

МАСЮТЕНКО МАКСИМ НИКОЛАЕВИЧ

ВЛИЯНИЕ СЕВООБОРОТОВ, СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ЭКСПОЗИЦИИ СКЛОНА НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО И УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Специальность: 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук

Работа выполнена в ГНУ Всероссийском научно-исследовательском институте земледелия и защиты почв от эрозии Россельхозакадемии.

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

член-корреспондент РАСХН

Черкасов Григорий Николаевич

Официальные оппоненты: Турусов Виктор Иванович,

доктор сельскохозяйственных наук,

член-корреспондент РАСХН

ГНУ Воронежский НИИ сельского хозяйства

Россельхозакадемии,

исполняющий обязанности директора института

Беседин Николай Васильевич,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ «Курская сельскохозяйственная академия имени профессора И.И. Иванова», заведующий кафедрой почвоведения, общего земледелия и

растениеводства

Ведущая организация: Государственное научное учреждение

Белгородский научно-исследовательский

институт сельского хозяйства

Россельхозакалемии

Защита диссертации состоится «03» октября 2014 г. в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д. 006.065.01 при Государственном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы имени А.Л. Мазлумова» Россельхозакадемии по адресу: Воронежская область, Рамонский район, ВНИИСС, д. 86; тел/факс (47340) 5-33-26; E-mail: dissovetvniiss@mail.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ ВНИИСС и на сайте www.gnuvniiss.narod.ru. Автореферат разослан «15» августа 2014 г., размещен на сайте http://gnuvniiss.narod.ru «8» июля 2014 г., на сайте ВАК Минобрнауки РФ http://vak2.ed.gov.ru «15» июля 2014 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных гербовой печатью, просим направлять ученому секретарю диссертационного совета.

Ученый секретарь диссертационного совета

Menny

Минакова Ольга Александровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Длительное нерациональное сельскохозяйственное использование чернозёмов способствует ухудшению их агрофизического и биологического состояния. Это связано с увеличением на почву антропогенной нагрузки, переуплотнением ее сельскохозяйственной техникой, снижением содержания в ней органического вещества, высоким насыщением севооборотов пропашными культурами, развитием эрозионных процессов. Для восстановления плодородия черноземов необходимо улучшение агрофизических и биологических свойств почвы. Физические свойства почвы играют важную роль в её плодородии, определяют устойчивость почв к деградации и имеют важное значение для земледелия (В.Р. Вильямс, 1948; Саввинов Н.Н., 1931; Н.А. Качинский, 1965; А.Д. Воронин, 1986; Шеин Е.В., Милановский Е.Ю. 2001; В.В. Медведев, 2006 и др.). Механической обработкой изменяются физические, физико-химические свойства и биологические процессы в почве.

Микробная биомасса является важным живым компонентом почвы и лабильной частью почвенного органического вещества (А.М. Полянский, Д.Г. Звягинцев, 2004; Л.М. Полянская, Д.Г. Звягинцев, 2005; McGrath et al., 1995; Dahlin, 1997; Chander et al., 2001; O. Dilly, 2006; Chaer G.M. et al., 2009 и др.), играет важную роль в образовании почвенных агрегатов. Интегральным показателем биологической активности почвы является выделение из неё углекислого газа, характеризующее интенсивность процессов минерализации органического вещества под действием природных и антропогенных факторов, а также поступление углекислоты в атмосферу. Выделение CO_2 из почвы в агроэкосистемах и потери органического вещества из почвы в зависимости от различных факторов изучены недостаточно (Семенов В.М., Иванникова Л.А. и др., 2008; Нагорная О.В, 2006; Ларионова А.А., Курганова И.Н. и др., 2010; Чимитдоржиева Э.О., Чимитдоржиева Г.Д., 2010; Каганов В.В., Курганова И.Н., 2011).

Комплексных исследований изменения агрофизического состояния и биологических свойств черноземных почв ЦЧЗ под влиянием обработки почвы, севооборотов, экспозиции склона последние 20 лет практически не проводилось. Для регулирования агрофизических и биологических свойств чернозёмов в целях улучшения условий возделывания сельскохозяйственных на Средне-Русской возвышенности и рационального природопользования необходимо изучение влияния на них агрогенных факторов (системы обработки почвы, вида севооборота) в зависимости от экспозиции склона.

Цель и задачи исследований. Целью исследований является установление закономерностей влияния севооборотов, систем обработки почвы на агрофизические и биологические свойства чернозема типичного ЦЧР и урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от экспозиции склона.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1. Исследовать влияние систем обработки, вида севооборота и экспозиции склона на сезонную динамику влажности почвы, запасы продуктивной влаги.
- 2. Выявить особенности структурно-агрегатного состава пахотного и подпахотного слоя чернозёма типичного, изменения его твердости в зависимости от систем обработки, вида севооборота и экспозиции склона.
- 3. Изучить влияние систем обработки и вида севооборота на содержание микробной биомассы в агрономически ценных агрегатах 3-1 мм чернозема типичного в зависимости от экспозиции склона.
- 4. Установить характер и степень связи почвенных условий с интенсивностью эмиссии CO_2 из чернозема типичного и особенности её динамики в зависимости от экспозиции склона, вида севооборота и систем обработки почвы.
- 5. Оценить потоки углекислого газа в атмосферу за вегетационный период и установить потери углерода из органического вещества почвы. Разработать методы определения показателя потери органического вещества почвы по эмиссии CO₂ из почвы и экологической устойчивости почвы и агроландшафта.

- 6. Исследовать влияние систем обработки, вида севооборота и экспозиции склона на плодородие чернозема типичного и урожайность сельскохозяйственных культур.
- 7. Оценить эффективность возделывания сельскохозяйственных культур в зависимости от изучаемых факторов.

Научная новизна. На основе проведённых комплексных исследований в многофакторном полевом стационарном опыте впервые в условиях ЦЧР установлены особенности и закономерности длительного влияния (7 ротаций четырехпольных севооборотов) вида севооборота, системы обработки почвы, экспозиции склона на агрофизические и биологические свойства почвы. Впервые в агрономически ценных агрегатах 3-1 мм чернозема типичного выявлено повышенное (в 1,7-2,1 раза) содержание углерода микробной биомассы по сравнению с общим образцом почвы, особенно при безотвальной обработке в зернопаропропашном севообороте на водораздельном плато и северном склоне.

Впервые на основе изучения эмиссии CO_2 из почвы количественно оценены потери углерода из органического вещества чернозема типичного за вегетационный период в зависимости от системы обработки, вида севооборота и экспозиции склона.

Впервые разработаны и апробированы методы определения интенсивности потери органического вещества почвы по эмиссии CO_2 и оценки экологической устойчивости почвы и агроландшафта. Разработана шкала оценки экологической устойчивости почвы и агроландшафта. Выявлены особенности интенсивности потери органического вещества чернозема типичного в зависимости от изучаемых факторов за вегетационный период. Установлена прямая и тесная связь между выделением CO_2 из чернозёма типичного и содержанием в нём микробной биомассы, обратная и тесная - с твердостью почвы.

Практическая значимость работы. Результаты проведённых исследований рекомендуется использовать при разработке теоретических и практических основ регулирования агрофизических и биологических свойств почвы чернозёмов в зависимости от агрогенных факторов (систем обработки почвы, вида севооборота) и экспозиции склона в целях улучшения условий возделывания сельскохозяйственных культур, повышения их урожая и рационального природопользования.

Данные, полученные в ходе исследования, рекомендуется использовать при оценке потоков эмиссии диоксида углерода из чернозема типичного в зернопаропропашном и зернотравяном севооборотах, при отвальной и безотвальной системах обработки почвы, на различных экспозициях склона и при составлении их математических моделей на территории Курской области и ЦЧР.

Разработанный автором метод определения интенсивности потери органического вещества почвы по эмиссии CO_2 из почвы можно использовать для оценки влияния различных систем земледелия или его элементов, агротехнических приемов и агротехнологий на гумусное состояние почвы.

Метод оценки экологической устойчивости почвы и агроландшафта, разработанный автором в соавторстве (Масютенко Н.П., Масютенко М.Н., 2013), включен в «Систему оценки устойчивости агроландшафтов для формирования сбалансированных агроландшафтов» (2013, с. 33-36).

Методология и методы исследования. В работе использовали системный подход и следующие современные методы исследования: многолетнего многофакторного полевого стационарного опыта, почвенно-режимных наблюдений агрофизических, биологических и агрохимических свойств почвы, учета урожая сельскохозяйственных культур, применяемые в земледелии, растениеводстве и почвоведении.

Положения, выносимые на защиту:

- 1. Установлены особенности динамики продуктивной влаги и закономерности изменения структурно-агрегатного состава, твердости, плотности чернозема типичного в зависимости от систем обработки, вида севооборота и экспозиции склона.
- 2. Микробная биомасса в большей степени концентрируется в агрономически ценных почвенных фракциях диаметром 3-1 мм, где её в 1,5-2,1 больше, чем в общем образце поч-

вы, особенно при безотвальной системе обработки на водораздельном плато в зернопаропропашном севообороте, на северном склоне - при отвальной и безотвальной обработках в зернопаропропашном и зернотравяном севооборотах.

- 3. Объемы потоков CO_2 из почвы определяются видом севооборота, экспозицией склона и системами обработки. Интенсивность потери органического вещества почвы, определяемая по эмиссии CO_2 из почвы, является показателем влияния различных агротехнических приемов на гумусное состояние почвы. По соотношению интенсивности потери органического вещества почвы и уровня компенсации дефицита баланса гумуса оценивается экологическая устойчивость почвы и агроландшафта. Методы определения и оценки.
- 4. Содержание гумуса и щелочногидролизуемого азота в пахотном слое почвы значимо больше при безотвальной системе обработки, чем при отвальной, через 7 ротаций зернопаропропашного севооборота, а в зернотравяном севообороте больше, чем в зернопаропропашном, и наблюдается тенденция к снижению степени кислотности почвы.
- 5. Эффективность возделывания сельскохозяйственных культур зависит от вида севооборота, экспозиции склона и систем обработки почвы.

Личный вклад автора. Все этапы работы были проведены лично или при непосредственном участии автора: полевые исследования, лабораторные анализы почв, аналитические работы, анализ и интерпретация полученных результатов, их статистическая обработка, подготовка публикаций, написание текста, формулирование выводов и предложения производству.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность работы подтверждается большим объемом экспериментальных исследований, проведенных в стационарных многолетних полевых опытах, использованием широко апробированных ГОСТированных и современных методов исследования, обработкой полученных данных с использованием методов математической статистики (корреляционного, дисперсионного анализа и др.) и применением статистического пакета программного обеспечения Microsoft Excel.

Результаты диссертационной работы были представлены и получили положительную оценку на Международной научно-практической конференции (Ростов-на-Дону, 2013); Всероссийских научно-практических конференции (Курск, 2011, 2012, 2013); на научно-практических конференциях Курского отделения межрегиональной общественной организации «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева» (Курск, 2013).

Публикации результатов исследований. По результатам исследований опубликовано 9 работ, из них: 3 в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 166 страницах машинописного текста, состоит из введения, 6 глав, выводов, рекомендаций производству и НИУ, списка литературы, включающего 187 источников, в том числе 15 на иностранных языках, содержит 24 таблицы и 23 рисунка, 16 приложений.

Благодарности. Автор выражает глубочайшую признательность и благодарность научному руководителю чл.-корр. РАСХН, профессору, д.с.-х.н. Г.Н. Черкасову, коллективу лаборатории агропочвоведения ВНИИЗиЗПЭ за поддержку, помощь в работе и ценные консультации, а также благодарит сотрудников лаборатории систем земледелия и зав. опытным полем И.М. Буторина за ведение многофакторного полевого опыта.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Обзор научной литературы

В главе рассмотрены агрофизические и биологические свойства почвы как показатели плодородия почвы и факторы урожайности сельскохозяйственных культур (В.В. Докучаев,1949; Саввинов Н.Н., 1931; В.Р. Вильямс,1943, 1946; Н.А. Качинский,1965,1975; А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина, 1986; А.Д. Воронин, 1986; К.Ш. Козеев, В.К. Козин, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков, 2002 и др.). На основании данных научной литературы показано влияние вида севооборота, системы обработки, экспозиции склона на агрофизические и биологические свойства черноземных почв (Саввинов Н.Н., 1931; Медведев В.В., 1988; Алабутев В.В.,

1991; Сидоров М.И, Зезюков Н.И.,1994; В.Р. Вильямс,1943, 1946; Н.А. Качинский,1965,1975; В.И. Турусов, 1986; Булыгин С.Ю., Комарова Т.Д., 1990; Боронтов О.К.. Никульников 1996; Д.Г. Звягинцев, 1987; Л.Н. Щапова, 2004; Е.А. Сусьян, 2006; Г.И. Базарев, И.А. Завёрткин, 2008; Л.В. Помазкина и Е.В. Лубнина, 2001; Берестецкий О.А., Ермолина Л.В., 1981 и др.).

2. Объекты, условия и методика проведения исследований

Исследования проводились в 2011-2013 гг. в многофакторном полевом стационарном опыте ГНУ ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии (Медвенский район, Курская обл.), заложенном в 1984 году на чернозёме типичном на водораздельном плато, склонах северной и южной экспозиции крутизной до 3° в 7-ю ротацию четырехпольных зернопаропропашного (ЗППС) и зернотравяного (ЗТС) севооборотов при отвальной и безотвальной системах обработки, без внесения удобрений. Чередование сельскохозяйственных культур в ЗППС было следующим: ячмень (2010г.) - чистый пар (2011г.) - озимая пшеница (2012г.) – кукуруза (2013г.); в ЗТС: многолетние травы (2010г.) - многолетние травы (2011г.) - озимая пшеница (2012г.) – ячмень + многолетние травы (2013г.). Глубина обработки под кукурузу –25-28 см, а под остальные культуры севооборотов – на 20-22 см. Почва – чернозем типичный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый на карбонатных лессовидных суглинках. Предметом исследования были агрофизические, биологические свойства чернозема типичного и урожай сельскохозяйственных культур.

Территория опыта расположена на юго-западных склонах наиболее приподнятой части Среднерусской возвышенности, характеризуется расчлененным характером поверхности и умеренно-континентальным климатом.

Погодные условия в период проведения исследований различались по годам. Среднегодовая температура воздуха во все три сельскохозяйственных года (ноябрь-октябрь) была ниже среднемноголетних значений: в первый год - на 0,8°С, во второй год - на 0,36°С, в третий год - на 0,65°С. Осадков выпало за первый год исследования на 6,1 мм, за второй - на 30,7 мм, за третий — на 48,4 мм больше по сравнению с многолетними данными (545 мм). Аномальным оказался март: в первый год исследования (2011) осадков выпало меньше нормы в 12 раз, в третий (2013) - температура была почти в 2 раза выше, а осадков выпало почти в три раза больше среднемноголетней нормы. Во второй год исследования (2012) в марте, апреле и сентябре выпало осадков ниже нормы. По показателю увлажненности территории 2011 и 2012 годы были недостаточно увлажненными (ГТК=0,91-0,92), а 2013 год — оптимально увлажненный (ГТК=1,13).

Методика проведения исследований

Наблюдения, анализы и учеты проводились согласно общепринятым методикам полевых и лабораторных исследований по общему земледелию, растениеводству и почвоведению. Изучались следующие характеристики почвы.

А. Агрофизические свойства: Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом (А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина, 1986) в 3-кратной повторности через 10 см в метровом слое в мае, сентябре; а в слое 0-50 см - в июне и во время уборки урожая сельско-хозяйственных культур. Запасы продуктивной влаги определяли по разности между запасами влаги в почве и запасами влаги устойчивого завядания. Плотность почвы определяли буровым методом по Н.А. Качинскому в слоях 0-10 см, 10-20 см, 20-30 см, 30-40 см, 40-50 см, структурно-агрегатный состав почвы по методу Н.И. Саввинова (А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина, 1986; Теории и методы физики почв, 2007) в период уборки урожая в слоях 0-20 см и 20-40 см в 3-х кратной повторности. Твердость почвы определяли ежегодно твердомером (пенетрометром DICKEY-john) на глубинах 7,5 см, 15 см и 21 см в 10-кратной повторности и температуру почвы в 5-кратной повторности — электронными термометрами в мае, июне, во время уборки урожая сельскохозяйственных культур, сентябре. Оценку твердости почвы

проводили по шкале для оценки твердости (сопротивление пенетрации) почв (М.А. Мазиров, Е.В. Шеин и др., 2012).

Б. Биологические свойства: Для определения микробной биомассы регидратационным методом (С.А. Благодатский, Е.В. Благодатская, А.Ю. Горбенко, Н.С. Паников, 1987) отбирали смешанные образцы почвы из 5 точек по диагонали делянки в слоях 0-10 см, 10-20 см в период максимальной биологической активности. Микробную биомассу определяли в общем образце почвы и в агрономически ценных агрегатах 3-1 мм, которые отделяли на ситах. Выделение CO₂ из почвы определяли в полевых условиях методом адсорбции в модификации Л.О. Карпачевского (1977) с изоляторами ежемесячно в течение мая-сентября в 3-кратной повторности. При расчете потери С из органического вещества почвы учитывали микробное дыхание почвы, составляющее 2/3 от дыхания почвы (Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О. и др., 2007). На чистом пару эмиссия CO₂ из почвы равна микробному дыханию, так как корневого дыхания из-за отсутствия растений не было.

В. Агрохимические свойства почвы: Содержание гумуса определяли по методу И.В. Тюрина в модификации Б.А. Никитина со спектрофотометрическим окончанием по Д.С. Орлову и Н.М. Гриндель (Б.А. Никитин, 1972; Б.А. Никитин, 1983). Образцы почвы для определения агрохимических свойств отбирали ежегодно после уборки урожая в слоях 0-20 см и 20-40 см. Один образец составляли из 6 индивидуальных проб, отобранных по диагонали делянки. Определяли содержание общего азота — по Кьельдалю; щелочногидролизуемый азот — по методу Корнфильда; подвижные формы фосфора и калия — по методу Чирикова (ГОСТ 26204-91); обменные основания — трилонометрическим методом (Агрохимические методы исследования почв, 1975) (ГОСТ 27821-88); рН солевая и рН водная — потенциометрическим методом (Л.Н. Александрова, О.А. Найденова, 1976) (ГОСТ 26483-85).

Урожайность сельскохозяйственных культур определяли методом пробных площадок в 5-ти кратной повторности (Б.А. Доспехов, 1973).

Для обработки полученных данных применялись статистические методы анализа (Е.А. Дмитриев, 1972; Б.А. Доспехов, 1985) с использованием программных средств Microsoft Office EXCEL, STATISTICA.

3. Влияние севооборотов и систем обработки почвы на её агрофизические свойства в зависимости от экспозиции склона

3.1. Динамика влажности почвы

Проведенные исследования показали, что уровень влажности почвы, интенсивность и направленность её изменения во времени зависит от экспозиции склона, вида севооборота, системы обработки почвы и количества выпавших осадков.

В мае в слое почвы 0-50 см влажность почвы в 2011 году в чистом пару и на травах изменялась от 23 % до 27%; в 2012 году в посевах озимой пшеницы - от 17 % до 23 %; в 2013 году - от 16,8 % до 25,7 %. В слое почвы 50-100 см в 2011 влажность почвы колебалась от 23% до 27%, в 2012 г. - от 21,1% до 25,5 %; в 2013 г. - от 19,0 % до 28,3%. В июне наибольшее снижение влажности почвы в годы исследований отмечалось в ЗТС. В чистом пару наблюдалась повышенная влажность почвы в слое 0-10 см, особенно на южном склоне, а в слое 10-30 см — на северном. Влажность почвы при безотвальной обработке на южном склоне и водораздельном плато в слое 0-20 см больше, чем при отвальной, а на северном склоне наоборот.

В сентябре 2011 года в ЗППС на южном склоне и на водораздельном плато влажность почвы в слое 0-50 см возрастает, а на северном – снижается, в ЗТС уменьшается на северном и южном склонах, а на водораздельном плато изменяется незначительно. Почти на всех вариантах она в слое 0-50 см с глубиной увеличивается. В 2012 году на всех вариантах опыта наблюдается возрастание влажности почвы в слое 0-40 см. На южном (в слое 10-40 см) и северном (в слое 0-50 см) склонах влажность почвы при безотвальной обработке выше в среднем на 2,0-2,3 %, чем при отвальной.

3.1. Динамика запасов продуктивной влаги в почве

Запасы продуктивной влаги (ПВ) *в мае* в слое 0-100 см на всех вариантах были *хорошие* и *отличные*, а в слое 0-20 см – *удовлетворительные* (табл.1). *В июне* запасы ПВ в слое 0-20 см снижались. Снижение запасов ПВ в почве от мая к *июню* было наибольшим под травами в ЗТС, а в чистом пару оно было меньше. В ЗППС на водораздельном плато больше расходуется влаги при отвальной обработке, а на южном склоне - при безотвальной.

В начале *августва* запасы ПВ в слое почвы 0-20 см на изучаемых вариантах опыта в 2011 году увеличились и были *удовлетворительными* на всех экспозициях, а *неудовлетворительными* только в ЗТС на водораздельном плато. В период от июня к августу выпало свыше 100 мм осадков. Наименьшее относительное накопление ПВ отмечалось на южном склоне. Запасы ПВ при безотвальной обработке были несколько выше, чем при отвальной. В 2012 году запасы ПВ в пахотном слое стали *удовлетворительными* только на южном склоне при безотвальной обработке в ЗППС, на остальных вариантах и в 2013 г. на всех вариантах - *неудовлетворительные*. В *сентябре* запасы ПВ в слое 0-20 см стали *удовлетворительными* на всех экспозициях вариантах вследствие выпадения осадков.

В сентябре запасы ПВ в слое почвы 0-20 см были удовлетворительными в ЗППС на южном склоне и водораздельном плато, а неудовлетворительными - в ЗППС на северном склоне и в ЗТС на всех экспозициях. Запасы ПВ в слое 0-100 см чернозема типичного в ЗППС на северном склоне при безотвальной обработке и на водораздельном плато при отвальной обработке были удовлетворительными, а в ЗППС на южной экспозиции и на водораздельном плато при безотвальной обработке – отличными, на остальных вариантах - недостаточными и плохими.

Таким образом, характер и динамика запасов продуктивной влаги в черноземе типичном в 2011 (чистый пар и травы), 2012 (озимая пшеница) и 2013 (кукуруза, ячмень+травы) годах от мая к июню были идентичны - снижались, а далее различались в зависимости от экспозиции склона, вида севооборота и обработки почвы, количества выпавших осадков. Уровни же запасов продуктивной влаги в слоях 0-20 см и 0-50 см в мае-августе были в 2011 году в чистом пару в ЗППС выше, чем в 2012 году под озимой пшеницей, хотя осадков от середины мая до середины июня выпало меньше в 2011 г., чем в 2012 году в 3,5 раза и в 2013 году в 5,6 раза. Следовательно, в этот период проявилась влагосохраняющая функция чистого пара.

3.3. Особенности структурно-агрегатного состояния и плотность почвы

Структурное состояние и сложение являются интегральными показателями физического состояния почв. Проведенные исследования показали *отпичное* агрегатное состояние пахотного и подпахотного слоя чернозема типичного, сумма фракций 10-0,25 мм > 60 %. В структурно-агрегатном составе чернозема типичного в слое 0-20 см превалируют агрегаты размером 2-1 мм, на втором месте фракции 3-2 мм и 3-5 мм.

На южном и северном склонах при безотвальной обработке в ЗППС отмечена тенденция к увеличению в структурно-агрегатном составе фракции 5-2 мм по сравнению с отвальной, а также - к увеличению фракции 2-1 мм в ЗТС по сравнению с ЗППС. Оструктуренность пахотного слоя в ЗППС на всех экспозициях и в ЗТС на южном склоне меньше, чем подпахотного, а в ЗТС на северном склоне и водораздельном плато примерно одинаково. При безотвальной обработке на северном склоне в ЗППС она возрастает по сравнению с подпахотным. Наибольшая оструктуренность пахотного слоя почвы отмечена на северном склоне.

Отпичная водоустойчивость почвы (табл.2) выявлена в ЗТС с отвальной обработкой вне зависимости от экспозиции в пахотном и подпахотном слоях почвы, хорошая - в ЗППС на водораздельном плато и северном склоне, а также на южном склоне при безотвальной обработке, удовлетворительная - на южном склоне при при отвальной обработке в слое 0-20 см. Установлено, что средневзвешенный диаметр водоустойчивых агрегатов в слое 0-20 см чернозема типичного в 1,2-1,6 раза при безотвальной обработке больше, чем при отвальной,

Таблица 1 - Запасы продуктивной влаги в черноземе типичном в 2011-213 годах в зависимости от системы обработки почвы, вида севооборота и экспозиции склона (мм)

Вариант	Годы	Глу-	(экспозиц				экспозици	ІЯ	Водораздельное плато			
_		бина,	май	июнь	август	сен-	май	июнь	август	сен-	май	июнь	август	сен-
		СМ			-	тябрь			-	тябрь				тябрь
Зернопаропро-	2011	0-20	26	20	24	19	32	21	24	32	34	17	25	21
пашной	2011	0-50	72	60	59	34	87	59	66	92	91	56	75	67
севооборот,	2012	0-20	22	14	13	31	21	12	16	31	20	10	13	33
отвальная	2012	0-50	67	31	30	72	55	29	42	75	51	22	29	73
обработка	2013	0-20	34	18	20	38	33	22	16	21	28	17	12	33
	2013	0-50	93	62	67	90	86	62	45	45	80	35	30	74
Зернопаропро-	2011	0-20	27	20	25	14	37	21	24	32	31	18	25	24
пашной	2011	0-50	78	52	62	43	101	63	83	81	84	48	71	76
севооборот,	2012	0-20	24	17	16	35	22	9	31	31	21	4	16	32
безотвальная		0-50	71	38	36	87	63	24	74	83	55	24	36	84
обработка	2013	0-20	29	14	17	36	31	17	16	31	29	11	18	33
		0-50	96	39	47	47	84	50	48	48	84	86	47	106
Зернотравяной	2011	0-20	29	10	26	16	32	13	20	7	32	6	15	7
севооборот, от-		0-50	78	31	50	46	92	44	39	25	90	22	28	23
вальная	2012	0-20	12	18	31	19	4	14	30	17	25	16	29	12
обработка		0-50	26	40	79	68	16	29	73	53	56	37	65	26
	2013	0-20	29	5	18	31	18	5	14	40	17	9	16	29
	2013	0-50	86	22	39	76	63	23	29	74	51	23	36	64
	2011	0-20						0,6	8 -1,19					
	2011	0-50						1,4	12-1,83					
HCP ₀₅	2012	0-20						•	8 -1,15					
	2012	0-50							32-1,71					
	2013	0-20							8 -1,21					
	2015	0-50						1,4	18-1,94					

особенно на южном склоне и водораздельном плато. А в ЗТС он превышает таковой в ЗППС на водораздельном плато в 2,8, южном склоне - в 2,0, на северном – в 1,9 раза.

Достоверных различий по плотности почвы между вариантами опыта на водораздельном плато и северном склоне не обнаружено. На южном склоне выявлена тенденция к повышению плотности почвы в пахотном слое в ЗППС при безотвальной обработке. В пахотном слое она изменяется от 1,03 до 1,16 г/см³.

Таблица 2 - Сумма водоустойчивых агрегатов (ΣВА) в черноземе типичном в зависимости от системы обработки почвы, вида севооборота и экспозиции склона

MOCTH U	мости от системы обработки почвы, вида севобоброта и экспозиции склона									
Экспо-		Глуби-		Оценка						
зиция	Вариант	на,	ΣΒΑ , %	водоустойчиво-						
склона		CM		сти почвы						
Север-	ЗППС, отвальная обработка	0-20	44±0,75	Хорошая						
ная	эппс, отвальная обработка	20-40	63±2,01	Отличная						
	ЗППС, безотвальная обра-	0-20	47±0,73	Хорошая						
	ботка	20-40	62±2,87	Отличная						
	2TC omposit una ofinoforma	0-20	70±2,98	Отличная						
	ЗТС, отвальная обработка	20-40	66±2,54	Отличная						
Южная	кная		20+0.56	Удовлетвори-						
	ЗППС, отвальная обработка	0-20	39±0,56	тельная						
		20-40	58±2,01	Хорошая						
	ЗППС, безотвальная обра-	0-20	50±1,36	Хорошая						
	ботка	20-40	61±2,13	Отличная						
	OTC amparation of postarion	0-20	64±2,16	Отличная						
	ЗТС, отвальная обработка	20-40	52±1,95	Хорошая						
Водо-	2000 omposit nog objective	0-20	47±0,86	Хорошая						
раз-	ЗППС, отвальная обработка	20-40	52±1,86	Хорошая						
дельное	ЗППС, безотвальная обра-	0-20	57±1,95	Хорошая						
плато	ботка	20-40	58±1,84	Хорошая						
	OTC amounting afragative	0-20	66±2,04	Отличная						
	ЗТС, отвальная обработка	20-40	60±0,75	Отличная						

Обозначения: ЗППС - зернопаропропашной севооборот, ЗТС - зернотравяной севооборот

3.4. Динамика твердости почвы

Среди показателей агрофизического состояния почвы важное значение имеет твердость почвы, т.е. сопротивление её сжатию и расклиниванию, позволяющая оценить состояние почвы для проникновения в неё корней растений, сельскохозяйственных орудий и пр. (Е.В. Шеин, В.М. Гончаров, 2006), влияющая на всхожесть семян и развитие растений, определяющая водный, воздушный, и тепловой режим почвы (В.П. Горячкин, 1965). Средние значения твердости почвы за май-сентябрь в чистом пару в 2011 году в ЗППС на северном склоне и водораздельном плато при отвальной обработке выше, чем при безотвальной, а на южном склоне – наоборот. В среднем за этот период времени сложение почвы в основном рыхлое. В посевах озимой пшеницы в 2012 году средние значения твердости почвы за май-сентябрь (табл.3) свидетельствуют в основном о среднем уплотнении почвы. За указанный период времени они больше при отвальной обработке по сравнению с безотвальной на южном склоне, а на северном склоне и водораздельном плато – наоборот. В посевах кукурузы в 2013 году средние значения твердости почвы за май-август больше при отвальной обработке по сравнению с безотвальной на северном склоне, а на южном склоне и водораздельном плато – наоборот. Средние значения твердости почвы за рассматриваемый период свидетельствуют о среднем уплотнении почвы на южном склоне в ЗППС и ЗТС и водораздельном плато в ЗППС, а также на глубине 21 см на северном склоне.

Средние значения твердости почвы на северном склоне и водораздельном плато на всех изучаемых глубинах выше в ЗППС, чем в ЗТС, как в чистом пару (2011г.), так и в посевах озимой пшеницы (2012г.). На южном склоне в 2011 году их значения близки, а в 2012 году в посевах озимой пшеницы они тоже выше в ЗППС по сравнению с ЗТС, только на глубинах 15 и 21 см. В 2013 году на северном склоне средние значения твердости почвы на северном склоне выше в ЗТС, чем в ЗППС, а на южном склоне и водораздельном плато - наоборот.

Установлена высокая вариабельность твердости почвы в пространстве, которая снижается с глубиной и в посевах озимой пшеницы. Коэффициенты вариации изменяются от 8 % до 89 %. Наибольшая вариабельность твердости почвы в пространстве отмечается на глубине 7,5 см, а с глубиной уменьшается. На чистом пару средние значения твердости почвы изменялась на глубине 7,5 см от 1 до 77 фунт/дюйм², на глубине 15 см – от 5 до 118 фунт/дюйм², на глубине 21 см - от 11 до 144 фунт/дюйм², в травах, соответственно, 3-59, 3-76, 23-101 фунт/дюйм², в посевах озимой пшеницы, соответственно, в ЗППС - 20-142, 51-184, 62-206 фунт/дюйм², в 3ТС — 17-205, 38-162, 43-205 фунт/дюйм², в посевах кукурузы соответственно, в ЗППС - 1-205, 5-186, 15-195 фунт/дюйм², в 3ТС (ячмень с подсевом травы) — 7-119, 14-97, 6-149 фунт/дюйм².

Таблица 3 - Оценка динамики твердости чернозема типичного в течение мая-сентября 2012 года в зависимости от экспозиции склона,

вида обработки и севооборота

Экспо- Глубина, М в Монгорога Вида обработки и севобоброта										
				Квар, %						
		фунт/д	цюйм²							
ЗППС,	7,5			40						
отвальная				34						
обработка	21			35						
ЗППС,	7,5			43						
безотвальная		114		45						
обработка		140	54	39						
3TC,	7,5	61	32	52						
отвальная		115	60	52						
обработка	21			47						
ЗППС,	7,5			35						
безотвальная	15	128		35						
обработка		143		27						
ЗППС,				25						
отвальная				30						
обработка				37						
3TC,	7,5			47						
отвальная		77		58						
обработка				54						
ЗППС,	7,5	88		37						
отвальная				42						
обработка		149		36						
ЗППС,	7,5			33						
безотвальная			59	42						
обработка	21	158	64	40						
3TC,	7,5	146		60						
отвальная		53	26	60						
обработка	21	45	18	40						
	Вариант ЗППС, отвальная обработка ЗППС, безотвальная обработка ЗТС, отвальная обработка ЗППС, безотвальная обработка ЗППС, отвальная обработка ЗППС, отвальная обработка ЗТС, отвальная обработка ЗППС, отвальная	Вариант см ЗППС, 7,5 отвальная 15 обработка 21 ЗППС, 7,5 безотвальная 15 обработка 21 ЗТС, 7,5 отвальная 15 обработка 21 ЗППС, 7,5 отвальная 15 обработка 21 ЗППС, 7,5 безотвальная 15 обработка 21 ЗППС, 7,5 отвальная 15 обработка 21 ЗППС, 7,5	Вариант См фунт/д ЗППС, 7,5 45 отвальная 15 88 обработка 21 125 ЗППС, 7,5 75 безотвальная 15 114 обработка 21 140 ЗТС, 7,5 61 отвальная 15 115 обработка 21 145 ЗППС, 7,5 108 безотвальная 15 128 обработка 21 143 ЗППС, 7,5 75 отвальная 15 114 обработка 21 126 ЗТС, 7,5 52 отвальная 15 77 обработка 21 114 ЗППС, 7,5 88 отвальная 15 124 обработка 21 149 ЗППС, 7,5 95 обзотвальная 15 <t< td=""><td>Вариант См фунт/дюйм² ЗППС, 7,5 45 18 отвальная 15 88 30 обработка 21 125 43 ЗППС, 7,5 75 32 безотвальная 15 114 51 обработка 21 140 54 ЗТС, 7,5 61 32 отвальная 15 115 60 обработка 21 145 67 ЗППС, 7,5 108 38 безотвальная 15 128 45 обработка 21 143 38 ЗППС, 7,5 75 19 отвальная 15 114 34 обработка 21 126 46 ЗТС, 7,5 52 25 отвальная 15 77 44 обработка 21 114 62 ЗППС, 7,</td></t<>	Вариант См фунт/дюйм² ЗППС, 7,5 45 18 отвальная 15 88 30 обработка 21 125 43 ЗППС, 7,5 75 32 безотвальная 15 114 51 обработка 21 140 54 ЗТС, 7,5 61 32 отвальная 15 115 60 обработка 21 145 67 ЗППС, 7,5 108 38 безотвальная 15 128 45 обработка 21 143 38 ЗППС, 7,5 75 19 отвальная 15 114 34 обработка 21 126 46 ЗТС, 7,5 52 25 отвальная 15 77 44 обработка 21 114 62 ЗППС, 7,						

Обозначения: 3ППС - зернопаропропашной севооборот, 3ТС - зернотравяной севооборот, М - среднее арифметическое, среднее из 10 значений; δ - стандартное отклонение; Квар - коэффициент вариации.

Проведена оценка варьирования твердости почвы во времени. В 2011 году варьирование твердости почвы во времени составляло на глубине 7,5 см 62-127%, 15 см -30-68%,

21 см - 26-80 %. В 2012 году оно снизилось, хотя её величины увеличились (табл.3). В 2013 году варьирование твердости почвы во времени увеличилось на глубине 7,5 см до 8-124 %, 15 см - до 28-83 %, 21 см - до 39-90 %, хотя её величины снизились.

4. Влияние севооборотов и систем обработки почвы на биологические свойства чернозема типичного в зависимости от экспозиции склона

4.1. Содержание микробной биомассы в черноземе типичном

Согласно современным представлениям в процессе образования почвенных агрегатов принимает участие и живая фаза почвы, в том числе и микроорганизмы (Ф.Ю. Гельцер, 1940; Е.Н. Мишустин, 1941; Е.Н. Мишустин, О.И. Пушкинская, 1942; Д.Г. Звягинцев, 1978; Н.Б. Наумова,1989; Marsall K.C.,1968 и др.). Исследованиями установлено (рис.1), что в агрономически ценных агрегатах размером 3-1 мм, преобладающих в структурно-агрегатном составе чернозема типичного, содержание углерода микробной биомассы больше (742-1280 мг/кг), чем в общем образце почвы (515-848 мг/кг), что подтверждает активное участие микроорганизмов в образовании именно данных агрегатов.

Значимые различия отмечаются в ЗППС при безотвальной обработке на водораздельном плато и северном склоне (разница составляет 110 и 70 %), при отвальной - на северном и южном склоне (разница составляет 90 и 50 %). В ЗТС значимые различия по содержанию микробной биомассы в почве выявлены только на северном склоне и составляют 83 %.

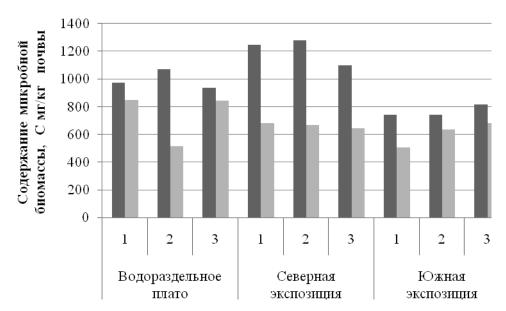


Рис.1. Содержание микробной биомассы (С мг/кг почвы) в агрегатах 3-1 мм (левый столбик) чернозёма типичного и в общем образце почвы (правый столбик) (Обозначения: 1- зернопаропропашной севооборот, отвальная система обработки; 2 - зернопаропропашной севооборот, безотвальная система обработки; 3 - зернотравяной севооборот, отвальная система обработки)

Выявлено, что содержание микробной биомассы в почвенных агрегатах диаметром 3-1 мм чернозема типичного в период максимальной биологической активности в течение 2011-2013 гг. значимо выше в ЗТС, чем в ЗППС на водораздельном плато и северном склоне (рис.2). При безотвальной обработке по сравнению с отвальной в слое 0-10 см отмечается увеличение содержания МБ в почвенных агрегатах на водораздельном плато и северном склоне. На южной экспозиции уровень содержания МБ значимо ниже и в меньшей степени зависит от севооборота и обработки почвы. Стандартное отклонение содержания микробной биомассы в почве составляет 8-18 % от среднего арифметического.

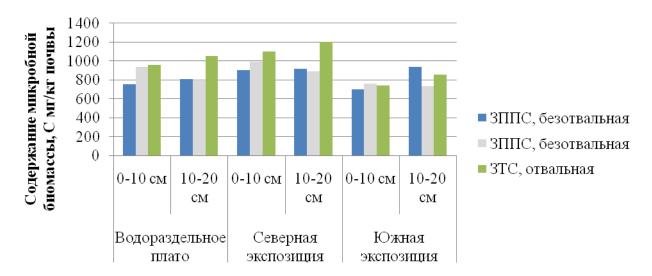


Рис.2. Среднее содержание микробной биомассы в агрегатах 3-1 мм за 2011-2013 годы чернозёма типичного в период максимальной биологической активности

4.2. Эмиссия CO₂ из почвы

Выделение углекислого газа из почвы (дыхание почвы) является интегральным показателем её биологической активности. Уровень эмиссии CO_2 из почвы характеризует, с одной стороны, поступление углекислоты в атмосферу, а с другой, интенсивность процессов минерализации органического вещества.

Исследования показали, что величины выделения СО2 из чернозема типичного в течение мая-сентября в изучаемые годы изменялись от 1,26 до 8,82 кг/час/га. Эмиссия СО2 из почвы в 2011 году на водораздельном плато снижается от мая к июлю, а к сентябрю резко увеличивается. Уровни выделения СО2 из почвы на водораздельном плато в ЗППС (чистый пар) при отвальной и безотвальной обработках близки. Значимые различия в зависимости от обработки почвы отмечены только в отдельные сроки - в мае (в 1,7 раза), сентябре (в 1,6 раза), а от вида севооборота – в сентябре (в 1.4 раза). На северном склоне в ЗППС при безотвальной обработке они идентичны таковому на водораздельном плато, только в летние месяцы на северном склоне эмиссия СО2 в 1,5-1,9 раза выше. А в ЗППС при отвальной обработке эмиссия СО2 из почвы в течение мая - сентября незначительно изменяется. В ЗТС отмечается снижение выделения СО2 из почвы в этот период от 4,62 до 2,52 кг/час/га. На южном склоне в ЗППС в черном пару независимо от обработки почвы от мая к июню наблюдается некоторое возрастание выделения СО2 из почвы, затем при безотвальной обработке - снижение к сентябрю, а при отвальной – остается на прежнем уровне к июлю и резко снижается к сентябрю. Иной характер динамики эмиссии СО2 из почвы в ЗТС, он идентичен таковому на водораздельном плато.

В 2012 году в посевах озимой пшеницы на водораздельном плато в ЗППС выделение CO_2 из почвы снижается от мая к сентябрю; на северном склоне - от мая к июню наблюдается его уменьшение, а к июлю повышение, сменяющееся снижением в сентябре, а в ЗТС незначительным возрастанием. На северном склоне уровень выделения CO_2 из почвы наибольший в ЗППС, значимые различия между обработками проявляются только в отдельные сроки (в июле). На южном склоне характер выделения CO_2 из почвы, их значения идентичны вне зависимости от экспозиции склона, вида севооборота и системы обработки почвы. Эмиссия CO_2 из почвы от мая к июню резко повышается, к июлю и сентябрю падает, а в ЗТС к сентябрю отмечается тенденция к её повышению.

Характер динамики эмиссии CO_2 из почвы на северном склоне на всех вариантах опыта в 2013 году идентичен вне зависимости от вида севооборота и обработки почвы: снижение от мая к июню и июлю, а к сентябрю резкое увеличение. Однако уровни выделения CO_2 из почвы в 3TC (ячмень с подсевом трав) выше, чем в 3ППС (кукуруза), а при отвальной и без-

отвальной обработках близки. Значимые различия в зависимости от вида севооборота отмечены только в июле (в 2,3 раза). На водораздельном плато в 3TC отмечается возрастание выделения CO_2 от мая к сентябрю; в $3\Pi\Pi C$ при отвальной обработке - снижение его от мая к июню, в начале августа - без изменений, к сентябрю увеличение; а при безотвальной - возрастание от мая к июню и июлю, к сентябрю без изменений. Характер динамики эмиссии CO_2 из почвы в $3\Pi\Pi C$ на южном склоне при безотвальной обработке в определенной степени идентичен таковому на водораздельном плато, однако на водораздельном плато эмиссии CO_2 в летние месяцы в 1,4-1,8 раза выше. В $3\Pi\Pi C$ при отвальной обработке эмиссия CO_2 из почвы резко падает от мая к июню, к июлю резко возрастает, а к сентябрю незначительно падает. В 3TC при отвальной обработке отмечается снижение выделения CO_2 из почвы от мая к июлю в 2 раза, а к сентябрю - незначительное его возрастание.

Установлено, что наибольшее варьирование почвенного дыхания в течение маясентября отмечено в 2011 году на водораздельном плато в ЗППС [r (коэффициент вариации) = 42-52 %], в 2012 году на водораздельном плато и южном склоне в обоих севооборотах (r =60-74 %), в 2013 году на водораздельном плато (r =58 %).

На основе корреляционного анализа (рис.4) установлена прямая высокая связь

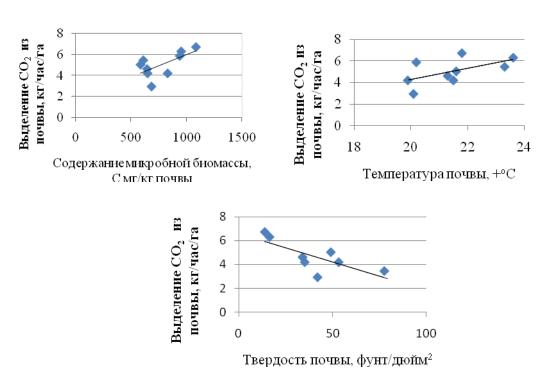


Рис. 4. Зависимости выделения СО2 из чернозема типичного от его свойств

эмиссии CO_2 из почвы с содержанием в ней микробной биомассы (r=0,78); прямая средняя связь - с температурой почвы в диапазоне от 20 до 25^{0} C (r=0,57); с влажностью почвы в диапазоне от 10 до 20 % (r=0,56); обратная высокая – с твердостью почвы (r=0,78).

4.3. Оценка потоков углекислого газа из чернозема типичного в атмосферу за май-сентябрь 2011-2012 гг. и потери углерода из органического вещества почвы

На основе результатов исследования эмиссии CO_2 из почвы рассчитаны потоки углекислого газа из чернозема типичного в атмосферу за вегетационный период. Потоки CO_2 из почвы в мае-сентябре 2011 года превышали таковые в 2012 году в 1,2...1,7 раза (рис.5). Это связано с повышенной минерализацией органического вещества в почве в 2011 году в чистом пару, периодически механически обрабатываемом. В ЗППС в рассматриваемом году потоки CO_2 из почвы на северном склоне превышают таковые на южном на 47-54 %, а в ЗТС между склонами различия незначимы. Потоки CO_2 из почвы в ЗППС больше, чем в ЗТС.

Наибольшие различия по величине потоков CO₂ из почвы в зависимости от вида севооборота отмечены на северном склоне (в 1,5 раза). На водораздельном плато и южном склоне их различия незначимы (10-13 %). Значимые различия по величине потоков CO₂ из почвы в зависимости от системы обработки почвы отмечены на водораздельном плато, при отвальной обработке они в 1,4 раза больше, чем при безотвальной. В 2012 и 2013годах, как и в 2011 году, общие закономерности сохраняются: на северном склоне потоки CO₂ из почвы в мае-сентябре больше, чем на южном; в ЗППС они больше, чем в ЗТС, хотя везде возделывалась одна и та же культура; при отвальной обработке они выше, чем при безотвальной.

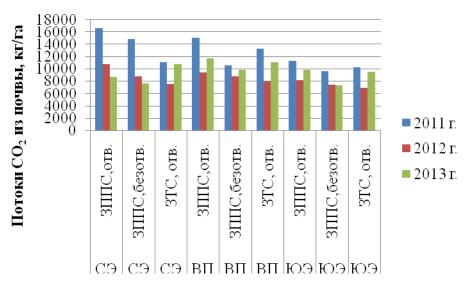


Рис.5. Потоки углекислого газа (кг/га) из чернозема типичного за вегетационный период (май-сентябрь) в зависимости от экспозиции склона, вида севооборота и системы

Диоксид углерода является одним из конечных продуктов минерализации органического вещества. Поэтому, зная микробное дыхание почвы (дыхание почвы *минус* корневое дыхание), можно оценить потери в ней углерода (С) из органического вещества вследствие его минерализации. Наибольшие потери углерода из органического вещества почвы отмечены в ЗППС в чистом пару на северном склоне при отвальной обработке в 2011 году (табл.4), на

Таблица 4 - Потери углерода (микробное дыхание) из чернозема типичного за вегетационный период (май-сентябрь) в зависимости от экспозиции склона, вида севооборота и системы обработки почвы

от экспоэнции склопа, вида ссвоооброта и системы обработки почвы									
Экспози-	Вариант	Потери С из органического вещества почвы, кг/га							
ция		2011 г.	2012 г.	2013 г.	Сред- ние				
	ЗППС, отвальная обработка	5055	3336	1744	3378				
Северная	ЗППС, безотвальная обработка	4525	2986	1543	3018				
	ЗТС, отвальная обработка	2222	1517	1637	1792				
	ЗППС, отвальная обработка	4596	3033	2355	3328				
Водораз-	ЗППС, безотвальная обработка	3221	2126	1980	2442				
дельное плато	ЗТС, отвальная обработка	2845	1601	1683	2043				
	ЗППС, отвальная обработка	3449	2276	1972	2566				
Южная	ЗППС, безотвальная обработка	2933	1936	1480	2116				
Канжот	ЗТС, отвальная обработка	2060	1385	1456	1634				

южном склоне они в 1,5 раза меньше, а на водораздельном плато - на 12 %. Существенное влияние системы обработки почвы выявлено 15 дораздельном плато в ЗППС, где при безотвальной обработке потери С из почвы в чистом пару ниже на 42 %, чем при отвальной. Наибольшие различия в потерях С из органического вещества почвы выявлены в зависимости от вида севооборота (в 1,6-2,3 раза), особенно в 2011 и 2012 годах, меньшие - от экспозиции склона (в 1,1-1,5 раза) и от системы обработки почвы (в 1,2-1,5 раза). Причем влияние вида севооборота выше на северном склоне, а влияние системы обработки почвы — на водораздельном плато. Потери С из почвы в ЗППС больше, чем в ЗТС, на северном склоне в 2,2-2,3 раза, на водораздельном плато в 1,6-1,9 раза, на южном склоне — в 1,6-1,7 раза в зависимости от года.

4.4. Метод определения и оценка интенсивности потери органического вещества почвы по эмиссии CO₂ из почвы

На основе потери С из органического вещества почвы в мае-сентябре можно количественно оценить интенсивность потери органического вещества в почве (ИПОВ). Её характеризует отношение потери С из органического вещества почвы к запасам С в органическом веществе (гумус + негумифицированное органическое вещество) пахотного слоя почвы за конкретный промежуток времени. ИПОВ в пахотном слое почвы нами предлагается рассчитывать на основе экспериментальных данных по выделению CO_2 из почвы в динамике в течение вегетационного периода (май-сентябрь, 1 раз в декаду) имеющимися методами и по формулам 1 и 2:

в посевах сельскохозяйственных культур

на чистом пару

$$6,0867 \cdot (Д_1 \cdot n_1 + Д_2 \cdot n_3 + Д_3 \cdot n_3 + \dots + Д_n \cdot n_n)$$

ИПОВ = -----,

 $\Gamma/1,724 + 0.4 \cdot HOB$ (2)

где:

ИПОВ - интенсивность потери органического вещества почвы за период времени, в течение которого проводят определение эмиссии CO_2 из почвы (в данной работе 5 месяцев - май-сентябрь), 1/период времени;

 $n_1, n_2... n_{15} - 10$ (декада) или 11 дней за 5 месяцев (май-сентябрь);

4,0781 - коэффициент, включающий поправку на среднесуточную эмиссию CO_2 из почвы; количество часов в сутках, микробное дыхание почвы, долю углерода в CO_2 ;

6,0867- коэффициент, включающий поправку на среднесуточную эмиссию CO_2 из почвы; количество часов в сутках, долю углерода в CO_2 ;

 Γ - запасы гумуса в пахотном слое почвы, кг/га;

 ${
m HOB}$ - запасы негумифицированного органического вещества в пахотном слое почвы, кг/га;

1,724 и 0,4 – коэффициенты перевода запасов гумуса и негумифицированного органического вещества в углерод.

На основе потери С из органического вещества почвы в мае-сентябре количественно оценена интенсивность потери органического вещества в почве. В 2011 году интенсивность потери органического вещества почвы выше в чистом пару в ЗППС, чем в ЗТС (многолетние травы), на северном склоне - в 2,5; на водораздельном плато – в 1,9 раз, на южном склоне – в 2,0 раза (табл.5). И в 2012 году, несмотря на то, что в обоих севооборотах возделывалась одна культура — озимая пшеница, почвозащитная роль ЗТС велика и больше также проявлялась на северном склоне.

Влияние экспозиции склона на интенсивность минерализации органического вещества почвы в 2011 и 2012 годах выявлено только в ЗППС. На южном склоне она ниже, чем на северном: при безотвальной обработке на 64 %, а при отвальной примерно на 27 %. В 2013 году в связи с накоплением в почве негумифицированного органического вещества после озимой пшеницы величины интенсивности потери органического вещества почвы снизились и в зернопаропропашном, и в зернотравяном севооборотах. Наиболее это проявилось в зернопаропропашном севообороте. Выявленные ранее закономерности влияния севооборотов, системы обработки почвы, экспозиции склона сохранились.

Таблица 5 - Интенсивность потери органического вещества чернозема типичного за май-сентябрь в зависимости от экспозиции склона, вида севооборота и системы обработки почвы

	•	Интенсивность потери					
Экспозиция	Вариант	органического вещества почвы в па-					
			XOTH	ом слое			
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	Средняя		
	ЗППС, отвальная обработка	0,079	0,050	0,028	0,052		
Северная	ЗППС, безотвальная обработка	0,069	0,044	0,024	0,046		
	ЗТС, отвальная обработка	0,032	0,022	0,026	0,027		
Водораз-	ЗППС, отвальная обработка	0,068	0,043	0,033	0,048		
дельное	ЗППС, безотвальная обработка	0,052	0,032	0,029	0,038		
плато	ЗТС, отвальная обработка	0,035	0,020	0,025	0,027		
	ЗППС, отвальная обработка	0,062	0,039	0,032	0,044		
Южная	ЗППС, безотвальная обработка	0,042	0,027	0,023	0,031		
	ЗТС, отвальная обработка	0,031	0,021	0,025	0,026		

Почвозащитная роль безотвальной обработки в сохранении органического вещества почвы в чистом пару больше проявляется на водораздельном плато, и особенно, на южном склоне. Интенсивность минерализации органического вещества почвы при безотвальной обработке меньше, чем при отвальной: на водораздельном плато — на $31\,\%$, на южном склоне — на 48%, а на северном склоне — на $15\,\%$. В 2012 году в посевах озимой пшеницы почвозащитная роль безотвальной обработки значима на южном склоне.

4.5. Метод оценки экологической устойчивости почвы и агроландшафтов

Интегральным показателем экологической устойчивости почвенного компонента агроландшафта является сбалансированность процессов минерализации и гумификации органического вещества почвы. Оценку сбалансированности процессов гумификации и минерализации в почвенном блоке нами предложено проводить, основываясь на определении агроэкологического параметра — соотношения интенсивности потери органического вещества почвы с эмиссией CO_2 и поступления требуемого количества органического вещества в почву (Масютенко Н.П., Масютенко М.Н., 2013). Метод определения интенсивности потери органического вещества почвы по эмиссии CO_2 из почвы изложен в разделе 4.4. Требуемое количество органического вещества — это количество органического вещества, компенсирующее дефицит баланса гумуса, т.е. количество органических удобрений, обеспечивающих сбалансированность процессов минерализации и гумификации органического вещества в почве. Поступление в почву органических веществ (Поу) в процентах от требуемого количества (уровень компенсации дефицита баланса гумуса) рассчитывается по формуле 3.

$$\Pi_{\text{OY}} = \frac{\Pi_{\text{OY}_{\phi \text{AKT}}} \cdot 100}{\Pi_{\text{OY}_{\text{KOMII}}}},$$
(3)

где Доуфакт – доза фактического внесения органических удобрений, т/га;

Доукомп – доза органических удобрений, компенсирующая дефицит баланса гумуса, т/га.

Для определения устойчивости агроландшафта необходимо рассчитать поступление в почву органических веществ в агроландшафте (Поул) по формуле 4.

$$\Pi \text{оул} = (\Pi \text{оу}_1 \cdot \text{S}_1 + \Pi \text{oy}_2 \cdot \text{S}_2 + \dots + \Pi \text{oy}_n \cdot \text{S}_n) : (\text{S}_1 + \cdot \text{S}_2 + \dots + \text{S}_n), \tag{4}$$

где: Поу - поступление в почву органических веществ в поле агроландшафта, т/га;

 $S_1, S_2... S_n$ – площади полей в агроландшафте;

1,2...п – номера полей в агроландшафте.

Разработана шкала оценки устойчивости почвы и агроландшафта (табл.6).

Таблица 6 - Шкала оценки устойчивости почвы и агроландшафта

Интенсивность потери органического вещества почвы за май - сентябрь	Поступление органических веществ в почвы в % от требуемого (Поу)	Оценка устойчивости
<0,035	< 50	средняя
,	50-100	высокая
низкая	>100	очень высокая
0,035-0,070	< 50	низкая
, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	50-100	средняя
средняя	>100	высокая
> 0,070	< 50	критическая
> 0,070 высокая	50-100	низкая
Кряголед	>100	средняя

На основе разработанного метода проведена оценка экологической устойчивости почвы в изучаемых агроэкосистемах агроландшафта (табл.9). Установлено, что экологическая устойчивость почвы в звене ЗТС средняя на всех экспозициях, так как с травами поступает в почву большое количество растительных остатков в агроландшафте и создаются благоприятные условия для воспроизводства гумусовых веществ в почве. Устойчивость почвы в звене ЗППС зависит от культур в звене севооборота, экспозиции склона и системы обработки почвы, интенсивности потери органических веществ в почве. На северном склоне в звене ЗППС она низкая при отвальной и безотвальной системах обработки почвы; на водораздельном плато и южном склоне при отвальной системе обработки почвы - низкая, а при безотвальной – средняя.

Таблица 9 - Оценка экологической устойчивости чернозема типичного за май-сентябрь в звене севооборота в зависимости от экспозиции склона, вида севооборота и системы обработки почвы в 2011-2013 гг.

Экспозиция	Вариант	Оценка устойчивости
	ЗППС, отвальная обрабо	отка низкая
Северная	ЗППС, безотвальная обр	работка низкая
	ЗТС, отвальная обработ	гка средняя
Во новориони и о	ЗППС, отвальная обрабо	отка низкая
Водораздельное	ЗППС, безотвальная обр	работка средняя
плато	ЗТС, отвальная обработі	ка средняя
	ЗППС, отвальная обрабо	отка низкая
Южная	ЗППС, безотвальная обр	работка средняя
	ЗТС, отвальная обработи	ка средняя

Примечание: ЗППС - зернопаропропашной севооборот; ЗТС - зернотравяной севооборот; в 2011г. в ЗППС – чистый пар, в ЗТС – травы; в 2012 г. в ЗППС и ЗТС - озимая пшеница; в 2011г. в ЗППС – кукуруза на з/к, в ЗТС – ячмень с подсевом трав.

5. Влияние севооборотов, систем обработки почвы и экспозиции склона на агрохимические свойства чернозема типичного и урожайность сельскохозяйственных культур

5.1. Агрохимические свойства почвы

Через 7 ротаций севооборота четко проявилось влияние на содержание гумуса в пахотном и подпахотном слоях чернозема типичного системы обработки почвы на северном и южном склонах, а также севооборотов - на всех экспозициях. При безотвальной обработке содержание гумуса в почве больше на 0,29-0,33 %, чем при отвальной, а в ЗТС больше, чем в ЗППС. Наибольшее его содержание выявлено на водораздельном плато (5,30-5,86 %), а наименьшее — на южном склоне при отвальной обработке (4,72 %). Содержание углерода микробной массы составляет в исследуемой почве от 2,1 до 3,4 % от содержания гумусовых веществ по углероду. Наибольшая доля Смб от Сгв отмечена на северном склоне в ЗТС и в ЗППС при безотвальной обработке, наименьшая - при безотвальной обработке на южном склоне в ЗППС

Содержание щелочногидролизуемого азота в изучаемых почвах изменяется от среднего на водораздельном плато до среднего и низкого на северном склоне и низкого на южном. Установлено, что при безотвальной обработке в ЗППС содержание щелочногидролизуемого азота в пахотном слое выше, чем при отвальной, а в ЗТС больше, чем в ЗППС. Почва в ЗППС на северном склоне и водораздельном плато слабокислая, а в ЗТС близкая к нейтральной и нейтральная; на южном склоне имеется тенденция к её подщелачиванию. При безотвальной обработке в ЗППС наблюдается тенденция к снижению степени кислотности почвы по сравнению с отвальной. Сумма поглощённых оснований в пахотном слое почвы на южном склоне составляет $29,7-30,1~\text{мг}\cdot\text{экв}/100~\text{г}$ почвы, в подпахотном — $28,0-29,3~\text{мг}\cdot\text{экв}/100~\text{г}$ почвы, что на 10-16% выше, чем на северном склоне и водораздельном плато. В подпахотном слое величины $pH_{\text{КСL}}$ несколько возрастают, что коррелирует с содержанием в почве обменных оснований (r=0,83).

Очень высокое содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы отмечено на водораздельное плато, ниже на южном склоне от повышенного до очень высокого, а на северном склоне - повышенное. Высокое и повышенное содержание подвижного калия выявлено в пахотном слое на водораздельное плато и на южном склоне, а на северном склоне - от среднего до повышенного. При безотвальной обработке в ЗППС содержание подвижного фосфора и калия в пахотном слое на водораздельное плато и северном склоне больше, чем при отвальной, а на южном – наоборот. Содержание подвижного фосфора в почве в ЗТС на водораздельное плато и южном склоне больше, чем в ЗППС, а содержание в почве калия на всех изучаемых экспозициях в ЗТС меньше, чем в ЗППС.

5.2. Урожайность сельскохозяйственных культур

Наибольший урожай эспарцета в 2011 году был на северном склоне, на южном - на 35 % меньше (табл.7). Это обусловлено большими запасами (на 55 %) продуктивной влаги в слоях 0-20, 0-50 см в начале августа и сентября, лучшим структурно-агрегатным состоянием почвы (коэффициент структурности выше в 1,3 раза), большим содержанием гумуса и питательных элементов в почве на северном склоне, чем на южном.

На основе дисперсионного анализа установлено, что на урожайность озимой пшеницы существенное влияние оказывали экспозиция склона (3,3= F_{05} < $F_{\phi a \kappa \tau}$ =178,5) и взаимодействие экспозиции склона и севооборота (3,3= F_{05} < $F_{\phi a \kappa \tau}$ =70,25). Урожай озимой пшеницы в 2012 году в ЗППС и ЗТС был также наибольшим на северном склоне, а на южном в ЗППС при отвальной обработке ниже на 65 %, при безотвальной - на 109 %; в ЗТС - на 101 %. Это связано с тем, что в мае и июне запасов продуктивной влаги в почве было меньше в ЗТС, а на южном склоне в слое 0-50 см - на 11,2 % меньше, чем на северном; плотность и твердость почвы были больше, содержание в почве гумуса, щелочногидролизуемого азота, Смб меньше, чем на северном, а при безотвальной обработке на южном склоне коэффициент структурности в 1,25 раза меньше, чем на северном.

Таблица 7 - Урожай сельскохозяйственных культур (т/га) в многофакторном полевом опыте в 2011- 2013 гг.

		2011	l г.	2012	2 г.	2013	2013 г.	
	Экспози-	Чистый	Эспар-	Озимая	Озимая	Кукуруза	Яч-	
Вариант	-испози- ция	пар	цет	пшеница	пше-	на з.к.	мень	
	4117		(сено)		ница			
Северная	ЗППС	-		2,65		17,73		
Южная	отвальная	-		1,60		13,02		
Водораз-	обработка	-		1,80		16,08		
дельное								
плато								
Северная	ЗППС,	-		2,65		13,64		
Южная	безотваль-	-		1,27		13,78		
Водораз-	ная обра-	-		1,57		17,32		
дельное	ботка							
плато								
Северная	3TC,		7,26		2,59		1,54	
Южная	отвальная		5,38		1,29		1,65	
Водораз-	обработка		6,27		1,88		1,84	
дельное								
плато								
НСР ₀₅ для фактора - экспозиция			0,36	0,24		1,84	0,16	
НСР05 для фактора - система				0,19	96	1,32		
обработки п	ОЧВЫ							
НСР05 для ф	актора - севоо	борот		0,10	04			

ЗППС - зернопаропропашной севооборот, ЗТС – зернотравяной севооборот.

В 2013 году наибольший урожай кукурузы в ЗППС отмечен на северном склоне при отвальной обработке, а на водораздельном плато при отвальной и безотвальной обработках. На южном склоне при отвальной обработке урожай кукурузы меньше на 36 %, чем на северном, а при безотвальной обработке уровни урожаев на рассматриваемых склонах близки. Следовательно, влияние экспозиции склона на урожай кукурузы более выражено в ЗППС при отвальной обработке. На южном склоне получен урожай кукурузы вне зависимости от обработки почвы меньше, чем на северном склоне и водораздельном плато. Это, возможно, обусловлено следующими причинами: в мае — начале августа запасы продуктивной влаги в почве в ЗППС при отвальной обработке были меньше на южном склоне в слое 0-50 см на 23 %, чем на северном, а при безотвальной — одинаковые; на южном склоне твердость почвы была больше, а содержание гумуса, щелочногидролизуемого азота в почве, Смб меньше, чем на северном. В 2013 году урожай ячменя в ЗТС на водораздельном плато превышает таковой на северном и южном склонах, соответственно, на 19 и 12 %.

6. Эффективность возделывания сельскохозяйственных культур в зависимости от изучаемых факторов и оценка экологической устойчивости почвы в агроландшафте

Анализ экономической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур в звене изучаемых севооборотов показал (табл.8), что наибольшая рентабельность отмечена в ЗТС на всех экспозициях и превышает таковую по сравнению с ЗППС на северном склоне в 1,4 раза, на южной склоне – в 3,4 раза, на водораздельном плато – 2,5 раза. В ЗППС наибольшая рентабельность наблюдается на северном склоне, наименьшая на южном. Рентабельность возделывания сельскохозяйственных культур в звене изучаемых севооборотов на водораздельном плато занимает промежуточное положение.

Рентабельность возделывания сельскохозяйственных культур в звене изучаемых севооборотов на северном склоне выше при отвальной обработке, на водораздельном плато –

при безотвальной обработке, а на южном - имеет одинаковое низкое значение. Урожайность сельскохозяйственных культур в звене ЗТС (средняя за три года) выше, чем в ЗППС.

Таким образом, влияние безотвальной обработки на экологическую устойчивость почвы в звене ЗППС зависит от экспозиции склона. Оно больше проявилось на водораздельном плато и южном склоне, чем на северном. А положительное влияние на экологическую устойчивость почвы звена ЗТС выявлено на всех экспозициях.

8. Экономическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур звена севооборота в зависимости от изучаемых факторов (средние за 3 года)

	зависимости от изучастых факторов (средние за 3 года)								
Экспозиция	Вариант	Уро- жай- ность, з.е. т/га	Затраты, руб./га	Себесто- имость, руб./га	Стоимость продукции по цене реализации, руб./га	Чи- стый доход, руб./га	Рента- бель- ность, руб./га		
ая	ЗППС, отвальная обработка	1,89	5431	2873	9415	3984	73,3		
Северная	ЗППС, безотваль- ная обработка	1,52	5084	3345	8494	3410	67,1		
ŭ	ЗТС, отвальная обработка	2,59	4712	1819	9657	4945	104,9		
В	ЗППС, отвальная обработка	1,27	5431	4276	6203	772	14,2		
Южная	ЗППС, безотвальная обработка	1,22	5084	4167	5804	720	14,2		
H	ЗТС, отвальная обработка	1,88	4712	2506	6988	2276	48,3		
ель-	ЗППС, отвальная обработка	1,51	5431	3597	7304	1873	34,5		
Водораздель- ное плато	ЗППС, безотвальная обработка	1,50	5084	3389	7113	2029	39,9		
Воде	3TC, отвальная вспашка	2,28	4712	2067	8732	4020	85,3		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выводы

- 1. На основании проведенных исследований в седьмую ротацию четырехпольных севооборотов установлены особенности динамики продуктивной влаги, закономерности изменения структурно-агрегатного состава, твердости чернозема типичного, количественно оценены потоки CO_2 из почвы за вегетационный период, потери углерода из органического вещества почвы, участие микробной биомассы в формировании агрономически ценных, преобладающих в составе изучаемой почвы агрегатов в зависимости от системы обработки почвы, вида севооборота и экспозиции склона.
- 2. Содержание продуктивной влаги в слое 0-50 см почвы от мая к июню снижалось, а далее различалось в зависимости от экспозиции склона, вида севооборота и обработки почвы, количества выпавших осадков. В сентябре оно в основном возрастало, за исключением 2011 года на северном склоне и в ЗТС. При безотвальной обработке по сравнению с отвальной отмечены повышенные запасы (в среднем на 10-11%) продуктивной влаги в слое почвы 0-50 см

в чистом пару на южном и северном склонах. Экспериментально подтверждена влагосохраняющая функция чистого пара в слоях почвы 0-20 см и 0-50 см в мае-августе.

- 3. В структурно-агрегатном составе чернозема типичного в слое 0-20 см превалируют агрегаты размером 2-1 мм, на втором месте фракции 3-2 мм и 3-5 мм. *Отпичн*ая водоустойчивость почвы выявлена в зернотравяном севообороте при отвальной обработке вне зависимости от экспозиции склона в пахотном и подпахотном слоях почвы, *хорошая* в зернопаропропашном севообороте на водораздельном плато и северном склоне, а также на южном склоне при безотвальной обработке, *удовлетворительная* на южном склоне при отвальной обработке в слое 0-20 см. Более крупные водоустойчивые агрегаты формируются в пахотном слое чернозема типичного в зернотравяном севообороте (в 1,9-2,8 раза), чем в зернопаропропашном, и при безотвальной обработке (в 1,2-1,6 раза), чем при отвальной, особенно на южном склоне и водораздельном плато.
- 4. В зернопаропропашном севообороте повышаются средние значения твердости почвы за май-сентябрь по сравнению с зернотравяным. И безотвальная обработка способствует увеличению твердости почвы по сравнению с отвальной. Установлена высокая вариабельность твердости почвы в пространстве (8-89 %), снижающаяся с глубиной и в посевах озимой пшеницы, и во времени (25-127 %). Наибольшая вариабельность твердости почвы во времени отмечается на глубине 7,5 см, которая вниз по профилю уменьшается, а величина твердости увеличивается.
- 5. Впервые в агрономически ценных агрегатах диаметром 3-1 мм выявлено повышенное содержание микробной биомассы по сравнению с общим образцом почвы в зернопаропропашном севообороте при безотвальной обработке на северном склоне и водораздельном плато в 1,7-2,1 раза, при отвальной на южном и северном склоне в 1,5-1,9 раза, а в зернотравяном на северном склоне в 1,8 раза. Содержание микробной биомассы в почвенных агрегатах диаметром 3-1 мм чернозема типичного в период максимальной биологической активности в течение 2011-2013 гг. значимо выше в зернотравяном севообороте, чем в зернопаропропашном на водораздельном плато и северном склоне. При безотвальной обработке по сравнению с отвальной в слое 0-10 см отмечается увеличение содержания микробной биомассы в почвенных агрегатах на водораздельном плато и северном склоне, а на южной экспозиции уровень её содержания в меньшей степени зависит от севооборота и обработки почвы.
- 6. Величины выделения CO_2 из чернозема типичного в течение мая-сентября изменялись от 1,26 до 8,82 кг/час/га. Эмиссии CO_2 из почвы прямо тесно связана с содержанием в ней микробной биомассы (r=0,78), обратно сильно с твердостью почвы (r =0,78), средне с температурой почвы в диапазоне от 15 до 25^{0} C (r = 0,57) и влажностью почвы в диапазоне от 10 до 20 % (r =0,56). Потоки CO_2 из почвы в мае-сентябре на северном склоне в зернопаропропашном севообороте в 1,5 раза больше, чем в зернотравяном. В зернотравяном севообороте различия на рассматриваемых склонах незначимы. Наименьшие потоки CO_2 из почвы на южном склоне. Значимые различия по величине потоков CO_2 из почвы в зависимости от системы обработки почвы отмечены на водораздельном плато, при отвальной обработке они в 1,4 раза больше, чем при безотвальной.
- 7. Потери углерода из органического вещества почвы различаются по годам, в зависимости от возделываемой культуры, вида севооборота, экспозиции склона и обработки почвы. Различия в потерях углерода из органического вещества почвы от влияния изучаемых факторов падают в ряду: вид севооборота (в 1,6-2,3 раза), экспозиция склона (в 1,1-1,5 раза), системы обработки почвы (в 1,2-1,5 раза). Существенное влияние на потери С оказывает севооборот на северном склоне, а системы обработки почвы в чистом пару на водораздельном плато.
- 8. Интенсивность потери органического вещества почвы в зернопаропропашном в зависимости от культуры и года исследований больше в 2,5, 2,3 и 1,1 раза на северном склоне, в 1,9, 2,1 и 1,3 раза на водораздельном плато, в 2,0, 1,9 и 1,3 раза на южном склоне, чем в зернотравяном севообороте. При безотвальной обработке она падает по сравнению с отваль-

ной на 14-48 % в зависимости от культуры севооборота и экспозиции склона. Наиболее этот процесс выражен на южном склоне.

- 9. Разработаны и апробированы методы определения интенсивности потери углерода из органического вещества почвы в течение вегетационного периода на основе экспериментальных данных по эмиссии CO₂ из почвы и определения экологической устойчивости почвы и агроландшафта, основанный на соотношении интенсивности потери органического вещества почвы с эмиссией CO₂ и уровня компенсации дефицита баланса гумуса в почве. Представлена шкала оценки устойчивости почвы и агроландшафта по соотношению данных показателей.
- 10. Экологическая устойчивость почвы в звене зернотравяного севооборота на всех экспозициях выше (средняя), чем в звене зернопаропропашного (низкая). Безотвальная система обработки почвы по сравнению с отвальной способствует повышению экологической устойчивости почвы в звене зернопаропропашного севооборота на водораздельном плато и южном склоне.
- 11. Через 7 ротаций севооборота содержание гумуса и щелочногидролизуемого азота в почве повышается при безотвальной системе обработки на северном и южном склонах, соответственно, на 0,22-0,29 % и 0,8-0,9 мг/100 г по сравнению с отвальной, а в зернотравяном севообороте на 0,26-0,35 % и 2,3-2,7 мг/100г по сравнению с зернопаропропашным. Наибольшее их содержание выявлено на водораздельном плато, а наименьшее на южном склоне. Применение безотвальной обработки и зернотравяного севооборота на северном склоне увеличивает обогащенность гумусовых веществ микробной биомассой (доля микробной биомассы от содержания гумусовых веществ по углероду), соответственно, на 30 и 48 %. При безотвальной обработке в зернопаропропашном севообороте наблюдается тенденция к снижению степени кислотности почвы по сравнению с отвальной.
- 12. Средняя урожайность сельскохозяйственных культур и рентабельность их возделывания в звене зернотравяного севооборота в 1,4-1,5 и 1,6-3,8 раза больше, чем зернопаропропашного, в зависимости от экспозиции склона. В зернопаропропашном севообороте наибольшие рентабельность и урожаи сельскохозяйственных культур наблюдаются на северном склоне.

Рекомендации производству и НИУ

- 1. Для регулирования агрофизических и биологических свойств чернозема типичного, повышения урожайности сельскохозяйственных культур и обеспечения рационального землепользования рекомендуется дифференцированная обработка почвы по элементам рельефа в зависимости от агроэкологических особенностей земель: на северном склоне преимущественно отвальная система обработки, а на южном безотвальная.
- 2. С целью улучшения агрофизического и биологического состояния чернозема типичного, сокращения потоков углекислого газа в атмосферу и снижения интенсивности потери органического вещества из почвы рекомендуется использование зернотравяного севооборота и применение безотвальной обработки.
- 3. Разработанный и апробированный метод определения интенсивности потери углерода из органического вещества почвы на основе экспериментальных данных по эмиссии CO_2 из почвы в течение вегетационного периода предлагается использовать для оценки влияния различных систем земледелия или их элементов, агротехнических приемов и агротехнологий на гумусное состояние почвы.
- 4. При оценке экологической устойчивости почвы и агроландшафтов предлагается использовать разработанный и апробированный метод, основанный на соотношении интенсивности потери органического вещества почвы с эмиссией СО₂ и поступления требуемого количества органического вещества в почву, позволяющий в дальнейшем определять рациональное соотношение угодий в агроландшафтах.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ

- 1. Черкасов Г.Н., Масютенко Н.П., **Масютенко М.Н.** Влияние вида севооборота, системы обработки почвы и экспозиции склона на динамику эмиссии CO_2 из чернозема типичного/ Достижения науки и техники АПК, 2013, №6, С.34-37.
- 2. Калужских А.Г., Масютенко Н.П., **Масютенко М.Н.** Пространственная изменчивость содержания и состава лабильных гумусовых веществ в чернозёме типичном в зависимости от экспозиции склона, агрогенных факторов и связь их с микробной биомассой/ **Вестник Курской ГСХА**, 2013, №4 . С.36-40.
- 3. Черкасов Г.Н., **Масютенко М.Н.,** Кузнецов А.В. Влияние системы обработки почвы, вида севооборота и экспозиции склона на агрофизические свойства чернозема типичного ЦЧР/ **Достижения науки и техники АПК,** 2014, №1, С.17-24.

Другие публикации

- 4. Черкасов Г.Н., **Масютенко М.Н.** Влияние агрогенных факторов и экспозиции склона на агрофизические и биологические свойства чернозема типичного // Всероссийская научнопрактическая конференция ГНУ ВНИИЗ и ЗПЭ «Сохранение и воспроизводство плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии», Курск, 13-15 сентября, 2011. С. 304-308.
- 5. **Масютенко М.Н.,** Припутнева М.А. Особенности плодородия чернозема типичного при различном уровне интенсивности агротехнологий // Всероссийская научно-практическая конференция ГНУ ВНИИЗ и ЗПЭ «Сохранение и воспроизводство плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии», Курск, 13-15 сентября, 2011. С. 219-223.
- 6. **Масютенко М.Н.**, Кузнецов А.В. Влияние агрогенных факторов и экспозиции склона на динамику влажности в черноземе типичном //Информационно-технологическое обеспечение адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции, ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 11-13 сентября 2012 г., Курск: ГНУ Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН, 2012. С.165-170.
- 7. **Масютенко М.Н.**, Кузнецов А.В. Влияние экспозиции склона и агрогенных факторов на динамику продуктивной влаги в черноземе типичном// «Агротехнологическая модернизация земледелия». Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции, ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 11-13 сентября 2013 г., Курск: ГНУ Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН, 2013 г. С.134-139.
- 8. Масютенко Н.П., **Масютенко М.Н.** Потоки углекислого газа из чернозема типичного за вегетационный период и потери углерода из органического вещества почвы в зависимости от агрогенных факторов и экспозиции склона// Материалы международной научной конференции «Современное состояние черноземов». Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 24-26 сентября 2013 г. С.188-190.
- 9. Масютенко Н.П., **Масютенко М.Н.** К определению экологической устойчивости агроландшафта//Сборник докладов научно-практической конференции «Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия» Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2013.- С.92-96.