Озимый рапс					
Вспашка, 20–22 см	2,93	11803	4028	27752	235
Безотвальное рыхление, 35–40 см	2,85	11793	4137	26682	226
Дискование, 14–16 см	2,77	11515	4157	25880	224
Озимая пшеница по озимой пшенице					
Отвальная, 20–22 см	4,17	12836	3078	13852	108
Глубокое рыхление, 35–40 см	3,82	12775	3344	11673	91
Дискование, 14–16 см	3,43	12290	3583	9662	79
Подсолнечник					
Отвальная, 20–22 см	2,05	12389	6043	15286	123
Глубокое рыхление, 35–40 см	2,11	12031	5702	16454	137
Дискование, 14–16 см	1,95	12025	6167	14300	119

На светло-каштановой почве оценка биоэнергетической эффективности севооборотов с использованием при основной обработке орудий нового поколения показала, что применение комбинированных агрегатов КАО-2 и КУМ-4 с коэффициентами 2,0 и 1,9 в севообороте с черным паром и коэффициентами 2,2 и 2,1 в севообороте с ранним паром достаточно эффективно с точки зрения экономии энергетических затрат (Таблица 85).

Таблица 85 – Коэффициент биоэнергетической эффективности севооборотов (КБЭ) с применением различных систем основной обработки почвы

Вариант	Прием и глубина основной обработки	Севообороты					
		Пар черный – оз. пшеница – яровой ячмень			Пар ранний – оз. пшеница – оз. пшеница		
		Энергосодержание в урожае, ГДж/га	Энергозатраты по севообороту, ГДж/га	КБЭ	Энергосодержание в урожае, ГДж/га	Энергозатраты по севообороту, ГДж/га	КБЭ
1	Вспашка, 20–22 см	31,3	16,0	2,0	35,6	16,4	2,2
2	Комбинированная обработка, 25–27 см	30,8	15,6	2,0	35,0	16,1	2,2
3	Культивация, 12–14 см	25,8	15,4	1,7	30,8	15,4	2,0
4	Дискование, 8–10 см	25,6	15,4	1,7	29,3	15,4	1,9
5	Комбинированная обработка, 14–16 см	29,3	15,5	1,9	33,7	16,0	2,1

Расчеты экономической эффективности возделывания озимой пшеницы по чистым парам в засушливой зоне с использованием различных орудий нового поколения показали, что наиболее рентабельным оно будет при безотвальном рыхлении черного пара агрегатом КАО-2 на глубину 25–27 см, а раннего пара – при вспашке агрегатом ПН-4-35 + Е-УПП на глубину 20–22 см, рентабельность соответственно 141 и 154 % (Таблица 86).

Таблица 86 – Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы по чистым парам при различных способах основной обработки почвы

Вариант	Прием и глубина основной обработки почвы	Черный пар			Ранний пар		
		Себестоимость, руб/т	Прибыль, руб/га	Рентабельность, %	Себестоимость, руб/т	Прибыль, руб/га	Рентабельность, %
1	Вспашка, 20–22 см	1250	1748	140	1180	1819	154
2	Комбинированная обработка, 25–27 см	1250	1753	141	1190	1812	152
3	Культивация, 12–14 см	1380	1618	117	1260	1741	138
4	Дискование, 8–10 см	1410	1588	112	1280	1713	133
5	Комбинированная обработка, 14–16 см	1300	1704	131	1240	1753	141

На черноземе обыкновенном при минимализации систем основной обработки почвы под кукурузу на зерно уровень рентабельности при прямом посеве (164 %) выше, чем при комбинированной обработке, на 41 %, а по отношению к культивации на 45 % (Таблица 87).

Таблица 87 – Экономические показатели возделывания кукурузы на зерно за 2010–2012 гг.

Прием и глубина основной обработки	Показатель				
	Урожайность, т/га	Полные затраты, руб/га	Себестоимость, руб/т	Прибыль, руб/га	Рентабельность, %
Комбинированная обработка, 8–10 см	5,24	15632	2983	19266	123
Культивация, 8–10 см	5,07	15400	3037	18366	119
«Прямой» посев	4,68	11797	2521	19372	164

Данные расчетов, проведенных совместно с отделом экономики ГНУ Ставропольский НИИСХ [Энергосберегающие почвозащитные системы... 2007], по оценке экономической эффективности перехода к оптимизированным технологиям обработки почвы при возделывании озимой пшеницы по различным предшественникам представлены в таблице 88.

Таблица 88 – Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы по различным предшественникам при переходе к оптимальным системам обработки почвы

Зона	Система обработки	Приведенные затраты на 1 т продукции, руб.						Среднее по предшественникам, руб/т	Экономия затрат, %
		Чистый пар	Занятый пар	Многолет. травы	Зернобобовые	Пропашные	Озимые зерновые		
1	Классич.	457	–	–	–	566	861	628	–
	Оптимизированная	413	–	–	–	–	–	413	34,2
2	Классич.	502	513	-	572	528	799	583	–
	Оптимизированная	454	–	362	413	463	–	423	27,5
3	Классич.	569	485	–	495	778	760	617	–
	Оптимизированная	–	342	350	350	431	–	368	40,4
4	Классич.	607	531	-	484	507	760	578	–
	Оптимизированная	–	325	350	349	431	–	364	37,1
В среднем по зонам (по предшественникам), руб/ц									
Классическая		534	510	-	517	595	795	590	–
Оптимизированная		434	334	354	371	442	–	387	34,5
Экономия затрат, %		18,7	34,6	-	28,2	25,7	–	–	–

Результаты расчетов показывают, что при классической обработке почвы затраты по краю в среднем по предшественникам составляют 590 руб/т, при оптимизированных технологиях – 387 руб/т, т. е. экономия затрат составляет 34,5 %. По предшественникам экономия затрат составляет: по чистому пару – 18,7 %, по занятому пару – 34,6 %, по зернобобовым – 28,2 %, по пропашным – 25,7 %.

ВЫВОДЫ

1. В зоне неустойчивого увлажнения на черноземе обыкновенном наиболее эффективными являются системы основной обработки почвы под культуры севооборота с чередованием комбинированного, безотвального и отвального способов и глубины основной обработки.

2. На солонцеватых черноземах зоны неустойчивого увлажнения наиболее эффективным приемом основной обработки черного пара и под подсолнечник является безотвальное рыхление чизельным плугом на глубину 30 см.

3. На темно-каштановой почве безотвальное рыхление под озимый рапс взамен вспашки при статистически незначимой разнице в урожайности озимого рапса (0,08 т/га) наиболее эффективно в острозасушливые годы. При проведении вспашки под озимую пшеницу после озимой пшеницы её урожайность в сравнении с другими приемами обработки значительно выше и составляет 4,17 т/га. Лучшим приемом основной обработки под подсолнечник является безотвальное рыхление поздней зяби чизельным плугом на глубину 35-40 см.

4. В засушливой зоне наиболее эффективной обработкой черного пара под озимую пшеницу является комбинированная обработка на глубину 25–27 см, а раннего пара – вспашка на глубину 20–22 см в зависимости от складывающихся условий увлажнения. Обработка комбинированным агрегатом на глубину 16 см является альтернативной заменой основной обработки черного пара для более качественной разделки поверхностного слоя в острозасушливый период.

5. На черноземе обыкновенном при минимализации систем основной обработки почвы под кукурузу на зерно урожайность культуры при комбинированной обработке почвы значительно выше, чем при культивации на 8–10 см и «прямом» посеве, соответственно на 0,17 и 0,56 т/га.

6. Потенциал природной энергии на единицу технологических затрат в зонах неустойчивого и достаточного увлажнения при возделывании озимой пшеницы практически одинаков при более высоком относительном природном энергопотенциале в крайне засушливой зоне (5406 МДж/МДж) и в засушливой зоне (4941 МДж/МДж). Наиболее высокое соотношение энергопотенциалов при выращивании подсолнечника (2671 МДж/МДж) отмечается в зоне достаточного увлажнения, а рапса (4899 МДж/МДж) в зоне неустойчивого увлажнения, что служит основанием для поиска резервов интенсификации производства озимой пшеницы в засушливых зонах, подсолнечника – в зоне достаточного увлажнения, а рапса – в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края.

7. При возделывании озимой пшеницы по черному пару двукратному воздействию на почву от колес машинно-тракторных агрегатов подвергается 15 % площади поля, трехкратному – 12, шестикратному – 5, не уплотняется – 18 % площади поля. Площадь 2- и 3-кратного уплотнения при возделывании кукурузы на зерно составляет 19 и 17 %, и она несколько выше, чем при возделывании озимых, поскольку проводятся междурядные культивации. Предлагаемый способ движения машинно-тракторного агрегата по незамкнутому контуру при обработке полей неправильной четырехугольной формы позволяет вдвое уменьшить площадь разворотных полос, увеличить производительность почвообрабатывающего агрегата на 17 %, уменьшить расход топлива на 1,8 кг/га и снизить уплотняющее воздействие движителей на почву.

8. В период полупаровой обработки чернозема обыкновенного выбор орудия для более качественной разделки почвенного пласта зависит от содержания влаги в пахотном слое. При влажности пахотного слоя 11–12 %, т. е. близкой к влажности завядания, наиболее эффективной является вспашка или безотвальное рыхление плугом со стойками СиБИМЭ, имеющие большее значение показателя качества обработки D. Эта тенденция сохраняется и при обработке почвы с влажностью пахотного слоя в пределах 14–16 %, переувлажненные почвы (влажность пахотного слоя более 19 %) пред-

почтительнее обрабатывать плугом со стойками СибИМЭ или чизельным плугом.

9. С увеличением влажности пахотного слоя интенсивно увеличивается удельный расход топлива при обработке отвальным плугом и плугом со стойками СибИМЭ начиная с влажности почвы 18 %. Более низкие и выравненные показатели удельного расхода топлива наблюдаются при обработке почвы наклонными стойками типа «Параплау» и плоскорезом-глубокорыхлителем, где в среднем снижение расхода топлива в сравнении со вспашкой составляет 5,9 и 10,9 кг/га соответственно.

10. Для достижения оптимальной структуры слоя почвы 0-5 см за один проход необходимо применение комбинированного агрегата АКМ-6 при основной обработке светло-каштановой почвы с влажностью обрабатываемого слоя в пределах 15–17 %, а чернозема обыкновенного при влажности почвы 14–16 %. При обработке почвы с более низкими или более высокими показателями влажности пахотного слоя дополнительные затраты топлива для доведения посевного слоя до оптимального соотношения почвенных агрегатов составляют: для светло-каштановой почвы – 0,6–5,8, для чернозема обыкновенного – 0,5–4,1 кг/га.

11. При возделывании озимой пшеницы по занятому пару и озимой пшенице в севообороте на черноземе обыкновенном наиболее рентабельной (134 и 136 %) является система основной обработки с чередованием приемов и глубины основной обработки почвы под отдельные культуры севооборота. На черноземе обыкновенном солонцеватом наибольшая рентабельность возделывания озимой пшеницы (72 %) и подсолнечника (105 %) получена при безотвальном рыхлении на глубину 30 см. Наибольшая рентабельность возделывания озимого рапса (235 %) и озимой пшеницы (108 %) на темно-каштановой почве установлена при вспашке, а подсолнечника (137 %) – при глубоком рыхлении на глубину 35-40 см.

12. На светло-каштановой почве наиболее рентабельным (141 %) является возделывание озимой пшеницы по черному пару при комбинированной

обработке на глубину 25–27 см, а по раннему – при вспашке на глубину 20–22 см (154 %). В связи с более низкими производственными затратами при «прямом» посеве кукурузы на зерно в сравнении с комбинированной обработкой и культивацией снижение составляет соответственно 3835 и 3603 руб/га, уровень рентабельности при «прямом» посеве выше соответственно на 41 и 45 % и составляет 164 %.

13. При классической обработке почвы под озимую пшеницу по различным предшественникам затраты по краю составляют в среднем 590 руб/т, а при оптимизации систем обработки почвы – 387 руб/т, или экономия затрат составляет 34,5 %. По предшественникам экономия затрат составляет: по чистому пару – 18,7, по занятому пару – 34,6, по зернобобовым – 28,2, по пропашным – 25,7 %.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. На обыкновенном черноземе в зернопропашном севообороте основную обработку почвы под отдельные культуры севооборота проводить по следующей схеме: под занятый пар – комбинированным агрегатом на глубину 25–27 см, под озимую пшеницу – тяжелым культиватором на глубину 12–14 см, под вторую озимую пшеницу после занятого пара – отвальным плугом на глубину 20–22 см, под кукурузу на зеленую массу – чизельным плугом на глубину 20–22 см, под озимый ячмень – дискование тяжелой бороной на глубину 6–8 см (все орудия должны быть с дорабатывающим приспособлением).
2. На черноземе обыкновенном солонцеватом обработку черного пара и под пропашные культуры проводить чизельным плугом на глубину 30 см.
3. На темно-каштановой почве при основной обработке под озимый рапс наряду со вспашкой в острозасушливые периоды основную обработку полупара проводить чизельным плугом на глубину до

35–40 см. Под озимую пшеницу по озимой пшенице проводить вспашку на глубину 20–22 см, основным приемом основной обработки под подсолнечник является безотвальное рыхление поздней зяби чизельным плугом на глубину 35–40 см.

4. В засушливой зоне на светло-каштановой почве наиболее эффективна основная обработка черного пара комбинированным агрегатом на глубину 25–27 см, а раннего пара – вспашка на глубину 20–22 см в зависимости от складывающихся условий увлажнения. В острозасушливые периоды обработка черного пара может проводиться комбинированным агрегатом на глубину 16 см.
5. В системе минимализации основной обработки почвы под кукурузу на зерно на обыкновенном черноземе проводить весеннюю основную обработку почвы комбинированным агрегатом на глубину 8–10 см на фоне летне-осенней обработки почвы гербицидами сплошного действия. «Прямой» посев кукурузы на зерно может применяться при решении задач оптимизации соотношения урожайности и производственных затрат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абалдов, А.Н. Оптимизация соотношения сельскохозяйственных угодий, обеспечивающих экологическую безопасность производства сельскохозяйственной продукции : метод. пособие / А.Н. Абалдов, Л.И. Желнакова. – Михайловск : СНИИСХ, 2006. – 32 с.
2. Агеев, Л.Е. Эксплуатация энергонасыщенных тракторов / Л.Е. Агеев, С.Х. Бахриев. – М. : Агропромиздат, 1991. – 270 с.
3. Агрolandшафтнo-экологическое районирование и адаптивная интенсификация кормопроизводства Центрального экономического района Российской Федерации. – М. : Росинформагротех, 2005. – 396 с.
4. Агротехнические основы возделывания полевых культур с использованием машин и орудий нового поколения в Ставропольском крае (рекомендации). – Ставрополь ; Зерноград : Изд-во СНИИСХ, 1999. – 44 с.
5. Агротехнология полей юга России. Технология и комплекс машин для засушливого земледелия / под ред. Э.И. Липковича. – Ейск, 1996. – 101 с.
6. Адамович, М. Энергетическая эффективность сельскохозяйственного производства в странах – членах СЭВ / М. Адамович // Международный сельскохозяйственный журнал. – 1980. – № 2. – С. 94–97.
7. Адаптивные ресурсосберегающие технологии обработки почвы в севооборотах степной зоны Северного Кавказа : рекомендации. – Михайловск : Изд-во СНИИСХ, 2006. – 36 с.
8. Адаптивные энерго- и почвосберегающие технологии возделывания озимой пшеницы и кукурузы в Краснодарском крае : монография / под ред. П. П. Васюкова. – Краснодар, 2003. – 181 с.
9. Адлер, П.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / П.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1976. – 279 с.

10. Айтемиров, А.А. Ресурсосберегающие системы обработки почвы под культуры полевого севооборота в Западном Прикаспии : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Айтемиров Айтемир Абдурахманович. – Махачкала, 2010. – 36 с.
11. Акантьева, Л.И. Почвозащитная обработка и агрофизические свойства почвы / Л.И. Акантьева, М.С. Чижова // Земледелие. – 1985. – № 1. – С. 44.
12. Анализ ресурсного потенциала земель Ставропольского края для возделывания плодовых культур / сост. И.А. Драгавцева. – М. : Росинформгротех, 2007. – 191 с.
13. Антропогенная эволюция черноземов : монография / отв. ред. А.П. Щербаков, И.И. Васенев. – Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2000. – 411 с. (С. 275–285.)
14. Аракчеев, Ю.И. Отношение подсолнечника к плотности пахотного слоя почвы : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Аракчеев Ю.И. – Орджоникидзе, 1970. – 25 с.
15. Аристов, А.И. Агротехническая и энергетическая оценка работы культиватора плоскореза КПП-2,2 на повышенных скоростях / А. И. Аристов // Вопросы эксплуатации машинно-тракторного парка : сб. ст. – Челябинск, 1974. – Вып. 79. – С. 157–159.
16. Атаманюк, А.К. Оптимальная плотность пахотного слоя черноземных почв Молдавии для зерновых культур / А.К. Атаманюк // Теоретические вопросы обработки почв. – Л. : Гидрометеиздат, 1968. – С. 157–162.
17. Афанасьева, Е.А. Водно-полевой режим обыкновенных и южных черноземов юго-востока Европейской части СССР / Е. А. Афанасьева. – М. : Наука, 1980. – 217 с.
18. Афанасьева, Е.А. Воздушно-солевой режим обыкновенных и южных черноземов Юго-Востока Европейской части СССР / Е. А. Афанасьева. – М. : Наука, 1980. – 217 с.

19. Бадахова, Т.Х. Ставропольский край: современные климатические условия / Т.Х. Бадахова, А.В. Кнутас. – Ставрополь : ГУП СК «Краевые сети связи», 2007. – 270 с.
20. Базаров, Е.И. О биоэнергетической оценке машинных технологий // Докл. ВАСХНИЛ. – 1980. – № 2. – С. 37–38.
21. Базаров, Е.И. Эффективность использования совокупной энергии в сельском хозяйстве / Е.И. Базаров // Экономика сельского хозяйства. – 1983. – № 12. – С. 32–37.
22. Бакиров, Ф.Г. Прямой посев: почему зерновые нужно сеять мелко / Ф. Г. Бакиров // Ресурсосберегающее земледелие. – 2010. – № 2 (6). – С. 18–20.
23. Бараев, А.И. Ветровая эрозия почв и борьба с ней : науч. труды ВАСНИЛ / А. И. Бараев. – М. : Колос, 1976. – 319 с. (С. 7–47.)
24. Барсуков, Л.Н. Оборачивание пахотного слоя как основной элемент вспашки / Л. Н. Барсуков // Химизация социалистического земледелия. – 1937. – № 7 – С. 76–89.
25. Бахтин, П.У. Исследования физико-механических и технологических свойств основных типов почв СССР / П. У. Бахтин. – М. : Колос, 1969. – 271 с.
26. Бахтин, П.У. Методы определения физико-механических и технологических свойств почвы / П. У. Бахтин // Агрофизические методы исследования почвы. – М. : Наука, 1966. – С. 169–196.
27. Бахтин, П.У. Физико-механические и технологические свойства почв / П. У. Бахтин. – М. : Знание, 1971. – 64 с.
28. Беленков, А.И. Агротехнические принципы полевых севооборотов зерновой специализации, основной обработки и регулирования плодородия зональных почв в черноземностепной, сухостепной и полупустынной зонах Нижнего Поволжья : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Беленков Алексей Иванович. – Волгоград, 2006. – 43 с.

29. Беликова, С.В. Влияние мелиоративной вспашки и удобрений на повышение плодородия солонцов засушливой зоны / С.В. Беликова // Земельные ресурсы Ставропольского края и приемы повышения производительности почв : тр. СНИИСХ. – Ставрополь : СНИИСХ, 1985. – С. 345–39.

30. Беликова, С.В. Влияние мелиоративных приемов на изменение свойств солонцов и урожай озимой пшеницы / С.В. Беликова // Озимая пшеница на Ставрополье : тр. СНИИСХ. – Ставрополь : СНИИСХ, 1981. – С. 70–76.

31. Беликова, С.В. Изменение свойств солонцов и их продуктивности под воздействием повторных мелиораций / С.В. Беликова // Эффективность мелиоративных и агрохимических приемов в повышении производительности почв : тр. СНИИСХ. – Ставрополь : СНИИСХ, 1990. – С. 35–43.

32. Беликова, С.В. Мелиоративная вспашка как фактор улучшения солонцовых почв Восточного Предкавказья / С.В. Беликова // Научные основы обработки почв на Ставрополье : тр. СНИИСХ. – Ставрополь : СНИИСХ, 1983. – С. 120–127.

33. Бенедичук, Н.Ф. Минимализация основной обработки почвы в степи Украины / Н.Ф. Бенедичук // Земледелие. – 1984. – № 3. – С. 28–31.

34. Блинов, А.М. Результаты изучения минимальной и разноглубинной обработки почвы под картофель / А.М. Блинов, И.Г. Мельцаев // Актуальные вопр. с.-х. производства Ивановской области. – Иваново, 1984. – С. 46–54.

35. Блинов, А.М. Результаты изучения различных приемов предпосадочной обработки почвы под картофель / А.М. Блинов // Резервы повышения урожайности с.-х. культур в Иван. обл. – СПб., 1994. – С. 91–96.

36. Большаков, А.Ф. Водный режим мощных черноземов в период засухи 1946–1947 гг. / А.Ф. Большаков // Научн. тр. почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 1950. – Т. 32. – С. 350–368.

37. Большаков, А.Ф. Водный режим мощных черноземов в Средне-Русской возвышенности / А.Ф. Большаков. – М. : Изд-во АН СССР, 1961. – 200 с.
38. Бородин, Н.Н. Агротехнические основы возделывания озимой пшеницы в экологических условиях Дона : доклад / Н.Н. Бородин. – Ставрополь, 1967. – 94 с.
39. Ботезату, А.П. Фреза для сплошной обработки почвы / А.П. Ботезату, Б.А. Шойхет, Ю.Е. Гринь // Кормопроизводство. – 1982. – № 1. – С. 38–39.
40. Бралиев, К.К. Система основной обработки светло-каштановых почв Волгоградского Заволжья в короткоротационном севообороте : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Бралиев Каби Кужабаевич. – Волгоград, 2006. – 23 с.
41. Брежнев, Д.Д. Повышение плодородия почвы и рациональное использование земли – источник благосостояния общества / Д.Д. Брежнев, И.С. Рабочев, А.К. Ильичев // Вестн. с.-х. науки. – 1981. – № 4. – С. 5–9.
42. Бугаевский, В.К. Условия эффективности нулевой обработки на Кубани / В.К. Бугаевский, В.М. Кильдюшкин, А.А. Романенко // Земледелие. – 2005. – № 2. – С. 21.
43. Бука, А.Я. Комплекс агротехнических почвозащитных приемов на склонах / А.Я. Бука, А.П. Коваленко // Земледелие. – 1980. – № 12. – С. 34–36.
44. Булаткин, Г.А. Мониторинг агротехногенной нагрузки на земельные территории / Г.А. Булаткин, В.В. Ларионов // Аграрная наука. – 1993. – № 4. – С. 28–30.
45. Булаткин, Г.А. Проблема оценки энергетической эффективности минеральных удобрений и агротехногенной нагрузки / Г.А. Булаткин, В.В. Ларионов // Антропогенная эволюция черноземов / под ред. И.И. Щербакова. – Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2000. – С. 275–285.

46. Булыгин, С.Ю. Формирование агрегатного состава почв и оценка его изменения / С.Ю. Булыгин, Ф.Н. Лисецкий // Почвоведение. – 1996. – № 6. – С. 783–788.
47. Буров, Д.И. Научные основы обработки почв Заволжья / Д.И. Буров. – Куйбышев : Кн. изд-во, 1970. – 294 с.
48. Бурыкин, А.М. Устойчивость почв к ветровой эрозии и ее динамика / А.М. Бурыкин // Почвоведение. – 1987. – № 12. – С.110–120.
49. Бушнев, Н.С. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от способа основной обработки почвы / Н.С. Бушнев, Ю.А. Юшко, А.Н. Мисюра // Повышение урожайности зерновых и зернобобовых культур : сб. науч. тр. – Ставрополь : ССХИ, 1983. – С.13–17.
50. Вадюнина, А.Ф. Методы исследований физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1986. – 416 с.
51. Васильев, В.П. Эффективность систем обработки почвы в паровом звене севооборота // Прогрессивные системы обработки почвы. – Куйбышев, 1988. – С. 57–68.
52. Васильев, И.П. Конденсация и испарение влаги в зависимости от интенсивности крошения почвы при обработке / И.П. Васильев, А.М. Чигачев // Земледелие на рубеже XXI в.: сб. докл. Междунар. науч. конф. – М. : Изд-во МСХА, 2003. – С. 282–287.
53. Васильев, И.П. Крошение почвы при обработке и урожайность зерновых культур / И.П. Васильев, Н.А. Полев // Системы обработки почвы в условиях интенсивного земледелия. – М., 1984. – С. 48–57.
54. Васильев, И.П. О некоторых показателях качества обработки почвы / И.П. Васильев, Н.А. Полев // Земледелие. – 1984. – № 8. – С. 19–20.
55. Васильев, М.Д. Последствие предшественников и различных глубин обработки почвы на урожай пожнивной кукурузы при орошении / М.Д. Васильев // Системы севооборота и борьба с сорными растениями. – Кишинев, 1989. – С. 12–14.

56. Вершинин, П.В. Почвенная структура и условия ее формирования / П. В. Вершинин. – М.; Л. : Изд-во АН СССР, 1958. – 187с.
57. Вершинин, П.В. Твердая фаза почвы как основа ее физического режима / П. В. Вершинин. // Основы агрофизики. – М. : Физматгиз, 1959. – С. 209–404.
58. Ветехин, В.И. Модель крошения почвы под действием клина / В. И. Ветехин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1994. – № 10. – С. 25–27.
59. Вильямс, В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения / В.Р. Вильямс. – М. : Сельхозгиз, 1940. – 448 с.
60. Вильямс, В.Р. Структура почв и урожай / В.Р. Вильямс. // Советская агрономия. – 1946. – № 10. – С. 8–11.
61. Винтуар, П.А. Влияние удобрений и обработки почвы на урожайность и качество зерна кукурузы на светло-каштановых почвах Волгоградской области : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Винтуар Помпилио Армандо. – Волгоград, 2005. – 23 с.
62. Власенко, А.Н. Экономические аспекты минимализации основной обработки почвы / А.Н. Власенко // Земледелие. – 2005. – № 5. – С. 18–20.
63. Влияние обработки на структуру выщелоченного чернозема / В.Н. Шептухов и др. // Почвоведение. – 1987. – № 5. – С. 53–60.
64. Волобуев, В.Р. Агротехника – актуальная научная и практическая проблема / В.Р. Волобуев // Почвоведение. – 1979. – № 10. – С. 5–15.
65. Володин, В.М. Методика оценки эффективности систем земледелия на биоэнергетической основе / В.М. Володин. – М. : ВАСХНИЛ, 1989. – 39 с.
66. Воронин, А.Д. Основы физики почв / А.Д. Воронин. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 243 с.
67. Вражнов, А.В. Ресурсосберегающие приемы адаптивного земледелия в технологиях производства зерна в агроландшафтах Южного Урала

[Внедрение новых технологий в зернопроизводящем комплексе АПК] / А.В. Вражнов, А.А. Агеев // Ресурсосбережение и диверсификация как новый этап развития идей А.И. Бараева о почвозащитном земледелии. – Астана : Шортанды, 2008. – С. 85–91.

68. Высоцкий, Г.Н. Гидрологические и геобиологические наблюдения в Велико-Анадолу / Г. Н. Высоцкий // Избр. соч. – М. : АН СССР, 1962. – Т. 1. – С. 98–158.

69. Гапоненко, В.С. Уплотнение почвы ходовыми устройствами тракторов / В.С. Гапоненко, Б.Г. Федотов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1984. – № 8. – С. 48–50.

70. Гарифуллин, Ф.Ш. Влияние способов обработки на агрофизические свойства выщелоченного чернозема / Ф.Ш. Гарифуллин, Ф.Н. Русаков // Тез. докл. II съезда Об-ва почвоведов. – СПб., 1996. – Кн. 1. – С. 131–132.

71. Гедройц, К.К. К вопросу о почвенной структуре и сельскохозяйственное ее назначение / К.К. Гедройц // Избр. соч.: в 3-х т. – М. : Сельхозгиз, 1955. – Т. 1. – С. 406–409.

72. Гедройц, К.К. Структура почвы и почвообразование / К.К. Гедройц // Избр. соч.: в 3-х т. – М. : Сельхозгиз, 1955. – Т. 1. – С. 387–509.

73. Годунова, Е.И. Озимая пшеница на засоленных карбонатных почвах крайне засушливой зоны Ставрополья / Е.И. Годунова // Озимая пшеница на Ставрополье : тр. Ставроп. НИИ сельского хоз-ва. – Ставрополь : СНИИСХ, 1981. – С. 14–18.

74. Годунова, Е.И. Роль разноглубинных обработок в процессе мелиорации карбонатных солонцов / Е.И. Годунова // Научные основы обработки почв на Ставрополье : тр. Ставроп. НИИ сельского хоз-ва. – Ставрополь : СНИИСХ, 1983. – С. 128–131

75. Годунова, Е.И. Фосфорные удобрения и урожай на карбонатных солончаковых солонцах Ставрополья / Е.И. Годунова // Земельные ресурсы Ставропольского края и приемы повышения производительности почв : тр. Ставроп. НИИ сельского хоз-ва. – Ставрополь : СНИИСХ, 1985. – С. 67–74.

76. Голоусов, Н.С. Дифференцированное использование земель Ставрополья / Н.С. Голоусов, Г.А. Шматко, О.И. Подпорина // Земледелие. – 2000. – № 6. – С. 10.

77. Голоусов, Н.С. Севообороты и своевременная обработка почвы – основа технологии возделывания сельскохозяйственных культур / Н.С. Голоусов, Г.А. Шматко, О.И. Подпорина // Пути повышения урожайности с.-х. культур в соврем. Условиях : сб. науч. тр. – Ставрополь : Ставроп. гос. с.-х. акад., 1999. – С. 31–36.

78. Гончаров, Б.П. Минимализация системы обработки почвы в паровом и пропашном звеньях севооборота : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Гончаров. Борис Прокофьевич. – Кишинев, 1981. – 55 с.

79. Гончаров, Б.П. О глубине основной обработки каштановых и черноземных почв Ставропольского края / Б.П. Гончаров, В.И. Селецкий // Теоретические вопросы обработки почв. – Л. : Гидрометеиздат, 1968. – Вып. 1. – С. 114–122 (1348).

80. Гончаров, Б.П. Предпосевная обработка почвы под подсолнечник в условиях центральной зоны Ставропольского края / Б.П. Гончаров, В.М. Рындин // Земледелие : труды СНИИСХ. – М. : Россельхозиздат, 1971. – Вып. 14. – С. 194–213.

81. Гончаров, Б.П. Система обработки почвы в севообороте / Б.П. Гончаров // Материалы научно-производственного совещания по системе земледелия в предгорной зоне Северного Кавказа. – Орджоникидзе, 1967. – С. 39–48 (1350).

82. Гончаров, Б.П. Чередование глубины вспашки на черноземных почвах Ставрополья в полевых севооборотах / Б.П. Гончаров, В.И. Селецкий, Л.А. Инкин // Теоретические вопросы обработки почвы. – Л., 1972. – С. 79.

83. Горбатко Л.С. Вредоносность сорных растений в агроценозе озимой пшеницы в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Горбатко Людмила Сергеевна. – Ставрополь, 1995. – 23 с.

84. Горбунов, И.Ф. Опыт плоскорезной обработки почв в условиях Ставропольского края / И.Ф. Горбунов, Е.И. Рябов // Теоретические и практические вопросы обработки почв : тр. первой науч.-производ. конф. центр. зоны Сев. Кавказа. – М. : Россельхозиздат, 1968. – С. 176–183.
85. Горошко, В.М. Почвозащитная обработка в Полесье Белоруссии / В.М. Горошко, Я.А. Парфенова, Г.Д. Белов // Земледелие. – 1987. – № 12. – С. 40–41.
86. Гребенников, В.Г. Минимализация обработки почвы при орошении / В.Г. Гребенников // Земледелие. – 1982. – № 4. – С. 21–23.
87. Грунтоведение : учебник / под. ред. Е.М. Сергеева. – Изд. 4-е, перераб. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1973. – 387 с.
88. Гуреев, И.И. Технический уровень зарубежных почвообрабатывающих фрез / И.И. Гуреев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1987. – № 6. – С. 50–54.
89. Далин, А.Д. Ротационные грунтообрабатывающие и землеройные машины / А.Д. Далин, В.П. Павлов. – М. : Машгиз, 1950. – 258 с. (С. 150–156).
90. Джанаев, Х.Г. Организационно-экономические проблемы машиноиспользования в земледелии Предкавказья : дис. ... д-ра экон. наук / Джанаев Х. Г. – М., 1997. – 381 с.
91. Джанаев, Х.Г. Организация машиноиспользования в земледелии Северного Кавказа / Х. Г. Джанаев. – М. : МГУ, 2001. – 394 с.
92. Долгов, С.И. Исследования подвижности почвенной влаги и доступность ее растениям / С.И. Долгов– М.-Л. : Изд-во Акад. наук СССР, 1948. – 208 с.
93. Долгов, С.И. О критериях оптимального сложения пахотного слоя почвы / С.И. Долгов, И.В. Кузнецова, С.А. Модина // Проблемы обработки почвы : докл. Междунар. совещания, 13–15 июня, 1968 г., Варна. – София : Изд-во Болг. акад. наук, 1970. – С. 131–142.

94. Долгов, С.И. О некоторых закономерностях зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от плотности почвы / С.И. Долгов, С.А. Модина // Теоретические вопросы обработки почвы. – Л. : Гидрометеиздат, 1969. – Вып. 2. – С. 54–64.

95. Доспехов, Б.А. Минимальная обработка почв в Нечерноземной зоне / Б.А. Доспехов, И.М. Панов, А.И. Пупонин // Агротехнологии XXI века : сб. докл. Междунар. науч. конф. и конф, посвящ. 80-летию со дня рождения член.-кор. ВАСХНИЛ Б.А. Доспехова. – М. : ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2007. – С. 181–198.

96. Доспехов, Б.А. Фрезерная минимальная обработка / Б.А. Доспехов, В.А. Смирнова // Земледелие. – 1975. – № 7. – С. 15–17.

97. Дояренко, А.Г. Факторы жизни растений / А.Г. Дояренко. – М. : Колос, 1966. – 280 с.

98. Драгайцев, В.И. Методические положения по экономической оценке технологий и машин в сельском хозяйстве / В. И. Драгайцев // Техника и оборудование для села. – 2010. – № 5. – С. 11–16.

99. Дубовой, А.К. Влияние чизельной обработки чернозема обыкновенного на его водный режим и эродированность в условиях Донбаса / А.К. Дубовой // Тезисы докл. 2-й республ. конф. молодых ученых и специалистов. – Харьков, 1986. – Ч. 1. – С. 24–26.

100. Ермакова, Н.П. Исследование влияния режимов фрезерования почвы на ее распыление / Н.П. Ермакова // Обработка почв и защита их от дефляции : сб. науч. тр. – Киев : УСХА, 1983. – С. 75–77.

101. Ермоленко, В.П. Земледелие Дона на рубеже веков / В.П. Ермоленко. – Ростов н/Д, 2001. – 233 с.

102. Ермолов, А.С. Организация полевого хозяйства. Системы земледелия и севообороты / А.С. Ермолов. – Изд. 3-е, исп. и доп. – СПб. : А.Ф.Девриен, 1894. – 584 с.

103. Ефанов, Д.В. Формирование урожая гибридов кукурузы под влиянием природных факторов, предшественников и способов основной обра-

ботки почвы в зоне каштановых почв Волгоградской области : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Ефанов Дмитрий Викторович. – Волгоград, 2003. – 23 с.

104. Желнакова, Л.И. Адаптация систем земледелия к условиям района / Л.И. Желнакова, С.А. Антонов // Информ. бюллетень МСХА РФ. – 2010. – С. 37–39.

105. Желнакова, Л.И. Изменение климата и основные направления корректировки систем земледелия Ставропольского края / Л.И. Желнакова // Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России / под ред. А.Л. Иванова и В.И. Кирюшина – М. : Россельхозакадемия, 2009. – 518 с.

106. Желнакова, Л.И. Методическое пособие по корректировке систем земледелия в связи с региональным изменением климата (на примере Ставропольского края) / Л.И. Желнакова, С.А. Антонов. – Михайловск : Б. и., 2011. – 50 с.

107. Желнакова, Л.И. Некоторые вопросы борьбы с ветровой и водной эрозией почв на парах и зяби / Л.И. Желнакова, Н.В. Петрова // Научные основы обработки почв на Ставрополье : сб. науч. тр. – Ставрополь : СНИИСХ, 1983. – С.73–88.

108. Желнакова, Л.И. Оптимизация использования почвенно-климатических ресурсов Центрального Предкавказья для производства зерна озимой пшеницы с помощью чистых паров : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Желнакова Людмила Ивановна. – Ставрополь, 1992. – 27 с.

109. Желнакова, Л.И. Основные элементы водного баланса почвы на черном пару в крайне засушливой зоне Ставропольского края / Л.И. Желнакова // Интенсивные технологии возделывания озимой пшеницы на Ставрополье : сб. науч. тр. – Ставрополь : Ставроп. НИИ сел. хоз-ва, 1989. – С. 174–190.

110. Желнакова, Л.И. Современные тенденции изменения климата в Ставропольском крае / Л.И. Желнакова, С.А. Антонов // Проблемы интенсификации

фикации в экологизации земледелия России : материалы науч.-практ. конф., 14–15 июня, 2006 г. – Донской ЗНИИСХ, Рассвет, 2006.

111. Жученко, А.А. Энергетический анализ в сельском хозяйстве : методолог. и метод. рекомендации / А.А. Жученко, В.Н. Афанасьев. – Кишинев : Б. и., 1988. – 128 с.

112. Зайцев, В.Н. Чизельная и плоскорезная обработка почвы на склонах / В.Н. Зайцев // Земледелие. – 1987. – № 8. – С.55.

113. Зайцев, Н.И. Особенности селекции и технологические аспекты семеноводства основных масличных культур в условиях неустойчивого увлажнения Юга России : автореф. дис. ... д.-ра. с.-х. наук / Зайцев Николай Иванович. – Рассвет, 2012. – 50 с.

114. Зангиев, А. А. Общие принципы эффективного использования средств технической эксплуатации МТП в условиях МТС / А. А. Зангиев, О. Н. Дидманидзе, Г. Е. Митягин // С.-х.тракторы и автотракт.двигатели. – М., 2000. – С. 43–49.

115. Зангиев, А.А. Оптимизация состава и режимов работы машинно-тракторных агрегатов по критериям ресурсосбережения : дис. ... д-ра техн. наук / Зангиев А. А. – М., 1987. – 500 с.

116. Занятые пары – важный резерв увеличения производства кормов / В.Г. Хомко и др. // Кормопроизводство : тр. СНИИСХ. – 1974. – Вып. XXIII. – С. 8–18.

117. Заславский, М.Н. Защита почв от эрозии и повышение плодородия смытых почв / М.Н. Заславский // Почвозащитное земледелие на склонах. – М. : Колос, 1983. – С. 50–63.

118. Захаров, П.С. Черные зимы на Юге русской равнины // Защита почв от эрозии на Северном Кавказе : сб. ст. – Новочеркасск, 1971. – С. 3–10.

119. Захарова, Н Н. Закономерности изменения противодефляционной устойчивости обыкновенных черноземов Предкавказья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Захарова Наталья Николаевна. – М., 1982. – 22 с.

120. Земельные ресурсы Ставрополя и их плодородие : монография / М.Т. Куприченков и др. – Ставрополь, 2002. – 312 с.
121. Земледелие / под ред. Г.И. Баздырева. – М. : КолосС, 2008. – 606 с.
122. Зональные системы земледелия в Ростовской области на 1991–1995 годы / В.П. Ермоленко, И.Н. Листопадов, И.М. Шапошникова. – Ростов н/Д. : Кн. изд-во, 1991. – 225 с.
123. Зональные системы земледелия Ростовской области. – Ростов н/Д. : Кн. изд-во, 1981. – 190 с.
124. Зюзин, Г.М. Урожай озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы в центральной зоне Ставропольского края : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Зюзин Г.М. – Ставрополь, 1970. – 23 с.
125. Измаильский, А. А. Влажность почвы и грунтовая вода в связи с рельефом местности и культурным состоянием поверхности почвы // Избр. соч. – М. : Гос. изд. с.-х. лит., 1949. – С. 83–323.
126. Измаильский, А.А. Как высохла наша степь. Предварительные сообщения о результатах исследований влажности почвы в Полтавской губернии / общ. ред. В.Р. Вильямса. – М.-Л. : Сельхозгиз, 1937. – 76 с.
127. Изучение теоретических основ чередования разноглубинных основных обработок почвы в зернопаропропашном севообороте / Л.Д. Максименко и др. // Научные достижения – сельскому хозяйству : сб. трудов. – Ставрополь : Ставроп. кн. изд-во, 1973. – Вып. 1. – С. 40–43.
128. Ильина, Л.В. Комплексное окультуривание серых лесных почв южной части Нечерноземной зоны РСФСР : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Ильина Л.В. – Кишинев, 1988. – 49 с.
129. Илюхин, С.Н. Эффективность безотвальной обработки почвы под пропашно-технические культуры / С.Н. Илюхин // Методы и техн. средства испытаний с.-х. техники. – Новокубанск, 1990. – С. 61–71.
130. Илюхин, С.Н. Эффективность безотвальной обработки почвы под пропашно-технические культуры / С.Н. Илюхин // Тезисы докл. на науч.-

техн. конф. по методам и техническим средствам, применяемым при испытаниях с.-х. техники. – ЦНИИТЭИ, 1988. – С. 3–4.

131. Инкин, Л.А. Агрофизические основы оптимальной минимализации обработки черноземной почвы под озимую пшеницу на Ставрополье / Л.А. Инкин // Организация и технология почвозащитных мероприятий : тр. СНИИСХ. – Ставрополь : Ставроп. кн. изд-во, 1975. – Вып. 20. – С 127–144.

132. Инкин, Л.А. Влияние разных способов обработки южных черноземов на их физические свойства / Л.А. Инкин // Теоретические и практические вопросы обработки почв : тр. первой науч.-произв. конф. центр. зоны Сев. Кавказа. – М. : Россельхозиздат, 1968. – С. 183–192.

133. Инкин, Л.А. Плотность почвы и физические процессы в ней. – Ставрополь : Кн. изд-во, 1973. – 64 с.

134. Инкин, Л.А. Повышение эффективного плодородия почвы фрезерной механической обработкой / Л.А. Инкин // Вопросы обработки почвы : научн. тр. ВАСХНИЛ. – М. : Колос, 1979. – С. 153–157.

135. Инкин, Л.А. Управление физическими процессами в почве путем совершенствования технологии обработки верхнего пахотного слоя / Л.А. Инкин // Современная агрофизика – высоким агротехнологиям : материалы Междунар. конф., Санкт-Петербург, 25–27 сент. 2007 г. / сост. И.М. Михайленко и др. – СПб. : Агрофиз. науч.-исслед. ин-т Россельхозакадемии, 2007. – С. 109–111.

136. Информационный справочник результатов испытаний сельскохозяйственной техники на МИС в 2004 году. – Новокубанск : РосНИИТиМ, 2005. – 169 с.

137. Кабанова, Н.И. Влияние способов основной обработки на структуру и плотность почвы / Н.И. Кабанова // Система земледелия и продуктивность севооборотов зернового направления в лесостепи Поволжья. – Ульяновск, 1981. – С. 70–73.

138. Казаков, В.Е. Урожайность полевых культур зернопропашного севооборота в зависимости от системы основной обработки почвы / В.Е. Ка-

заков. Б.К. Тютюнник, И.Л. Молдавский // Биологические и агротехнические основы выращивания зерновых и зернобобовых культур на юге Украины. – Одесса : ОСХИ, 1984. – С. 67–70.

139. Казаков, Г.И. Обработка почвы в Среднем Поволжье // Освоение адаптив.-ландшафт. систем земледелия и агротехнологий : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Ульяновск, 2010. – С. 60–70.

140. Кант, Г. Земледелие без плуга: предпосылки, способы и границы прямого посева при возделывании зерновых культур: пер. с нем. / Г. Кант. – М. : Колос, 1980. – 158 с.

141. Карпович, К.И. Минимализация обработки почвы в лесостепи Среднего Поволжья / К.И. Карпович // Науч. тр. УНИИСХ. – 2010. – Т. 19. – С. 61–72.

142. Карпович, К.И. Почвозащитные системы основной обработки почвы в севообороте / К.И. Карпович // Науч. тр. УНИИСХ. – 2010. – Т. 19. – С. 53–61.

143. Карпович, К.И. Ресурсосберегающие системы обработки почвы в лесостепи Поволжья / К.И. Карпович // Науч. тр. УНИИСХ. – 2010. – Т.19. – С. 45–53.

144. Каскарбаев, Ж.А. Технология и техника обработки почвы [В условиях Казахстана] / Ж.А. Каскарбаев, А.С. Буряков // Современные проблемы почвозащитного земледелия и пути повышения устойчивости зернового производства в степных регионах. – Шортанды, 2006. – Ч. 2. – С. 282–290.

145. Качинский, Н.А. Изучение физических свойств почвы и корневых систем растений при территориальных почвенных исследованиях / Н.А. Качинский. – М. : Сельхозгиз, 1930. – 100 с.

146. Качинский, Н.А. О структуре почвы, некоторых ее водных свойствах и дифференциальной порозности / Н.А. Качинский // Почвоведение. – 1947. – № 6. – С. 336–347.

147. Качинский, Н.А. Структура почвы: итоги и перспективы изучения вопроса / Н.А. Качинский. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1963. – 100 с.
148. Качинский, Н.А. Физика почвы / Н.А. Качинский. – М. : Высш. школа, 1965. – Ч. 1. – 323 с.
149. Квасников, В.В. Влияние жидкой и газообразной фаз почвы на водоупорную прочность ее агрегатного состава / В.В. Квасников, П.П. Давыдова // Записки ВСХИ. – 1950. – Вып. 1, т. 23. – С.25–40.
150. Квасников, В.В. Плотность сложения почвы, водный режим и жизнедеятельность микроорганизмов при обработке чернозема / В.В. Квасников // Докл. ВАСХНИЛ. – 1964. – № 4. – С. 3–5.
151. Кибасов, П.Т. Обработка почвы под полевые культуры / П.Т. Кибасов. – Кишинев : Картя Молдовянескэ, 1982. – 236 с.
152. Кивер, В.Ф. Особенности обработки почвы и внесения удобрения под поукосную кукурузу / В.Ф. Кивер, Н.И. Конопля // Земледелие. – 1990. – № 7. – С. 70–72.
153. Кильдюшкин, В.М. Почвозащитные приемы основной обработки почвы на склонах при контурно-полосной организации территории / В.М. Кильдюшкин, П.С. Трегубов // Вестн. с.-х. науки. – 1986. – № 8. – С.28–32.
154. Кирдин, В.Ф. Воспроизводство плодородия и минимализация обработки почвы в Нечерноземной зоне / В. Ф. Кирдин // Земледелие. – 2007. – № 2. – С. 21–22.
155. Кириченко, А.С. Исследования технологии основной обработки почвы под озимую пшеницу после непаровых предшественников (в условиях Ростовской области) : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Кириченко Е.С. – Ставрополь, 1978. – 26 с.
156. Кирюшин, В.И. Т.С. Мальцев и развитие теории обработки почвы / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 2006. – № 6. – С.1–9.
157. Клочков, А.В. Комбинированные почвообрабатывающе-посевные агрегаты. Потенциал и перспективы использования [Белоруссия] / А.В. Клоч-

ков, О.С. Клочкова, О.Б. Соломко // Белорус. сел.хоз-во. – 2010. – № 1. – С. 17–23.

158. Клочков, А.В. Новая почвообрабатывающая техника / А.В. Клочков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1985. – № 7. – С. 52–55.

159. Клочков, А.В. Энергетическая оценка современных технологий обработки почвы / А.В. Клочков // Земледелие. – 1986. – № 7. – С. 59–60.

160. Ковда, В.А. Энергетические затраты в земледелии / В.А. Ковда, Г.А. Булаткин, В.И. Ватолин // Докл. ВАСХНИЛ. – 1980. – № 2. – С. 2–3.

161. Коломиец, А.П. Особенности обработки почвы на посевах / А.П. Коломиец, Н.М. Мацевецкая // Сах. свекла: пр-во и перераб. – 1990. – Т. 3. – С. 10–11.

162. Колясев, Ф.Е. О влажности почвы и приемах ее сохранения // Сов. агрономия. – 1949. – № 6. – С. 73–83.

163. Комбинированные почвообрабатывающие и посевные комплексы – ведущее звено современных технологий возделывания зерновых культур : научно-практическое пособие / сост. В.А. Корчагин и др. – Самара : Книга, 2009. – 88 с.

164. Конкин, Ю.А. Экономика ремонта сельскохозяйственной техники / Ю. А. Конкин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1990. – 365 с.

165. Константинов, М.Д. Мелиорация солонцов Сибири / М.Д. Константинов, Т.Г. Ломова // Мелиоративная наука на юге Средней Сибири: прошлое, настоящее, будущее. – Абакан, 2008. – С. 99–106.

166. Концепция формирования современных ресурсосберегающих технологических комплексов возделывания зерновых культур в Среднем Поволжье / науч. ред., сост. В.А. Корчагин. – Изд. 2-е, перераб. – Самара : [б.и.], 2008. – 87 с.

167. Коринец, В.В. Системно-энергетический подход к объектам / В.В. Коринец. – Астрахань : Новая Линия, 2009. –Т. 1. Солнечная радиация и плодородие почвы исследований. – 176 с.

168. Коринец, В.В. Системно-энергетический подход к объектам исследований / В.В. Коринец. – Астрахань : Новая Линия, 2009. – Т. 2. Рациональные севообороты. – 212 с.

169. Коринец, В.В. Системно-энергетический подход к объектам исследований / В.В. Коринец. – Астрахань : Новая Линия, 2009. – Т. 3. Экологическая функция сельскохозяйственных растений. – 156 с.

170. Корчагин, В.А. Избранные труды: в 6 т. – Самара : СамНЦ РАН, 2008. – Т. 6: Основы сухого земледелия, технологии возделывания зерновых культур и тенденции изменения погодных условий в степных районах Поволжья. – 411 с.

171. Корчагин, В.А. Ресурсоэкономные и почвосберегающие системы обработки почвы и посева / В.А. Корчагин, О.И. Горянин // Концепция формирования современных ресурсосберегающих технологических комплексов возделывания зерновых культур в Среднем Поволжье / науч. ред. В.А. Корчагин. – Самара, 2006. – С. 14–32.

172. Корчагин, В.А. Система машин для ресурсосберегающих технологий / В.А. Корчагин, О. И. Горянин // Концепция формирования современных ресурсосберегающих технологических комплексов возделывания зерновых культур в Среднем Поволжье / науч. ред. В.А. Корчагин ; Самар. НИИСХ. – Самара, 2006. – С. 45–49.

173. Косачев, Г.Г. Размещение сельскохозяйственного производства в регионе / Г.Г. Косачев // Экономические проблемы АПК : сб. – М., 2007. – С. 290–298.

174. Костров, В.Д. Изменение агрофизических свойств черноземов Нижнего Поволжья под воздействием основной обработки : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Костров Владимир Дмитриевич. – Ставрополь, 1994. – 25 с.

175. Костычев, П.А. О борьбе с засухой в черноземной области посредством обработки полей и накопления на них снега // Избр. труды. – М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1951. – С. 453–544.

176. Краснощеков, Н.В. Концепция развития технологий и техники для обработки почвы на период до 2010 года / Н.В. Краснощеков и др. – М. : ВИМ, 2002. – 103 с.
177. Краснощеков, Н.В. Первоочередные действия для качественных технологических преобразований сельского хозяйства / Н.В. Краснощеков // Техника и оборудование для села. – 2006. – № 9. – С. 25–29.
178. Криулин, М.В. Влияние различных систем основной обработки в зернопропашном севообороте на плодородие почвы / М.В. Криулин, В.М. Рындин // Проблема научного обеспечения АПК Ставропольского края : материалы 5-й науч. конф., Ставрополь, янв. 1990 г. – Ставрополь : Ставроп. НИИСХ, 1990. – С. 180–184.
179. Кроветто, К. Нулевая обработка почвы / К. Кроветто // Ресурсосберегающее земледелие. – 2009. – № 2. – С. 7–11.
180. Кроветто, К. Прямой посев в Чили / К. Кроветто // Ресурсосберегающее земледелие. – 2009. – № 1. – С. 12–16.
181. Кряжков, В.М. Развитие средств механизации обработки почв / В.М. Кряжков, П.Н. Бурченко // Механиз. и электиф. с.-х. – 1987 – № 5. – С. 19–21.
182. Кряжков, В.М. Энергосбережение в регионах – основа выполнения национальных проектов / К. Кроветто // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. – М., 2010. – Ч. 1. – С. 58–62.
183. Ксенович, И.П. Ходовая система – почва – урожай / И.П. Ксенович, В.А. Сотников, М.И. Ляско. – М. : Агропромиздат, 1985. – 304 с.
184. Кузыченко, Ю. А. Оптимизация систем основной обработки почвы в полевых севооборотах на различных типах почв Центрального и Восточного Предкавказья : монография / Ю. А. Кузыченко, В. В. Кулинцев. – Ставрополь : АГРУС, 2012. – 168 с.
185. Кузыченко, Ю.А. Агрофизические показатели и качество обработки почвы при использовании нового орудия КАО-2 / Ю.А. Кузыченко, А.К. Кобозев // Пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур

тур в современных условиях : сб. науч. тр. науч.-метод. конф. – Ставрополь, 2001. – С. 23–25.

186. Кузыченко, Ю.А. Агрофизические показатели подпахотного слоя как критерии оценки допустимой машинной нагрузки на почву / Ю.А. Кузыченко // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 6. – С 37–38.

187. Кузыченко, Ю.А. Агроэкологические аспекты оптимизации параметров почвенного слоя в системе «почва – машина» / Ю.А. Кузыченко // Актуальные вопросы экологии и природопользования : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Ставрополь, ноябрь 2005 г. – Ставрополь : АГРУС, 2005. – С. 47–49.

188. Кузыченко, Ю.А. Влияние засухи на динамику подвижного гумуса чернозема при различных способах обработки и удобрения / М.Т. Куприченков, Ю.А. Кузыченко, Т.Н. Антонова // Проблемы борьбы с засухой : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Ставрополь, 15–16 июня 2005 г. – Ставрополь : АГРУС, 2005. – С. 152–155.

189. Кузыченко, Ю.А. Влияние орудий нового поколения на продуктивность звеньев севооборота в различных зонах Ставропольского края / Ю.А. Кузыченко, А.Н. Хвостов, Д.Ю. Артамонов // Проблемы борьбы с засухой : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Ставрополь, 15–16 июня 2005 г. – Ставрополь : АГРУС, 2005. – С. 161–165.

190. Кузыченко, Ю.А. Влияние почвообрабатывающих орудий на физические условия пахотного слоя обыкновенного чернозема в звене занятого пара : дис. ... канд. с.-х. наук / Кузыченко Юрий Алексеевич. – Ставрополь, 1992. – 208 с.

191. Кузыченко, Ю.А. Влияние различных почвообрабатывающих орудий на структуру почвы и ее устойчивость к эрозионным процессам / Ю.А. Кузыченко // Вопросы экологии в системе земледелия : сб. науч. тр. – Ставрополь : Ставроп. НИИСХ, 1993. – С. 63–69.

192. Кузыченко, Ю.А. Влияние различных почвообрабатывающих орудий на физическое состояние обрабатываемого слоя / Ю.А. Кузыченко,

Е.В. Орлов // Использование почвенно-климатических и энергетических ресурсов в условиях интенсификации систем земледелия : сб. науч. тр. – Ставрополь : Ставроп. НИИСХ, 1990. – С. 157–162.

193. Кузыченко, Ю.А. Влияние различных способов обработки почвы на изменение агрегатного состава и продуктивность культур в севообороте / Ю.А. Кузыченко, А.Н. Хвостов, Д.Ю. Артамонов // Научные основы земледелия и влагосберегающих технологий для засушливых регионов Юга России : сб. науч. тр. – 2003. – Ч. 1: Проблемы земледелия. – С. 156–161.

194. Кузыченко, Ю.А. Внедрение минимальной обработки почвы на Ставрополье / Ю.А. Кузыченко, Н.А. Квасов, А.И. Хрипунов // Земледелие. – 2010. – № 1. – С. 21–23.

195. Кузыченко, Ю.А. Выбор почвообрабатывающих орудий по технологическим показателям почвы / Ю.А. Кузыченко, А.К. Кобозев // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК : материалы Международ. науч.-практ. конф. Ставрополь, март 2006 г. – Ставрополь : АГРУС, 2006. – С. 199–202.

196. Кузыченко, Ю.А. Выбор способов основной обработки для различных типов почв с целью повышения рентабельности производства растениеводческой продукции : метод. пособие / Ю.А. Кузыченко, А.А. Федотов. – Ставрополь : АГРУС, 2010. – 28 с.

197. Кузыченко, Ю.А. Выбор эксплуатационной массы трактора по его воздействию на поверхностный слой почвы / Ю.А. Кузыченко, А.К. Кобозев // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК : сб. науч. ст. – Ставрополь : АГРУС, 2009. – С. 65–67.

198. Кузыченко, Ю.А. Действие рабочих органов почвообрабатывающих машин на почву и их энергетическая оценка / Ю.А. Кузыченко, Е.В. Орлов // Проблемы научного обеспечения агропромышленного комплекса Ставропольского края : материалы 5-й науч. конф., Ставрополь, янв. 1990 г. – Ставрополь : Ставроп. НИИСХ, 1990. – С. 196–198.

199. Кузыченко, Ю.А. Зависимость агрегатного состава почвы от способов основной обработки / Ю.А. Кузыченко, А.К. Кобозев // Пути повышения урожайности с.-х. культур в современных условиях : сб. науч. тр. – Ставрополь : СГСХА, 1998. – С. 16–18.

200. Кузыченко, Ю.А. Зависимость погектарного расхода топлива при основной обработке почвы различными орудиями, агрегатируемыми с трактором Т-150 К, от влажности почвы // Эффективность использования сельскохозяйственной техники : сб. науч. тр. – Ставрополь : ССХИ, 1993. – С. 32–34.

201. Кузыченко, Ю.А. Изменение агрофизических свойств обыкновенного чернозема под влиянием основной обработки почвы / Ю.А. Кузыченко, А.Н. Хвостов // Актуальные проблемы растениеводства Юга России : сб. науч. тр. – Ставрополь, 2003. – С. 14–18.

202. Кузыченко, Ю.А. Инженерно-техническое обеспечение агропромышленного комплекса Северо-Кавказского федерального округа / Ю.А. Кузыченко // Состояние и основные мероприятия по обеспечению устойчивого развития агропромышленного комплекса в Северо-Кавказском федеральном округе на период до 2020 года: доклад РАСХН. – М. ; Пятигорск, 2010. – С. 50–52.

203. Кузыченко, Ю.А. Использование комбинированного приспособления Е-УПП для оптимизации качества обработки почвы / Ю.А. Кузыченко, А.Н. Хвостов, Д.Ю. Артамонов // Пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур в современных условиях : сб. науч. тр. науч.-метод. конф. – Ставрополь, 2003. – С. 18–20.

204. Кузыченко, Ю.А. Использование машинно-тракторных агрегатов с почвообрабатывающими орудиями нового поколения в степной зоне Ставропольского края / Ю.А. Кузыченко // Исследование и разработка современных технологий и средств механизации в полеводстве Юга России : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Зерноград, май 2007 г. – Зерноград, 2007. – С. 107–112.

205. Кузыченко, Ю.А. К вопросу о дифференцированном подходе при внедрении минимальной обработки почвы / Ю.А. Кузыченко // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 12. – С. 14–16.

206. Кузыченко, Ю.А. Качество обработки почвы различными орудиями и их энергооценка / Ю.А. Кузыченко // Рациональная система обработки почвы в севооборотах : сб. науч. тр. – Ставрополь : ССХИ, 1991. – С. 31–34.

207. Кузыченко, Ю.А. Комбинированные агрегаты нового поколения для обработки почвы / Ю.А. Кузыченко // Земледелие. – 2002. – № 5. – С. 6–7.

208. Кузыченко, Ю.А. Комплексный показатель качества обработки почвы различными орудиями, агрегатируемыми с трактором Т-150 К / Ю.А. Кузыченко, А.К. Кобозев, А.А. Кобозев // Механизация сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. – Ставрополь : СГСХА, 1997. – С. 17–21.

209. Кузыченко, Ю.А. Кратность уплотнения почвы агрегатами при возделывании с.-х. культур / Ю.А. Кузыченко, А.К. Кобозев, В.Р. Марков // Механизация сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. – Ставрополь : СГСХА, 1997. – С. 115–120.

210. Кузыченко, Ю.А. Крошение почвы под действием различных почвообрабатывающих орудий / Ю.А. Кузыченко // Земледелие Ставрополя : учеб. пособие / под общ. ред. Г.Р. Дорожки. – Ставрополь : АГРУС, 2004. – С. 202–206.

211. Кузыченко, Ю.А. Машинно-транспортные комплексы в технологии возделывания кукурузы на зеленую массу / Ю.А. Кузыченко // Кукуруза и сорго. – 2008. – № 4. – С. 11–12.

212. Кузыченко, Ю.А. Машины для возделывания кукурузы на зеленую массу / Ю.А. Кузыченко // Техника и оборудование для села. – 2009. – № 1. – С. 17.

213. Кузыченко, Ю.А. Минимализация систем обработки почвы под пропашные культуры в Ставропольском крае / Ю.А. Кузыченко // Аграрный вестник Урала. – 2013. – № 2. – С 10–13.

214. Кузыченко, Ю.А. Научные направления развития систем основной обработки почвы в Ставропольском крае / Ю.А. Кузыченко // Бюллетень СНИИСХ. – 2011. – №2/3. – С. 26–30.

215. Кузыченко, Ю.А. Научные направления развития систем основной обработки в Ставропольском крае / Ю.А. Кузыченко // Ставропольский НИИ сельского хозяйства – 100 лет на службе аграрной науке и производству : сб. ст. к юбилею института. – Ставрополь : Сияние, 2011. – С. 35–38.

216. Кузыченко, Ю.А. О возможности перехода к системам минимальной и нулевой обработки в засушливой зоне Ставрополья / Ю.А. Кузыченко, Н.А. Квасов // Справочно-консультационный бюллетень : учеб. пособие / под общ. ред. В.Г. Хворостьянова. – Ставрополь, 2005. – С. 18–20.

217. Кузыченко, Ю.А. Обобщенная оценка агротехнологического потенциала территории отдельного региона / Ю.А. Кузыченко // Изв. Оренбургского ГАУ. – 2011. – № 1. – С. 20–22.

218. Кузыченко, Ю.А. Обобщенный показатель деградации почвы как фактор формирования системы ее обработки / Ю.А. Кузыченко // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 7. – С. 12–14.

219. Кузыченко, Ю.А. Обоснование применения технологии «прямого» посева при возделывании пропашных культур на различных типах почв Центрального Предкавказья / Ю.А. Кузыченко // Тр. КубГАУ – 2011. – № 1. – С. 70–72.

220. Кузыченко, Ю.А. Оптимизация выбора орудий для основной обработки почвы / Ю.А. Кузыченко // Земледелие. – 2010. – № 2. – С. 28–31.

221. Кузыченко, Ю.А. Опыт внедрения ресурсосберегающих систем основной обработки почвы на солонцеватых черноземах Ставропольского края / Ю.А. Кузыченко // Тр. Куб ГАУ. – 2012. – № 2. – С. 189–190.

222. Кузыченко, Ю.А. Опыт внедрения ресурсосберегающих технологий на темно-каштановых почвах Центрального Предкавказья / Ю.А. Кузыченко // Изв. Оренбургского ГАУ. – 2011. – № 2. – С.28–30.

223. Кузыченко, Ю.А. Особенности выбора орудий основной обработки почвы в условиях фермерского хозяйства / Ю.А. Кузыченко, А.К. Кобозев // Механизация сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. – Ставрополь : СГСХА, 1997. – С. 10–12.

224. Кузыченко, Ю.А. Оценка глубины уплотнения почвы движителями сельскохозяйственных машин / Ю.А. Кузыченко, А.К.Кобозев, М.А. Кобозев // Механизация сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. – Ставрополь : СГСХА, 1997. – С. 239–243.

225. Кузыченко, Ю.А. Оценка применения «нулевой» допосевной обработки почвы при возделывании озимой пшеницы по различным предшественникам / Ю.А. Кузыченко // Тр. КубГАУ. – 2010. – № 5 – С. 71–73.

226. Кузыченко, Ю.А. Оценка энергозатрат при основной обработке почвы различными орудиями, агрегатируемыми с трактором Т-150 К // Эффективность использования сельскохозяйственной техники : сб. науч. тр. – Ставрополь : ССХИ, 1993. – С. 34–35.

227. Кузыченко, Ю.А. Показатели качества противоэрозионной обработки почвы / Ю.А. Кузыченко, А.К. Кобозев, А.А. Кобозев // Пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур в современных условиях : сб. науч. тр. – Ставрополь : СГСХА, 1999. – С. 86–90.

228. Кузыченко, Ю.А. Применение машинно-тракторных агрегатов с орудиями нового поколения в полевом севообороте / Ю.А. Кузыченко // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК : сб. науч. ст. – Ставрополь : АГРУС, 2008. – С. 76–78.

229. Кузыченко, Ю.А. Различные способы основной обработки почвы как фактор изменения минерального питания / Ю.А. Кузыченко, Т.Н. Антонова // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 6. – С.42–44.

230. Кузыченко, Ю.А. Ресурсосберегающая система обработки почвы / Ю.А. Кузыченко // Энергосберегающие, почвозащитные системы земледелия Ставропольского края : рек. / под общ. ред. В. И. Трухачева. – Ставрополь : АГРУС, 2007. – С. 16–20.

231. Кузыченко, Ю.А. Система обработки почвы в условиях Ставрополья / Ю.А. Кузыченко // Основы систем земледелия Ставрополья : учеб. пособие / под общ. ред. В.М. Пенчукова и Г.Р. Дорожки. – Ставрополь : АГРУС, 2005. – С. 147–192.

232. Кузыченко, Ю.А. Снижение уплотняющего воздействия движителей на почву / Ю.А. Кузыченко, А.К. Кобозев // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК : сб. науч. ст. – Ставрополь : АГРУС, 2010. – С. 143–146.

233. Кузыченко, Ю.А. Тактика подготовки почвы / Ю.А. Кузыченко // Теоретические и практические основы подготовки почвы и проведения осеннего сева: рек. для сельхозпроизводителей Ставропольского края – Ставрополь : АГРУС, 2006. – С. 7–13.

234. Кузыченко, Ю.А. Техногенная деградация поверхностного слоя почвы ходовыми аппаратами с.-х. агрегатов / Ю.А. Кузыченко, А.К. Кобозев, В.Р. Марков // Механизация сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. – Ставрополь : СГСХА, 1997. – С. 112–115.

235. Кузыченко, Ю.А. Тяговые усилия и расход топлива при использовании различных почвообрабатывающих орудий для основной обработки почвы / Ю.А. Кузыченко // Использование почвенно-климатических и энергетических ресурсов в условиях интенсификации систем земледелия : сб. науч. тр. – Ставрополь : Ставроп. НИИСХ, 1990. – С. 70–77.

236. Кузыченко, Ю.А. Формирование структуры и уплотнения почвы в процессе ее обработки // Вопросы экологии в системе земледелия : сб. науч. тр. – Ставрополь : Ставроп. НИИСХ, 1993. – С. 79–83.

237. Кузыченко, Ю.А. Энергетика машиноиспользования при обработке почвы / Ю.А. Кузыченко // Совершенствование технологий и техниче-

ских средств в АПК : сб. материалов 69-й науч.-практ. конф. – Ставрополь : АГРУС, 2005. – С. 138–141.

238. Кузыченко, Ю.А. Энергетическая оценка почвообрабатывающих орудий по степени крошения почвы / Ю.А. Кузыченко, А.К. Кобозев // Стабилизация и развитие АПК Ставропольского края : тез. докл. 62-й науч. конф. ученых и специалистов академии, Ставрополь, 14 марта – 24 апр. 1998 г., СГСХА. – Ставрополь, 1998. – С. 67–68.

239. Кузыченко, Ю.А. Энергетическая оценка формирования структуры пахотного слоя почвы / Ю.А. Кузыченко, А.К. Кобозев, А.А. Кобозев // Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники : сб. науч. тр. 63/64-й науч.-практ. конф. – Ставрополь : СГСХА, 2000. – С. 171–177.

240. Кузыченко, Ю.А. Энергосберегающие системы основной обработки почвы для различных зон Ставропольского края / Ю.А. Кузыченко // Земледелие. – 2012. – № 3. – С.23–24.

241. Кузыченко, Ю.А. Эффективность использования комбинированных орудий при основной обработке почвы / Ю.А. Кузыченко // Аграрное Ставрополье. – 2005. – № 4. – С. 53.

242. Кузыченко, Ю.А. Эффективность использования орудий по удельному сопротивлению при основной обработке почвы / Ю.А. Кузыченко, А.К. Кобозев, М.А. Кобозев // Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники : материалы 68-й науч.-практ.конф. – Ставрополь : АГРУС, 2004. – С. 132–136.

243. Кузыченко, Ю.А. Эффективность применения новых почвообрабатывающих агрегатов / Ю.А. Кузыченко, А.К. Кобозев, М.А. Кобозев // Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники : материалы 68-й науч.-практ.конф. – Ставрополь : АГРУС, 2004. – С. 136–138.

244. Куприченков, М.Т. Бонитировка почв : монография / М.Т. Куприченков. – Ставрополь : АГРУС, 2005. – 281 с.

245. Куприченков, М.Т. Почвы Ставрополя / М.Т. Куприченков. – Ставрополь : Ставроп. краевая тип., 2005. – 424 с.
246. Куприченков, М.Т. Справочник по плодородию почв / М.Т. Куприченков. – Ставрополь : Сервисшкола, 2007. – 143 с.
247. Кушнарев, А. Новые научные подходы к выбору способа обработки почвы / А. Кушнарев, В. Кравчук // Техника и технологии АПК. – 2010. – № 5. – С. 6–10.
248. Листопадов, И.Н. Севообороты южных регионов / И. Н. Листопадов. – Ростов н/Д, 2005. – 275 с.
249. Майнель, Т. Мульчированный и прямой посев: опыт применения и практика / Т. Майнель // Ресурсосберегающее земледелие. – 2010. – № 2 (6). – С. 13–17.
250. Макаров, И.П. Приемы окультуривания дерново-подзолистых почв в Кировской области / И. П. Макаров // Земледелие. – 2007. – № 3. – С. 12–13.
251. Макаров, И.П. Результаты исследований по разработке ресурсосберегающих технологий обработки почвы / И.П. Макаров, А.В. Захаренко, А.Я. Рассадин // Земледелие на рубеже XXI в. – М., 2003. – С. 268–271.
252. Максименко, Л.Д. Рациональная система сухого земледелия / Л. Д. Максименко // Научные достижения – сельскому хозяйству : сб. трудов. – Ставрополь : Ставроп. кн. изд-во, 1976. – Вып. 3. – С. 21–34.
253. Максименко, Л.Д. Система сухого земледелия / Л. Д. Максименко // Рациональное использование пашни и совершенствование технологий возделывания основных культур : сб. ст. – Ставрополь, 1977. – С. 4–14.
254. Мальцева, И.Г. Безотвальная обработка дерново-подзолистых почв / И.Г. Мальцева, А.М. Блинов // Земледелие. – 1987. – № 2. – С. 24–25.
255. Марымов, В.И. Методические рекомендации по энергетической оценке систем и приемов обработки почвы / В.И. Марымов, А.И. Сухов, В.В. Коринец. – М. : ВАСХНИЛ, 1989. – 30 с.

256. Медведев, В. В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов / В.В. Медведев. – М. : Агропромиздат, 1988. – 157 с.

257. Медведев, В.В. Использование агрофизических свойств черноземов при разработке почвообрабатывающих машин / В.В. Медведев, П.И. Слободюк, В.Ф. Пашенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987. – № 3. – С. 6–8.

258. Медведев, В.В. Некоторые изменения физических свойств черноземов при обработке / В.В. Медведев // Почвоведение. – 1979. – № 1. – С. 79–97.

259. Медведев, В.В. Физические свойства и характер залегания плужной подошвы в разных типах пахотных почв / В.В. Медведев // Почвоведение. – 2011. – № 12. – С. 148–149.

260. Мелешко, А.П. Рекомендации по возделыванию подсолнечника в колхозах и совхозах Ставропольского края / А. П. Мелешко. – Ставрополь : СНИИСХ, 1975. – 28 с.

261. Методика оптимизации соотношения сельскохозяйственных угодий, обеспечивающих экологическую безопасность производства сельскохозяйственной продукции (на примере Ставропольского края) / сост. А.Н. Абалдов, Л.И. Желнакова. – Михайловск : Ставроп. НИИСХ, 2006. – 32 с.

262. Методические пособия и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия. – Курск ; Тверь : Чудо, 2001. – 260 с.

263. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных опытов по земледелию и растениеводству. – Целиноград : Б. и., 1981. – Вып. 1. – 40 с.

264. Методические указания по составлению справочников «Агроклиматические ресурсы области» / под. ред. В. В. Синельщикова. – М.: Гидрометиздат, 1967. – 180 с.

265. Минимальная обработка почвы и борьба с ее переуплотнением / И.С. Рабочев и др. – М. : Знание, 1980. – 62 с.
266. Мичурин, Б.Н. Доступность влаги для растений в зависимости от структуры и плотности сложения почв и грунтов // Вопросы агрономической физики : сб. ст. – Л. : Сельхозгиз, 1957. – С. 56–71.
267. Модель адаптивно-ландшафтного земледелия Владимирского Ополья / под ред. В.И. Кирюшина и А.И. Иванова. – М. : Агроконсалт, 2004. – 456 с.
268. Модель адаптивно-ландшафтной системы земледелия для горной зоны РСО–АЛАНИИ : монография / А.А. Абаев и др. – Владикавказ : СКНИИГ и ПСХ 2010. – 100 с.
269. Мухин, В.А. Новая техника для машинных ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур / В.А. Мухин, П.А. Пыльник // Машин. технологии и новая с.-х. техника для условий Евро-Северо-Востока России. – Киров, 2000. – Т. 1. – С. 112–116.
270. Мухортов, С.Я. Характеристика эффективного плодородия пахотного слоя выщелоченного чернозема при различных способах и глубине основной обработки : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Мухортов Сергей Яковлевич. – Воронеж, 1983. – 15 с.
271. Мягков, А.Е. Безотвальная обработка светло-каштановых почв легкого механического состава // Организация и технология почвозащитных мероприятий : труды СНИИСХ. – Ставрополь : Ставроп. кн. изд-во, 1975. – Вып. 20. – С.153–162.
272. Нагорный, Н.Н. Энергетическая оценка почвообрабатывающих орудий / Н.Н. Нагорный, М.П. Белоткач // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987. – № 3. – С. 12–13.
273. Назаров, Г.В. Гидрологическая роль почвы / Г.В. Назаров. – Л. : Наука, 1981. – 216 с.
274. Назаров, Г.В. Зональные особенности водопроницаемости почв СССР / Г.В. Назаров. – Л. : Изд. ЛГУ, 1970. – 184 с.

275. Найденов, А.С. Интенсификация технологии возделывания озимого ячменя на Северном Кавказе : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Найденов Александр Семенович. – Краснодар, 1991. – 53 с.

276. Найденов, А.С. Энергосберегающая обработка почвы / А.С. Найденов // Российская аграрная газета. – 2011. – № 16. – С. 12–13.

277. Нарцисов, В.П. Развитие ученья о механической обработке почвы за последние годы / В.П. Нарцисов // Теоретические вопросы обработки почв. – Л. : Гидрометеиздат, 1972. – Вып. 3. – С. 25–38.

278. Научно-методическое пособие по применению почвозащитной безотвальной обработки на территории Ставропольского края / под. общ. ред. проф. Е.И. Рябова. – Ставрополь : Кн. изд-во, 2002. – 159 с.

279. Небавский, В.А. Машинно-технологическое обеспечение ресурсосберегающих процессов нулевой обработки почвы : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Небавский Валерий Андреевич. – Краснодар, 2004. – 46 с.

280. Некоторые аспекты эволюции черноземов при их длительном интенсивном сельскохозяйственном использовании / Н.В. Гниненко и др. // Почвоведение. – 1998. – № 6. – С. 732–738.

281. Некрасов, П.А. К изучению изменения некоторых водных и воздушных свойств пахотного слоя под влиянием паровой обработки / П.А. Некрасов // Научно-агрономический журнал. – 1924. – № 2. – С.84–109.

282. Немцев, С.Н. Почвозащитная система обработки почвы и ее значение в современных условиях / С.Н. Немцев // Интенсификация, ресурсосбережение и охрана почвы в адаптивно-ландшафтных системах земледелия : сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. ГНУ ВНИИЗ и ЗПЭ, 10–12 сент. 2008 г. – Курск, 2008. – С. 115–119.

283. Немцев, С.Н. Эффективность минимальной обработки почвы под озимую пшеницу / С.Н. Немцев, М.М. Сабитов // Науч. тр. Ульяновского НИИСХ / под общ. ред. С.Н. Немцева. – 2010. – Т. 19. – С. 72–77.

284. Никонов, А.А. Особенности системы земледелия и комплекс агротехнических и организационно-экономических мероприятий по борьбе с

засухой в Ставропольском крае / А. А. Никонов // Проблемы борьбы с засухой и рост производства с.-х. продукции. – М. : Колос, 1974. – С. 278–282.

285. Новиков, В.М. Дифференцированные системы основной обработки почвы в зерновом звене зернопаропропашного севооборота / В.М. Новиков, Л.А. Нечаев // Модели автоматизированного проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия : сб. докл. науч-практ. конф. ГНУ ВНИИЗ и ЗПЭ, 14–16 сент. 2010 г. – Курск, 2010. – С. 229–232.

286. Новые адаптивные энерго- и почвосберегающие технологии возделывания озимой пшеницы и кукурузы в Краснодарском крае / П. Н. Рыбалкин, П. П. Васюков, П. А. Щербина и др. – Краснодар, 2002. – 103 с.

287. О прочности структуры пахотного слоя дерново-подзолистых почв и теории культурной вспашки / К.И. Балтян и др. // Почвоведение. – 1951. – № 11. – С. 673–683.

288. Обработка почвы (энергосберегающие технологии и технические средства) : рекомендации. – М. : Росинформагротех, 2004. – 102 с.

289. Обработка почвы при интенсивном возделывании полевых культур : пер. с польск. / под ред. и с пред. А.С. Кушнарера. – М. : Агропромиздат, 1988. – 248 с.

290. Овсинский, И.Е. Новая система земледелия: пер. с польск. / И.Е. Овсинский – М. : тип. В.М. Саблина, 1909. – 304 с.

291. Одум Ю. Экология: собр. соч.: в 2 т. / Ю. Одум. – М. : Мир, 1986. – Т. 1. – 326 с.; Т. 2. – 376 с.

292. Одум, Г. Энергетический базис человека и природы / Г. Одум, Э. Одум. – М. : Прогресс, 1978. – 379 с.

293. Одум, Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М., 1975. – 744 с.

294. Организационно-технологический проект производства сильных и твердых (ценных) пшениц в условиях недостаточного увлажнения с использованием комплексов машин с адаптивными рабочими органами / В.Б. Рыков и др. – Зерноград : ВНИИПТИМЭСХ, 2008. – 138 с.

295. Организация производства на сельскохозяйственных предприятиях / под ред. М.И. Синюкова, Ф.К. Шакирова. – М. : Агропромиздат, 1990. – 312 с.
296. Орлов, В.В. Эффективность мульчирующих и минимальных зяблевых обработок при возделывании кукурузы в дефляционноопасных условиях на карбонатных черноземах Северного Кавказа : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Орлов Валентин Викторович. – Немчиновка, 1983. – 18 с.
297. Орлов, Е.В. Эффективность плоскорезной обработки почвы при возделывании озимой пшеницы в степной зоне Центрального Предкавказья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Орлов Е. В. – Немчиновка, 1985. – 16 с.
298. Орманджи, К.С. Правила производства механизированных работ в полеводстве. – 2-е изд., перераб. и доп. / К.С. Орманджи – М. : Россельхозиздат, 1983. – 285 с.
299. Основы агрофизики / под ред. А.Ф. Иоффе, И.Б. Ревута. – М. : Физматгиз, 1959. – 903 с.
300. Основы систем земледелия Ставрополя : учеб. пособие / под общ. ред. В.М. Пенчукова, Г.Р. Дорожко. – Ставрополь : Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2005. – 464 с.
301. Панов, И.М. Вопросы развития теории разрушения почвы / И.М. Панов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1988. – № 11. – С. 18–20.
302. Панов, И.М. Технический уровень почвообрабатывающих и посевных машин [Зарубежные чизельные культиваторы, отечественные культиваторы и комбинированные машины на их базе, а также зерновые сеялки] / И.М. Панов, А.Н. Черепяхин // Тракторы и с.-х. машины, – 2000. – № 9. – С. 10–12.
303. Парфенов, М.А. Эрозия отступает // Современ. аспекты контур.-мелиор. земледелия. – Луганск, 1992. – Т. 2. – С. 119–122.
304. Пенчуков, В.М. Уроки сухого земледелия // Сельские зори. – 1981. – № 3. – С. 18–21.

305. Переуплотнение пахотных почв: причины, следствия, пути уменьшения / отв. ред. В. А. Ковда. – М. : Наука, 1987. – 215 с.

306. Перспективы использования почвообрабатывающих машин с пассивными и активными рабочими органами / М.С. Хоменко и др. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987. – № 5. – С. 26–28.

307. Пестряков, А.М. Совершенствование системы основной обработки почвы в полевых севооборотах / А.М. Пестряков, В.А. Свирина, Л.В. Еремина // Организация проектирования агротехнологий и систем земледелия : сб. докл Всерос. науч.-практ. конф., 23–25 июля 2007 г. – Рязань : Рязанский НИИПТИ АПК, 2008. – С. 102–106.

308. Петров, Л.Н. Длительность последствий плантажной вспашки на свойства черноземных лугово-степных солонцов / Л.Н. Петров // Научные основы обработки почв на Ставрополье : сб. ст. / гл. ред. В.М. Пенчуков. – Ставрополь, 1983. – С. 132–134.

309. Петров, Л.Н. Разработка агромелиоративных приемов улучшения солонцов / Л.Н. Петров, С.В. Беликова // Научные достижения – сельскому хозяйству : сб. трудов. – Ставрополь : Ставроп. кн. изд-во, 1973. – Вып. 1. – С. 118–120.

310. Петров, Л.Н. Свойства солонцовых почв в период последствий химической мелиорации // Земельные ресурсы Ставропольского края и приемы повышения производительности почв : труды СНИИСХ. – Ставрополь, 1985. – С. 25–33.

311. Петров, Л.Н. Характеристика почв в равнинной части Ставропольского края и приемы их улучшения./ Л.Н. Петров, М.Т. Куприченков, С.В. Беликова // Научные достижения – сельскому хозяйству : сб. трудов. – Ставрополь : Ставроп. кн. изд-во, 1976. – Вып. 3. – С. 158–169.

312. Петрова, Л.Н. Влияние способов обработки почвы на микробиологическую деятельность / Л.Н. Петрова, А.А. Махров // Рациональное использование природных ресурсов и экологическое состояние в современной Европе : сб. науч. тр. – Ставрополь : АГРУС, 2009. – С. 140–145.

313. Петрова, Л.Н. Использование земельных ресурсов в засушливых районах Северного Кавказа / Л.Н. Петрова // Земледелие. – 2005. – С. 2–5.
314. Петрова, Л.Н. Комбинированные агрегаты нового поколения для обработки почвы / Л.Н. Петрова и др. // Земледелие. – 2002. – № 5. – С. 6–7.
315. Петрова, Л.Н. Основы агроландшафта с комплексом противоэрозионных мероприятий / Л.Н. Петрова // Вестн. РАСХ. – 1995. – С. 24–26.
316. Петрова, Л.Н. Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур на Ставрополье / Л.Н. Петрова и др. // Аграрное Ставрополье. – 2006. – № 5. – С. 46–55.
317. Петрова, Н.В. Возделывание подсолнечника по плоскорезной зяби / Н.В. Петрова // Пути повышения плодородия почв Ставропольского края : труды СНИИСХ. – Ставрополь, 1977. – Вып. 41. – С.144–148.
318. Плескачев, Ю.Н. Ресурсосберегающие обработки каштановых почв Нижнего Поволжья в зернопаровом севообороте : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Плескачев Юрий Николаевич. – Рассвет, 2005. – 50 с.
319. Плодородие чернозема типичного при минимализации основной обработки / Г.Н. Черкасов и др. // Земледелие. – 2012. – С.23–24.
320. Плюснин, А.П. Обработка почвы чизельными плугами / А.П. Плюснин, А.Н. Кравченко, Ю.К. Гридин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1988. – № 5. – С. 22–23.
321. Повышение устойчивости агроландшафтов : рекомендации. – М.: Росинформагротех, 2003. – 43 с.
322. Полоус, В.С. Разработка элементов адаптивной системы основной обработки почвы в зернопропашном севообороте на черноземе обыкновенном в зоне недостаточного увлажнения : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Полоус Виктор Стефанович – п. Персиановский, 2012. – 50 с.
323. Полуэктов, Е.В. Агротехнические мелиорации переуплотненных почв на склоновых землях / Е.В. Полуэктов, Д.Е. Сухов // Мелиорация и вод. хоз-во. – 2006. – № 6. – С. 59.

324. Полуэктов, Е.В. Система мероприятий по снижению поверхностного стока и водной эрозии на землях сельскохозяйственного назначения / Е.В. Полуэктов, Н.И. Балакай, Г.Т. Балакай // Вестник аграрной науки Дона. – 2010. – Вып. 4. – С. 103–107.

325. Пospelова, О.А. Влияние систем обработки почв на их ферментативную активность в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Пospelова Оксана Анатольевна. – Ставрополь, 1996. – 21 с.

326. Почвозащитное земледелие / под общ. ред. А.И. Бараева. – М. : Колос, 1975. – 304 с.

327. Почвозащитные технологии и современные малозатратные технологические приемы возделывания сельскохозяйственных культур : рекомендации / сост. А.Н. Каштанов и др. – М. : Росинформагротех, 2001. – 26 с.

328. Поясов, Н.П. Аэрация почвы / Н.П. Поясов // Основы агрофизики. – М. : Физматгиз, 1959. – С. 819–903.

329. Проблема оптимизации водного режима почв / И.И. Судницын и др. // Проблемы почвоведения : сб. ст. – М. : Наука, 1982. – С. 17–21.

330. Пупонин, А.И. Научные и практические основы минимальной обработки почвы / А.И. Пупонин // Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии. – М., 2010. – С. 13–29.

331. Рабочев, И.С. Уплотнение почвы ходовыми системами машин / И.С. Рабочев, П.У. Бахтин, И.В. Гавалов // Земледелие. – 1978. – № 5. – С. 74.

332. Ревут, И.Б. Структура и плотность почвы – основные параметры, кондиционирующие почвенные условия жизни растений / И.Б. Ревут, Н.А. Соколовская, А.М. Васильев // Пути регулирования почвенных условий жизни растений. – Л. : Гидрометеоиздат, 1971. – С. 5–125.

333. Ревут, И.Б. Физика почв / И.Б. Ревут. – 2-е изд, перераб. и доп. – Л. : Колос, 1972. – 368 с.

334. Резников, М.С. Влияние различных способов обработки на урожайность ячменя // Почвообрабатывающие машины и динамика агрегатов : науч. тр. – Челябинск : ЧИМЭСХ, 1986. – С. 94–98

335. Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур : практ. руководство / сост. В.А. Корчагин. – М. : Инфор-магротех, 2001. – 96 с.

336. Ресурсосберегающий технологический комплекс возделывания озимой пшеницы в Средневолжском регионе / разработ. В.А. Корчагин и др. – Самара : ГНУ Самар. НИИСХ, 2008. – 6 с.

337. Ресурсосбережение при обработке почвы под зерновые культуры // Адаптивное земледелие на Среднем Урале: состояние, проблемы и пути их решения / под общ. ред. Н.Н. Зезина. – Екатеринбург : Уральский НИИСХ, 2009. – С. 103–117.

338. Роде, А.А. Основы ученья о почвенной влаге // И.Б. Ревут. – Л. : Гидрометеоиздат, 1965. – Т. 1. – 664 с.

339. Руденко, И.С. Влияние способов основной обработки на влажность почвы и урожайность озимой пшеницы / И.С. Руденко, А.В. Рубан, И.П. Максимчук // Приемы повышения продуктивности зерновых культур в лесостепи УССР : сб. науч. тр. – Киев : УСХА, 1985. – С. 21–28.

340. Рындин, В.М. Глубина основной обработки почвы в звене севооборота: занятой пар, озимая пшеница, озимая пшеница / В.М. Рындин, В.И. Селецкий // Рациональное использование пашни и совершенствование технологии возделывания основных культур : тр. СНИИСХ. – 1977. – Вып. 40. – С. 31–44.

341. Рындин, В.М. Глубина основной обработки почвы в севообороте / В.М. Рындин // Земледелие. – 1977. – № 1. – С. 47–49.

342. Рындин, В.М. Засоренность посевов озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки почвы в звене севооборота / В.М. Рындин, В.И. Шлыков // Засоренность посевов сельскохозяйственных

культур и борьба с сорной растительностью : сб. науч. тр. – Ставрополь : НПО «Нива Ставрополя», 1986. – С. 71–80.

343. Рындин, В.М. Минимализация основной обработки почвы в севообороте / В.М. Рындин // Научные основы обработки почвы на Ставрополье : сб. ст. / гл. ред. В.М. Пенчуков. – Ставрополь, 1983. – С. 3–33.

344. Рындин, В.М. Система основной обработки почвы в севообороте // Научные достижения – сельскому хозяйству : сб. трудов. – Ставрополь : Ставроп. кн. изд-во, 1976. – Вып. 3. – С. 42–54.

345. Рындин, В.М. Энергоемкость технологий возделывания ярового ячменя при различных системах основной обработки почвы / В.М. Рындин, М.В. Криулин // Использование почвенно-климатических и энергетических ресурсов в условиях интенсификации систем земледелия : сб. науч. тр. – Ставрополь : Ставроп. НИИСХ, 1990. – С. 96–108.

346. Рябов, В.И. Эффективность почвозащитной системы земледелия / Е.И. Рябов, А.Е. Мягков и др // Научные достижения – сельскому хозяйству : сб. трудов. – Ставрополь : Ставроп. кн. изд-во, 1976. – Вып. 3. – С. 55–63.

347. Рябов, Е.И. О прогнозировании опасности проявления ветровой эрозии почв / Е.И. Рябов, Л.Н. Санькова // Организация и технология почвозащитных мероприятий. – Ставрополь, 1975. – С. 45–53.

348. Рябов, Е.И. Разработка систем минимальной почвозащитной обработки. / Е.И. Рябов А.М. Белозеров и др. // Проблемы научного обеспечения агропромышленного комплекса Ставропольского края : материалы 5-й науч. конф., Ставрополь, янв. 1990 г. – Ставрополь : Ставроп. НИИСХ, 1990. – С. 184–187.

349. Салова, Т.М. Основная обработка почвы и урожай / Т.М. Салова, Ю.С. Адомяко // Земледелие. – 1985. – № 7. – С. 31–32.

350. Санковский, В.И. Чизелевание в условиях Белоруссии / В.И. Санковский // Земледелие. – 1985. – № 9. – С. 40–41.

351. Санковский, В.И. Эффективность чизельной обработки / В.И. Санковский // Земледелие. – 1986. – № 6. – С. 41–42.

352. Сафиулин, М. Курская область: «минималка» с максимальным эффектом / М. Сафиулин // Ресурсосберегающее земледелие. – 2010. – № 2 (6). – С. 21–23.

353. Сафиулин, М. Минимальная обработка почвы: типичные ошибки / М. Сафиулин // Ресурсосберегающее земледелие. – 2010. – № 3 (7). – С. 13–16.

354. Селецкий, В.И. Изучение чередования глубины и способов основной обработки почв в паропропашном севообороте в засушливых районах Ставропольского края / В.И. Селецкий // Теоретические и практические вопросы обработки почвы : тр. первой науч.-производ. конф. центр. зоны Сев.Кавказа. – М. : Россельхозиздат, 1968. – С. 129–139.

355. Селецкий, В.И. Обработка под озимую пшеницу после гороха / В.И. Селецкий // Земледелие : сб. – М. : Россельхозиздат, 1971. – Вып. 14. – С. 171–177.

356. Селецкий, В.И. Способы основной обработки почвы под озимую пшеницу после парозанимающей озимой бобово-злаковой смеси / В.И. Селецкий // Земледелие : сб. – М. : Россельхозиздат, 1971. – Вып. 14. – С. 158–170.

357. Селецкий, В.И. Чистые и занятые пары в засушливой зоне Ставропольского края / В.И. Селецкий, Б.П. Гончаров // Земледелие : сб. – 1969. – Вып. 4. – С. 3–117.

358. Сенченко, С.И. Чизелевание почвы на Северном Кавказе / С.И. Сенченко, Р.Я. Сергеева, А.С. Найденов // Земледелие. – 1986. – № 2. – С. 47–48.

359. Сергеев, К. Опыт Канады: экономическое и экологическое влияние прямого посева / К. Сергеев // Ресурсосберегающее земледелие. – 2010. – № 4 (8). – С. 7–9.

360. Сидоров, М.И. Развитие системы основной обработки почвы на черноземах // Вестн. с.-х. науки. – 1989. – Т. 11. – С. 18–23.

361. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М. : Машиностроение, 1977. – 328 с.
362. Сиротенко, Н.Н. Глубина и способы обработки почвы под кукурузу в пожнивных и поукосных посевах на выщелоченном слитом черноземе Западного Предкавказья / Н.Н. Сиротенко, В.П. Матвиенко // Тр. Кубан. гос. аграр. ун-та. – 1993. – Вып. 355. – С. 55–60.
363. Система адаптивно-ландшафтного земледелия Волгоградской области на период до 2015 года / А.Л. Иванов и др. – Волгоград : ИПК Волгоградской ГСХА «Нива», 2009. – 304 с.
364. Система ведения агропромышленного комплекса Ростовской области (на период 1996–2000 гг.) / В.П. Ермоленко и др. – Ростов н/Д, 1996. – Ч. 1. – 422 с.
365. Система ведения сельского хозяйства Андроповского района : рекомендации. – Ставрополь, 1989. – 305 с.
366. Система земледелия Краснодарского края : метод. рекомендации / под ред. С.В. Гаркуши и др. – Краснодар, 2009. – 265 с.
367. Система обработки почвы в севообороте / Л.Д. Максименко и др. // Земледелие. – 1989. – № 6. – С. 49–51.
368. Системы земледелия Ставропольского края /под ред. В.М. Пенчукова. – Ставрополь : Кн. изд-во, 1983. – 271 с.
369. Системы земледелия Ставрополья : монография / под общ. ред. А.А. Жученко, В.И. Трухачева. – Ставрополь : АГРУС, 2011. – 844 с.
370. Системы минимальной обработки почвы под кукурузу на зерно на обыкновенном черноземе в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края : метод. пособие / сост. Ю. А. Кузыченко. – Михайловск, 2012. – 21 с.
371. Системы обработки почвы для различных групп и типов земель // Научные основы систем земледелия Владимирской области / под общ. ред. И.В. Бирюкова. – Владимир : Рост, 2009. – С. 95–116.

372. Системы обработки почвы под озимые и пропашные культуры на темно-каштановых почвах Ставропольского края : метод. пособие / сост. Ю.А. Кузыченко. – Михайловск, 2012. – 24 с.

373. Ситников, В.Н. Интегрированное влияние способов основной обработки почвы и гербицидов на агроценоз и урожайность подсолнечника в зоне неустойчивого увлажнения : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Ситников Владимир Николаевич. – Ставрополь, 2006. – 23 с.

374. Слейтер, Р.О. Водный режим растений / Р.О. Слейтер. – М. : Мир, 1970. – 365 с.

375. Слободюк, П.И. Изменение физических свойств почвы в зависимости от действия ходовых систем тракторов / П.И. Слободюк, М.С. Чернова, Н.Ф. Дунай // Вестник с.-х. науки. – 1978. – № 2. – С. 12–18.

376. Совершенствование отдельных элементов технологии возделывания сортов озимой пшеницы и озимого ячменя в связи с изменением климата на Северном Кавказе : монография / Н.А. Квасов и др.; под ред. Н.А. Квасова ; ГНУ Ставроп. НИИСХ; ОНО «Прикумская ОСС». – Ставрополь : Сервисшкола, 2008. – 90 с.

377. Совершенствование технологии возделывания технических культур в Краснодарском крае / науч. ред. Г.Е. Гоник. – Краснодар : КСХИ, 1985. – 78 с.

378. Соколов, Н.С. Общее земледелие / Н.С. Соколов. – Изд. 2-е, перераб. – М. : Сельхозгиз, 1938 – 452 с.

379. Соколовский, А. Н. Структура почв и ее сельскохозяйственная ценность / А.Н. Соколовский // Почвоведение. – 1933. – № 1. – С. 3–16.

380. Соколовский, А.Н. К вопросу о количественной оценке структурности почвы / А.Н. Соколовский // Физика почв в СССР. – М., 1936. – С. 9–12.

381. Солошенко, Г.Г. Влияние способов основной обработки почвы на продуктивность озимой пшеницы в условиях северной зоны Кубани / Г.Г. Солошенко // Труды Кубанского СХИ. – 1985. – Т. 257. – С. 47–50.

382. Сохт, К.А. Машинная технология возделывания озимых колосовых культур [Минимальная обработка почвы комбинированными агрегатами] / К.А. Сохт, С.А. Захаров // Гл. агроном. – 2005. – № 6. – С. 46–47.

383. Сохт, К.А. Машинные технологии возделывания зерновых культур / К.А. Сохт. – Краснодар, 2001. – 271 с.

384. Сохт, К.А. Применение метода обобщенного показателя качества при выборе технологической схемы сельскохозяйственных машин / К.А. Сохт, А.К. Кириченко // Сб. науч. тр. КНИИСХ. – Краснодар, 1979. – С. 108–113.

385. Способ движения агрегата при обработке почвы на полях произвольной четырехугольной формы : пат. 2444171 Рос. Федерация / Кузыченко Ю.А. ; заявитель и патентообладатель ГНУ Ставропольский НИИСХ. – № 2010126242/13 ; заявл. 25.06.10 ; опубл.10.03.12, Бюл. № 7. – 4 с.

386. Способы и глубина основной обработки почвы в севообороте / Л.Д. Максименко и др. // Рациональное использование пашни и совершенствование технологии возделывания основных культур : тр. СНИИСХ. – Ставрополь, 1977. – Вып. 40. – С. 20–30.

387. Старовойтов, Н.А. Оптимизация обработки почвы в зерно-травяном севообороте / Н.А. Старовойтов // Земледелие. – 1984. – № 12. – С. 14–16.

388. Стародинский, Д.З. Сравнительные испытания чизельного и лемешного плугов / Д.З. Стародинский // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1981. – № 6. – С. 15–17.

389. Стебут, И.А. Обработка почвы / Стебут И.А. – М. : Унив. тип., 1871. – 44 с.

390. Судницын, И.И. Влажность почв и влагообеспеченность растений в условиях Южного Крыма / И.И. Судницын // Почвоведение. – 2008. – № 1. – С. 75–82.

391. Судницын, И.И. Движение почвенной влаги и водопотребление растений / И.И. Судницын. – М. : Изд-во МГУ, 1979. – 254 с.

392. Сухарев, А.А. Обоснование способов посева озимой пшеницы по различным предшественникам и способам основной обработки почвы : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Сухарев Александр Александрович – п. Рассвет, 2010. – 21 с.
393. Танчик, С.П. Отвальная обработка под кукурузу предпочтительнее плоскорезной / С.П. Танчик // Земледелие. – 1988. – № 4. – С. 33–35.
394. Тарарико, А.Г. Интенсивные технологии в системе почвозащитного земледелия / А.Г. Тарарико // Бюл. ВИУА – 1988. – Т. 91. – С. 28–30.
395. Тарарико, А.Г. Теоретические основы почвоводоохранных систем земледелия и реализации их в производстве // Вестн. аграр. науки. – 1991. – № 10. – С. 11–15.
396. Тарасенко, Б.И. Обработка почвы / Б.И. Тарасенко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Краснодар, 1987. – 175 с.
397. Тарасенко, Б.И. Обработка почвы / Б.И. Тарасенко. – Краснодар : Кн. изд-во, 1975. – 174 с.
398. Тарасенко, Б.И. Повышение плодородия почв Кубани: некоторые вопросы физики почв Краснодарского края в связи с их сельскохозяйственным использованием / Б.И. Тарасенко. – 2-е доп. и испр. изд. – Краснодар : Краснод. кн. изд-во, 1981. – 188 с.
399. Тарасенко, Б.И. Система обработки почвы под кукурузу / Б.И. Тарасенко. – Краснодар : Кн. изд-во, 1969. – 80 с.
400. Тарасенко, Б.И. Условия роста и развития озимой пшеницы по разным предшественникам и приемам обработки почвы на Кубани : автореф. дис. канд. с.-х. наук / Тарасенко Б.И. – Краснодар, 1960. – 17 с.
401. Тарчоков, Х.Ш. Ресурсосберегающие технологии – в аграрный сектор Кабардино-Балкарии / Х.Ш. Тарчоков. – Нальчик, 2009. – 19 с.
402. Технологии возделывания зерновых колосовых культур в Ставропольском крае : рекомендации / сост. В.Ф. Гаркуша– Ставрополь ; Зерноград, 2000. – 71 с.

403. Тивиков, А.И. Продуктивность основных звеньев зернопропашного севооборота на выщелоченном черноземе : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Тивиков Андрей Иванович. – Ставрополь, 2006. – 23 с.
404. Тимирязев, К.А. Земледелие и физиология растений / К.А. Тимирязев. – М. : Сельхозгиз, 1957. – 326 с.
405. Титов, А.Х. Плоскорезная на Дону / А.Х. Титов // Земледелие. – 1988. – № 4. – С. 53–55.
406. Токарев, В.А. Методические рекомендации по топливно-энергетической оценке сельскохозяйственной техники, технологических процессов и технологий в растениеводстве / В.А. Токарев и др. – М. : ВИМ, 1989. – 60 с.
407. Топчиенко, В.А. Сравнительная энергетическая оценка рабочих органов для основной обработки почвы / В.А. Топчиенко, Р.А. Салыхов, С.С. Радышевский // Почвообрабатывающие машины и динамика агрегатов : сб. науч. тр. – Челябинск : ЧИМЭСХ, 1983. – С. 49–53.
408. Торгашева, А.П. Способы обработки почвы под озимую пшеницу после кукурузы, убранной на силос / А.П. Торгашева, М.А. Холостых // Теоретические и практические вопросы обработки почвы : тр. первой науч.-произв. конф. центр. зоны Сев. Кавказа. – М. : Россельхозиздат, 1968. – С. 139–145.
409. Торгашева, А.П. Эффективность паров, занятых зернобобовыми культурами и смесями / А.П. Торгашева // Рациональное использование пашни и совершенствование технологии возделывания основных культур : сб. ст. – Ставрополь, 1977. – С. 54–65.
410. Трушин, В.Ф. Бесплужная обработка оподзоленного чернозема на Среднем Урале / В.Ф. Трушин, Э.Ф. Крылов // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. – М., 1990. – С. 84–92.
411. Тулайков, Н.М. Система агротехники в засушливом Поволжье // Агротехника высоких урожаев. – 1937. – С. 97–108.

412. Узел крепления стойки рабочего органа культиватора : пат. 2431247 Рос. Федерация / Кузыченко Ю.А. ; заявитель и патентообладатель ГНУ Ставропольский НИИСХ. – №2010105475/21 ; заявл. 15.02.10 ; опубл. 20.10.11 ; Бюл. № 29. – 5 с.

413. Усманов, И.С. Чизелевание вместо вспашки / И.С. Усманов // Земледелие. – 1984. – № 8. – С. 26.

414. Устройство для внесения жидких удобрений в почву : пат. 2421973 Рос. Федерация / Кузыченко Ю.А. ; заявитель и патентообладатель ГНУ Ставропольский НИИСХ. – № 2009137926/21 ; заявл. 13.10.2009 ; опубл. 27.06.11, Бюл. № 18. – 7 с.

415. Федосеев, А.П. Справочник агронома по сельскохозяйственной метеорологии / А.П. Федосеев, В.М. Пасов. – Л. : Гидрометеиздат, 1986. – 526 с.

416. Федотов, А.А Повышение эффективности чистого пара в засушливой части Ставрополя / А.А Федотов // Проблема научного обеспечения АПК Ставропольского края : материалы 5-й науч. конф., Ставрополь, янв. 1990 г. – Ставрополь : Ставроп. НИИСХ, 1990. – С.175–179.

417. Федотова, Н.И. Безотвальная обработка почвы в засушливой зоне Ставрополя / Н.И. Федотова // Тез. докл. зон. науч. конф. СНИИСХ. – Ставрополь : Ставроп. кн. изд-во, 1972. – Ч. 2. – С. 28–30.

418. Федотова, Н.И. Влияние предшественников на влагообеспеченность озимой пшеницы в засушливой зоне Ставрополя / Н.И. Федотова // Материалы науч.-метод. конференции СНИИСХ. – Ставрополь : Ставроп. кн. изд-во, 1968. – Ч. 1. – С. 55–58.

419. Федотова, Н.И. Теоретические основы сухого земледелия / Н.И. Федотова // Материалы юбилейной науч.-практ. конф., посв. 50-летию Ставропольского НИИСХ : тез. докл. – Ставрополь, 1982. – С. 223–225.

420. Фисюнов, А.Ф. Влияние почвозащитных способов обработки на агрофизические свойства черноземных почв и урожай озимой пшеницы /

А.Ф. Фисюнов, В.Н. Дьяченко // Вестн. с.-х. науки. – 1982. – № 11. – С. 34–43.

421. Фрагин, А.Г. Зависимость структурно-функциональных свойств почвы от способов ее обработки / А.Г. Фрагин, С.А. Шульга // Научн. техн. бюл. ВНИИЗПЭ. – Курск, 1985. – Вып. 2. – С. 46–50.

422. Францессон, В.А. Вопросы структуры и сохранения плодородия вновь освоенных черноземных почв Северного Казахстана и Западной Сибири / В.А. Францессон, А.В. Герасимова // Земледелие. – 1959. – № 3. – С. 40–49.

423. Фридрих, Т. Мировой опыт применения no-till / Т. Фридрих, Р. Депш // Ресурсосберегающее земледелие. – 2010. – № 2 (6). – С. 7–11.

424. Хабатов, Р.Ш. Теоретические предпосылки и алгоритмы проектирования технологий и комплексов сельскохозяйственных машин и оценка их эффективности / Р.Ш. Хабатов, М.В. Вуколов // Изв. Тимирязев. с.-х.акад. – 2001. – № 3. – С. 183–188.

425. Хабатов, Р.Ш. Эксплуатация машинно-тракторного парка. – М. : МСХА, 1993. – 107 с.

426. Хабибрахманов, Х.Х. Изучение способов основной обработки почвы при биологизации земледелия [Под озимую рожь] / Х.Х Хабибрахманов, Р.Р. Нигматзянов // Актуальные вопросы развития аграрной науки. – Казань, 2003. – С. 48–49.

427. Холмов, В.Г. Особенности обработки почвы под яровую пшеницу на черноземах лесостепи Западной Сибири / В.Г. Холмов, Л.В. Юшкевич // Земледелие. – 2010. – № 2. – С. 26–28.

428. Хоменко, М.С. Для почвозащитной обработки / М.С. Хоменко // Агропром Украины. – 1990. – Т. 11. – С. 56–59.

429. Храмцов, Л.И. К концепции ландшафтного земледелия / Л.И. Храмцов // Земледелие. – 1996. – № 1. – С. 13–16.

430. Хробостов, С.Н. Эксплуатация машинно-тракторного парка / С.Н. Хробостов. – Изд. 2-е и доп. – М. : Колос, 1973 – 607 с.

431. Циков, В.С. Борьба с сорняками при почвозащитных технологиях / В.С. Циков, Л.А. Матюха, М.С. Шевченко // Земледелие. – 1988. – № 3. – С. 54–56.
432. Цукуров, А.М. Теоретическая основа экологической совместимости колесных машин с почвой : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Цукуров Алексей Михайлович. – Ростов н/Д, 1992. – 46 с.
433. Червет, А. Почвенная влага: прямой посев или вспашка? / А. Червет // Ресурсосберегающее земледелие. – 2010. – № 3 (7). – С. 17–21.
434. Чернов, А.Я. Биология, технология, урожай озимой пшеницы в Ставропольском крае / А.Я. Чернов, Н.А. Квасов. – Ставрополь : [Ставроп. НИИСХ], 2005. – 128 с.
435. Чернов, А.Я. Проблемы энергосбережения / А.Я. Чернов // Основы систем земледелия Ставрополья. – Ставрополь : АГРУС, 2005. – С. 192–201.
436. Чернышов, В.А. Обработка почвы в нечерноземной полосе / В.А. Чернышов. – М. : Россельхозиздат, 1971. – 96 с.
437. Чизельная обработка почвы под подсолнечник / А.А. Якунин и др. // Масличные культуры. – 1987. – № 4. – С. 26–27.
438. Чуданов, И.А. Ресурсосберегающие системы обработки почвы в Среднем Поволжье / И.А. Чуданов. – Самара, 2006. – 236 с.
439. Шевченко, С.Н. Научные основы современных технологических комплексов возделывания яровой мягкой пшеницы в Среднем Заволжье / С.Н. Шевченко, В.А. Корчагин. – М. : Ред. журн. «Достижения науки и техники АПК», 2006. – 283 с.
440. Шептухов, В.Н. Экологические проблемы при минимизации технологий возделывания сельскохозяйственных культур / В.Н. Шептухов, Р.М. Гафуров // Итоги науч. исслед. сотрудников ГУЗа в 2001 г. – М., 2002. – Т. 2. – С. 416–424.
441. Шиянов, К.В. Влияние обработки почвы и типов севооборотов на продуктивность зерновых культур и их засоренность в условиях светлокаштановых почв Волгоградской области : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Шиянов Константин Владимирович. – Волгоград, 2010. – 23 с.

442. Шлыков, В.И. Основная обработка почвы под 2-ю озимую пшеницу в звене занятого пара в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Шлыков В.И. – Немчиновка, 1986. – 16 с.
443. Шлычков, Ф.А. Чизельная обработка почвы / Ф.А. Шлычков // Земледелие. – 1987. – № 10. – С. 62–63.
444. Шульмейстер, К.Г. Борьба с засухой и урожаем / К.Г. Шульмейстер. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромизат, 1988. – 262 с.
445. Энергосберегающие, почвозащитные системы земледелия Ставропольского края : рекомендации / В. И. Трухачев [и др.] ; под общ. ред. В.И. Трухачева. – Ставрополь : АГРУС, 2007. – 63 с.
446. Эффективность отдельных видов минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры для почв Российской Федерации: нормативы. – М. : Росинформагротех, 2003. – 387 с.
447. Эффективные способы и приемы обработки почвы под гибриды кукурузы в Ставропольском крае : рекомендации / В.С. Сотченко, В.Н. Багринцева и др. – Пятигорск, 2012. – 20 с.
448. Юдкин, В.В. Определение удельного сопротивления плоскореза-глубококорыхлителя с рабочими органами в форме прямого и обратного клина / В.В. Юдкин, Ю.П. Гуляев // Улучшение эксплуатации маш.-тракт. парка. – Саратов, 1996. – С. 59–71.
449. Юдкин, В.В. Тяговое сопротивление плоскорезов-глубококорыхлителей и некоторые пути его снижения / В.В. Юдкин, В.М. Бойков // Сб. науч. тр. Саратовский СХИ. – 1978. – Вып. 112. – С. 36–41.
450. Яковлев, В.Х. Плотность почвы и урожайность кормовых культур / В.Х. Яковлев, В.П. Непейвода // Кормопроизводство. – 2006. – № 4. – С. 21–23.
451. Яровенко, В.В. Плодородие почвы и урожайность озимых культур при длительной почвозащитной технологии обработки / В.В. Яровенко, В.И. Бодня // Степове землеробство. – 1991. – Вип. 25. – С. 39–43.

452. Ali, L. H.M. Comparative use of molaboard and chisel plow on wheat yield and weed density in Iraq / L. Ali // *Agr. Mechan in Asia, Africa, America.* – 1985 – № 1. – P. 29–30.
453. Boissongtier, D. Le paraplow, quel avenir / D. Boissongtier, P. Bartelemy // *Cultivar.* – 1985. – P. 81–83.
454. Braim, M.A. Preliminary investigation of the response of a spring Harlequin (*Hordeum sativum*) to soil cultivation with the «Paraplow» / M.A. Braim, D. R. Hodson // *Soil and tillage research.* – 1984. – P. 277–293.
455. Dekkers, W A. Energy production and use in agriculture / W A. Dekkers // *Netherlands Journal of Agricultural Science.* – 1974. – V. 22.
456. Khan, A.R. Physical properties of soil aggregates under tillage / A.R Khan, R.K.Sinha, S.S Qureshi // *Beitr. trop. Landwirtschaft. Veter. Mod.* – 1984. – № 2. – S. 141–144.
457. Lee, L.K. Land use and soil loss: A 1982 update / L.K. Lee // *Journal of Soil and Water Conservation.* – 1984. – № 4, v. 39. – P. 226–229.
458. Larson, W. Tillage accomplishments and potential / W. Larson, G. Osborne // *Predicting Tillage Effects.* – 1982. – P. 1–11.
459. Pimentel, D. Food Production and the energy crisis / D. Pimentel // *Science.* – 1973. – V. 182. – P. 443.
460. Radial tractor Tires Advantageous // *Idaho Farmer-Stoskman.* – 1981. – № 10, v. 99. – P. 76.
461. Soucek, R. Kinematische und energetische Betrachtung zu aktiv und passiv rollenden Wekksaugen / R. Soucek // *Wissenschaft zu Technik. Dresden.* – 1984. – № 3. – S. 119–121.
462. Stanafield, I. R. Fuel in British Agriculture / I. R. Stanafield. – N.I.A.E. Publication, 1973.
463. Schafer, R. Changing soil condition – the soil dynamics of tillage / R. Schafer, C. Johnson // *Predicting Tillage Effects.* – 1982. – P. 13–28.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Математическая обработка экспериментальных данных таблицы 27

Результаты дисперсионного анализа данных (горох + овёс)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	35021,131	20	—	—	—
Повторений, C_p	2335,875	2	—	—	—
Вариантов, C_v	22308,984	6	3718,164	4,3	3,0
Остатка (ошибки), C_z	10376,272	12	864,689	—	—

$t_{0,05}$ - критерий Стьюдента - 2,18; ошибка разности средних -16,97 ц/га; НСР_{0,05} - 37,0 ц/га.

Результаты дисперсионного анализа данных (озимая пшеница)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	321,948	20	—	—	—
Повторений, C_p	11,304	2	—	—	—
Вариантов, C_v	273,930	6	45,655	14,92	3,0
Остатка (ошибки), C_z	36,714	12	3,060	—	—

$t_{0,05}$ - критерий Стьюдента - 2,18; ошибка разности средних - 0,96 ц/га; НСР_{0,05} - 2,09 ц/га.

Результаты дисперсионного анализа данных (озимая пшеница)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	552,663	20	—	—	—
Повторений, C_p	12,744	2	—	—	—
Вариантов, C_v	499,848	6	83,308	24,95	3,0
Остатка (ошибки), C_z	40,071	12	3,339	—	—

$t_{0,05}$ - критерий Стьюдента - 2,18; ошибка разности средних - 1,01 ц/га; НСР_{0,05} - 2,21 ц/га.

Результаты дисперсионного анализа данных (кукуруза на 3/м)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	64492,104	20	—	—	—
Повторений, C_p	462,679	2	—	—	—
Вариантов, C_v	56753,354	6	9458,892	15,6	3,0
Остатка (ошибки), C_z	7276,071	12	606,339	—	—

$t_{0,05}$ - критерий Стьюдента - 2,18; ошибка разности средних - 13,8 ц/га; $НСР_{0,05}$ - 29,9 ц/га.

Результаты дисперсионного анализа данных (озимый ячмень)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	629,647	20	—	—	—
Повторений, C_p	14,164	2	—	—	—
Вариантов, C_v	567,937	5	94,656	23,89	3,0
Остатка (ошибки), C_z	47,546	12	3,962	—	—

$t_{0,05}$ — критерий Стьюдента - 2,18; ошибка разности средних - 1,1 ц/га; $НСР_{0,05}$ - 2,39 ц/га.

Результаты дисперсионного анализа данных
(по севообороту ц з.е./га)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	909,8885	34	—	—	—
Повторений, C_p	760,0154	4	—	—	—
Вариантов, C_v	119,1744	6	19,86211	15,648	2,51
Остатка (ошибки), C_z	30,6953	24	1,27444	—	—

$t_{0,05}$ - критерий Стьюдента - 2,06; ошибка разности средних - 0,72 ц/га; $НСР_{0,05}$ - 1,49 ц/га.

Математическая обработка экспериментальных данных таблицы 33

Результаты дисперсионного анализа данных

(озимая пшеница – кукуруза на 3/м)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	126,560	8	–	–	–
Повторений, C_p	11,776	2	–	–	–
Вариантов, C_v	101,792	2	50,896	15,669	6,94
Остатка (ошибки), C_z	12,992	4	3,248	–	–

$t_{0,05}$ - критерий Стьюдента - 2,78; ошибка разности средних - 0,897 ц/га; $НСР_{0,05}$ - 2,49 ц/га.

Результаты дисперсионного анализа данных

(кукуруза на 3/м – озимая пшеница)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	12278,142	8	–	–	–
Повторений, C_p	799,647	2	–	–	–
Вариантов, C_v	9023,202	2	4511,601	7,35	6,94
Остатка (ошибки), C_z	2455,293	4	613,823	–	–

$t_{0,05}$ - критерий Стьюдента - 2,78; ошибка разности средних - 12,34 ц/га; $НСР_{0,05}$ - 34,3 ц/га.

Математическая обработка экспериментальных данных таблицы 44

Результаты дисперсионного анализа данных (озимая пшеница)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	36,6324	8	—	—	—
Повторений, C_p	1,08	2	—	—	—
Вариантов, C_v	32,4324	2	16,2162	20,79	6,94
Остатка (ошибки), C_z	3,12	4	0,78	—	—

$t_{0,05}$ - критерий Стьюдента - 2,78; ошибка разности средних - 0,44 ц/га; НСР_{0,05} - 1,22 ц/га.

Результаты дисперсионного анализа данных (подсолнечник)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	29,6041	8			—
Повторений, C_p	0,982	2			—
Вариантов, C_v	25,9371	2	12,9685	19,35	6,94
Остатка (ошибки), C_z	2,685	4	0,67		—

$t_{0,05}$ - критерий Стьюдента - 2,78; ошибка разности средних - 0,40 ц/га; НСР_{0,05} - 1,13 ц/га.

Математическая обработка экспериментальных данных таблицы 53

Результаты дисперсионного анализа данных (озимый рапс)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	44,3387	8	—	—	—
Повторений, C_p	2,289	2	—	—	—
Вариантов, C_v	37,3117	2	18,6559	15,75	6,94
Остатка (ошибки), C_z	4,738	4	1,184	—	—

$t_{0,05}$ - критерий Стьюдента - 2,78; ошибка разности средних - 0,54 ц/га; $НСР_{0,05}$ - 1,51 ц/га.

Результаты дисперсионного анализа данных (2-я озимая пшеница)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	340,0534	8	—	—	—
Повторений, C_p	2,777	2	—	—	—
Вариантов, C_v	325,9584	2	162,9792	57,60	6,94
Остатка (ошибки), C_z	11,318	4	2,8295	—	—

$t_{0,05}$ - критерий Стьюдента - 2,78; ошибка разности средних - 0,827 ц/га ; $НСР_{0,05}$ - 2,3 ц/га.

Результаты дисперсионного анализа данных (подсолнечник)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	24,9693	8	—	—	—
Повторений, C_p	2,602	2	—	—	—
Вариантов, C_v	17,4023	2	8,7012	7,01	6,94
Остатка (ошибки), C_z	4,965	4	1,2412	—	—

$t_{0,05}$ - критерий Стьюдента - 2,78; ошибка разности средних - 0,55 ц/га; $НСР_{0,05}$ - 1,54 ц/га.

Математическая обработка экспериментальных данных таблицы 58

Результаты дисперсионного анализа данных (черный пар)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	104,3041	14	—	—	—
Повторений, C_p	0,222	2	—	—	—
Вариантов, C_v	95,2541	4	23,8135	21,58	3,84
Остатка (ошибки), C_z	8,828	8	1,1035	—	—

$t_{0,05}$ - критерий Стьюдента - 2,31; ошибка разности средних - 0,86 ц/га; $НСР_{0,05}$ - 2,0 ц/га.

Результаты дисперсионного анализа данных (ранний пар)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	96,601	14	—	—	—
Повторений, C_p	1,447	2	—	—	—
Вариантов, C_v	88,263	4	22,0657	22,37	3,84
Остатка (ошибки), C_z	7,891	8	0,9864	—	—

$t_{0,05}$ - критерий Стьюдента - 2,31; ошибка разности средних - 0,66 ц/га; $НСР_{0,05}$ - 1,52 ц/га.

Результаты дисперсионного анализа данных (озимая пшеница)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	98,7088	14	—	—	—
Повторений, C_p	1,44	2	—	—	—
Вариантов, C_v	87,4138	4	21,8535	17,74	3,84
Остатка (ошибки), C_z	9,855	8	1,2319	—	—

$t_{0,05}$ - критерий Стьюдента - 2,31; ошибка разности средних - 0,74 ц/га; $НСР_{0,05}$ - 1,7 ц/га.

Результаты дисперсионного анализа данных (яровой ячмень)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	176,8998	14	—	—	—
Повторений, C_p	2,672	2	—	—	—
Вариантов, C_v	164,2918	4	41,0729	33,07	3,84
Остатка (ошибки), C_z	9,936	8	1,242	—	—

$t_{0,05}$ - критерий Стьюдента - 2,31; ошибка разности средних - 0,56 ц/га; $НСР_{0,05}$ - 1,29 ц/га.

Математическая обработка экспериментальных данных таблицы 63

Результаты дисперсионного анализа данных (кукуруза на зерно)

Дисперсия	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (S^2)	$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$
Общая, C_y	154,9124	8	–	–	–
Повторений, C_p	1,76	2	–	–	–
Вариантов, C_v	147,6324	2	73,8162	53,49	6,94
Остатка (ошибки), C_z	5,52	4	1,38	–	–

$t_{0,05}$ - критерий Стьюдента - 2,78; ошибка разности средних - 0,58 ц/га; $НСР_{0,05}$ - 1,61 ц/га.