

На правах рукописи

Зинченко Владимир Сергеевич

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ
ПОЧВЫ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ
ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**

Специальность 03.02.08 – экология (биология)

03.02.13 – почвоведение

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени кандидата
биологических наук**

Владимир – 2011

Работа выполнена на кафедре почвоведения в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Мазиров Михаил Арнольдович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук
Гончаров Владимир Михайлович

доктор биологических наук, профессор
Надежкина Елена Валентиновна

Ведущее предприятие: Государственное научное учреждение
Всероссийский научно – исследовательский
институт органических удобрений
Россельхозакадемии
(ГНУ ВНИИОУ Россельхозакадемии)

Защита диссертации состоится **9 декабря 2011 года** в 14–00 часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.025.07 при Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, ВлГУ, факультет химии и экологии, диссертационный совет ДМ 212.025.07.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВлГУ.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, можно присылать по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, ВлГУ, кафедра экологии.

Автореферат разослан ____ _____ **2011 года**

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук

Мищенко Н.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Экологические функции почвы очень динамичны и обладают высокой степенью изменчивости свойств и состава, что делает эту важнейшую для биосферных процессов субстанцию чрезвычайно чувствительной к влиянию хозяйственной деятельности человека. Негативные изменения свойств почвы, являющиеся последствиями сельскохозяйственной деятельности, послужили основанием перехода к модели устойчивого развития и возникновению новой парадигмы природопользования – экологизации земледелия.

Создание современной методологии оптимизации агросистем на ландшафтной и экологической основе (Кирюшин, 2000) требует глубокого агроэкологического анализа состояния параметров плодородия и продуктивности почв конкретной региональной территории, в каждой зоне, районе, хозяйстве.

Почвенный покров Опольной зоны Владимирской области представлен в основном серыми лесными почвами (220 тыс. га), которые отличаются высоким плодородием и обеспечивают получение 70% всей сельскохозяйственной продукции в области. Вовлечение серых лесных почв в сельскохозяйственное производство, сопровождающееся сменой растительности, мелиорацией, внесением минеральных удобрений, многократными механическими обработками, часто приводит к негативным, иногда необратимым явлениям и в целом к изменению естественных процессов почвообразования.

В процессе хозяйственного воздействия человека агрофизические свойства почвы существенно меняются. Для снижения этих неблагоприятных тенденций необходимы новые подходы к природоохранной обработке почвы и природоохранной агротехнике (Милащенко, 2000; Каштанов, 2008; Мельцаев, 2009; Мазиров, 2010). Это будет способствовать значительному сокращению процессов эрозии, расхода топлива на производство урожая и загрязнению окружающей среды.

Изучение состояния серых лесных почв Владимирского ополья, как природных компонентов, их изменения под влиянием различных приемов обработки, требует комплексного исследования их состава и свойств, степень изученности которых неодинакова. Это обстоятельство и послужило основанием для проведения данного исследования, результаты которых представлены в нашей работе.

Цель и задачи исследований. Целью данной работы является изучение влияния агрогенной нагрузки (приемов основной обработки) в агроэко-системах на экологическое состояние серой лесной почвы.

Задачи исследований:

1. Дать агроэкологическую оценку влияния приемов основной обработки серых лесных почв на регулирование ее агрофизических свойств.

2. Выявить зависимость миграции нитратного азота от приемов основной обработки почвы.

3. Исследовать экологическое состояние серых лесных почв по биологическим показателям в зависимости от степени антропогенной нагрузки.

4. Оценить влияние приемов основной обработки почвы на накопление тяжелых металлов (свинца и кадмия) в пахотном слое серой лесной почвы.

5. Выявить эффективность и продуктивность агроэкосистем в зависимости от приемов основной обработки серых лесных почв.

Научная новизна. В условиях Владимирского ополья впервые проведены исследования по изучению влияния агрогенной нагрузки (приемов основной обработки) на экологическое состояние агроэкосистем серой лесной почвы. Дана агроэкологическая оценка антропогенного влияния приемов основной обработки серых лесных почв на ее структуру и гранулометрический состав, плотность сложения и водный режим.

Показано, что применение глубоких обработок на 20-22 и 28-30 см способствует вымыванию нитратного азота из корнеобитаемого слоя зерновых культур. Выявлены количественные параметры изменения биологических свойств серых лесных почв под влиянием приемов основной обработки. Установлено, что агроэкосистемы с ежегодной безотвальной обработкой на 6-8 и 20-22 см обуславливают меньшую эмиссию N_2O из серой лесной почвы, чем ежегодная отвальная вспашка на 20-22 см.

Определено, что длительное применение ежегодной отвальной вспашки на 20-22 см способствует увеличению содержания в почве валовых форм свинца и кадмия по сравнению с его фоновым содержанием.

Установлено, что применение в агроэкосистемах приемов безотвальной обработки на 6-8 и 20-22 см, вместо отвальной вспашки на 20-22 см, обеспечивает снижение расхода дизельного топлива на производство 1 центнера зерна на 32 и 14 %, потребность рабочего времени на 25, 12% соответственно.

Практическая значимость работы. Полученные результаты позволяют дать практические рекомендации по использованию приемов основной обработки серых лесных почв под озимую рожь с учетом оптимизации эколого- биологического состояния агроэкосистем.

Материалы исследований вошли в региональные рекомендации по освоению адаптивно - ландшафтных систем земледелия во Владимирской области и учебное пособие. Результаты исследований по экологической оценке состояния серой лесной почвы агроэкосистем используются в учебном процессе факультета химии и экологии ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет».

Апробация работы. Результаты работы докладывались на Международной научно-практической конференции «Нанобиотехнологии в сельском хозяйстве», г.Москва, 2008; Международной научно-практической конференции «Ресурсосбережение и диверсификация как новый этап развития идей А.И.Бараева о почвозащитном земледелии», Республика Казахстан, Шортанды, 2008; Conference information themes & contents author index. Ege University Faculty of Agriculture Department of Agricultural Machinery 35100 Bornova-izmir, Turkey, 2009; Международной научно-практической конференции «Эрозия почв: проблемы и пути повышения эффективности растениеводства», г. Ульяновск, 2009; Всероссийской научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии», г. Москва, 2010.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 печатных работ, в том числе в изданиях ВАК РФ – 3, одно методическое руководство.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 161 странице машинописного текста, состоит из введения, 6 глав, выводов и практических рекомендаций. Экспериментальный материал представлен в 10 таблицах, 25 рисунках и 12 приложениях. Список используемой литературы состоит из 244 наименований, в том числе 21 зарубежных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА ПОЧВУ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ АГРОЭКОСИСТЕМ

В главе 1 представлены основные понятия о влиянии антропогенных факторов (приемы основной обработки) на формирование агроэкосистем. Описано управление экологическим состоянием агроэкосистем по средствам приемов основной обработки. Отмечено влияние приемов обработки на биологические, агрохимические и водно-физические свойства почв в агроэкосистемах.

ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в Опольной зоне Владимирской области. Погодные условия в годы исследований (2008-2010 гг.) отражали климатические особенности региона. Формирование агроценозов в севообороте (овес с подсевом клевера-клевер 1-го года-клевер 2-го года-озимая рожь-яровая пшеница-ячмень) проводили с использованием приемов основной обработки почвы: 1-ежегодная мелкая безотвальная обработка на 6-8 см; 2-ежегодная безотвальная обработка на 20-22 см; 3-ежегодная отвальная вспашка на 20-22 см; 4-ярусная вспашка на 28-30 см через четыре года, в остальные годы отвальная вспашка на 20-22 см; 5-ярусная вспашка на 28-30 см

через четыре года, в остальные годы мелкая безотвальная обработка на 6-8 см. В период исследования в опыте возделывался клевер красный (*Trifolium pretense* L.) сорта Марс и озимая рожь (*Secale cereale* L.) сорта Память Кондратенко. Повторность опыта 4-х кратная, площадь делянки 360 м². Опыт заложен в 1986 году в ГНУ Владимирский НИИСХ. Для контроля был выбран участок залежи (более 30 лет не обрабатывался). Почва – серая лесная среднесуглинистая, пахотный слой характеризуется следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса 2,5 %, подвижных форм P₂O₅ и K₂O – 15 и 13,8 мг/100г почвы соответственно, рН_{сол} = 5,8.

Исследования проводились с использованием следующих методик: плотность сложения почвы – методом цилиндров по С.И. Долгову (1986); влажность почвы до глубины 1 метр по ГОСТу 28268 – 89; структура почвы – по И.И. Савинову (1986), водопрочность почвенных агрегатов – по И.М. Бакшееву (1969); микроагрегатный состав почвы – по Н.А. Качинскому (1983); нитратный азот в слое почвы 0-200 см по ГОСТ 26483 – 85 – ГОСТ 26490 – 85; разложение клетчатки аппликационным методом по М.С. Востровой и А.Н. Петровой (1961); активность каталазы газометрическим методом (Методы почвенной микробиологии и биохимии, 1990); кумулятивную эмиссию N₂O методом закрытых камер (Бучкина, 2008); анализ проб воздуха при помощи газового хроматографа с детектором электронного захвата для измерения концентрации CO₂ и N₂O в пробах воздуха (1974); определение содержания органического углерода в почве по ГОСТу 26213 – 91; определение валового содержания кадмия и свинца по ПНД 16.1 : 2.2 : 2.3. 36 – 02. Экономическая оценка рассчитывалась по методике А.Т. Волощука и др. (2003). Результаты исследований анализировали математическими методами статистического и дисперсионного анализа (Доспехов, 1985), с применением программ Statistic.

ГЛАВА 3. АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ НА РЕГУЛИРОВАНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

3. 1. Влияние приемов основной обработки на структуру почвы

Наблюдения проводились в зернотравяном севообороте, где изучаемые варианты основной обработки применяются в течение 25 лет. Видимо этого срока достаточно, чтобы выявить достоверное антропогенное влияние приемов основной обработки почвы на формирование агроэкосистем.

Для характеристики длительного применения приемов основной обработки на структуру почвы использовали коэффициенты структурности. Длительное антропогенное воздействие не привело к увеличению пылеватой фракции (0,5–0,9%) в агроэкосистемах. Наиболее высокое ее содержание

отмечено на участке залежи и при ежегодной безотвальной обработке на 6-8 см - 0,9% ($НСР_{05}=0,2\%$).

Процесс формирования мегаструктуры наиболее выражен в агроэко-системе с ежегодной мелкой безотвальной обработкой на 6-8 см. Ее значения составили – 64,1%. На залежном участке – 40,6% ($НСР_{05}=7,5\%$).

Благоприятные условия для формирования водопрочных агрегатов, в сравнении с залежным участком (87,7%), складывались в почве, обрабатываемой ежегодно безотвально на 6-8 см (79,4%) или при чередовании ее с ярусной вспашкой на 28-30 см (76,6%) ($НСР_{05}=3,1\%$). Избыточно высокая водопрочность отмечается и на варианте с ежегодной безотвальной обработкой на 20-22 см – 76,6%. На остальных вариантах этот показатель был в пределах от 72,0 до 72,1%.

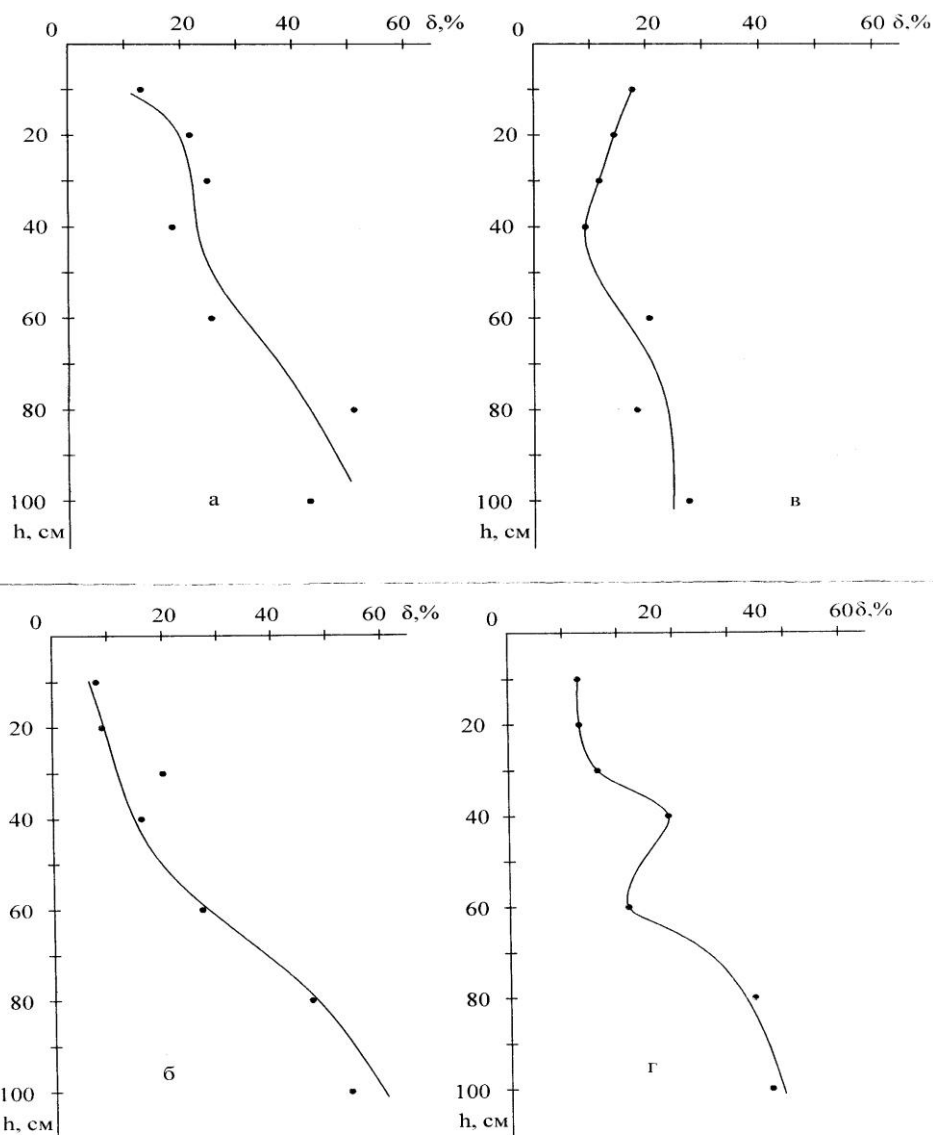
Антропогенное влияние, механических обработок серых лесных почв приводит к снижению макроструктуры и увеличению мегаструктуры, ухудшению условий формирования водопрочных агрегатов. Наиболее благоприятные условия для формирования водопрочной структуры складываются при ежегодном безотвальном рыхлении на 6-8 см.

3.2. Влияние приемов основной обработки на гранулометрический состав почвы

Основным почвообрабатывающим орудием в Опольной зоне, является отвальный плуг. Применение его приводит к формированию уплотненного слоя ниже глубины обработки – плужной подошвы. По утверждению ряда исследователей этот слой формируется по различным причинам. Наиболее объективной, как утверждают П.А. Костычев, А.И. Соколовский (1971), Н.П. Чижикова (1998), А.А. Гольева (2008), Н.С. Матюк (2010), является вымывание органических и минералорганических коллоидов из обработанного отвально рыхлого слоя. В не обработанном нижележащем горизонте они задерживаются, формируя уплотненный слой почвы. Проведение гранулометрического и микроагрегатного анализов, изучаемых агроценозов, позволяет рассмотреть показатели микроагрегированности серой лесной почвы и их потенциальную способность к микроагрегированию. Определение гранулометрического состава серой лесной почвы позволило рассчитать коэффициент полидисперсности (рис.1).

Для залежи коэффициент полидисперсности возрастает от 11% на глубине 0-10 см до 43,1% на глубине одного метра. На варианте с ежегодной мелкой обработкой на 6-8 см представлено аналогичное плавное распределение по профилю коэффициента полидисперсности (рис. 1а,б). В почвах с ежегодной отвальной вспашкой на 20-22 см на глубине 30-40 см, то есть под плужной подошвой, наблюдается минимальное значение этого коэффициента (рис. 1в). На варианте с периодической ярусной вспашкой на 28-30 см

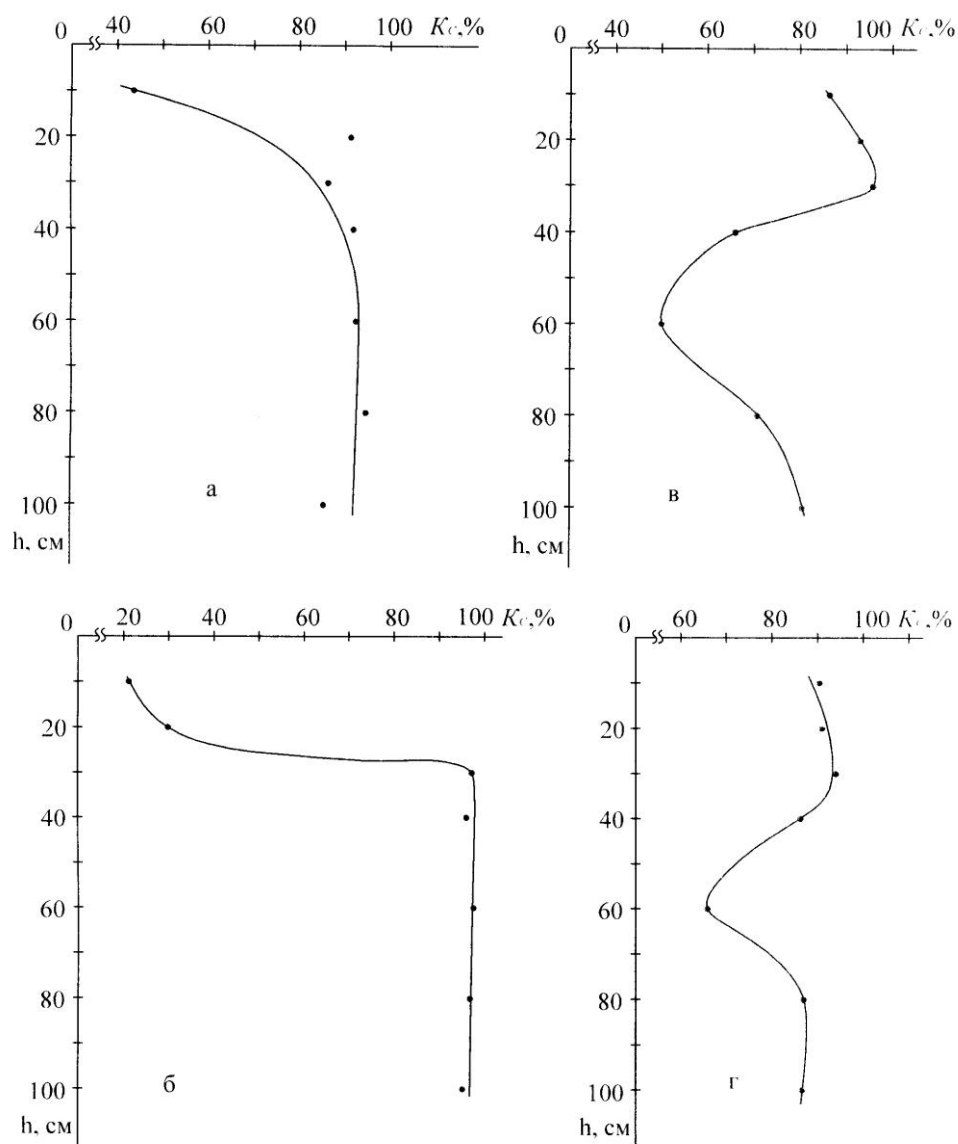
снижение значений этого показателя также отмечается под плужной подошвой на глубине 40-60 см.



а – залежь; б – ежегодная мелкая безотвальная обработка на 6-8 см; в – ежегодная отвальная вспашка на 20-22 см; г – периодическая ярусная вспашка на 28-30 см
Рисунок 1. Изменение коэффициента полидисперсности по профилю почвы

Снижение коэффициента полидисперсности свидетельствует, что на глубине ниже плужной подошвы формируется слой более грубодисперсной почвы.

Наблюдения за «фактором структурности» (K_c) (рис. 2), характеризуют водостойчивость микроагрегатов и потенциальную способность почвы к оструктуриванию. На залежи и на варианте с ежегодной мелкой обработкой на 6-8 см, снижение этого показателя отмечается только в верхних слоях. Отвальная вспашка на 20-22 см обеспечивает уменьшение значений фактора структурности в слоях 30-40 см, 40-60 и 60-80 см, а периодическая ярусная вспашка на 28-30 см в слое почвы 40-60 и 60-80 см (рис. 2в,г)



а – залежь; б – ежегодная мелкая безотвальная обработка на 6-8 см; в – ежегодная отвальная вспашка на 20-22 см; г – периодическая ярусная вспашка на 28-30 см

Рисунок 2. Изменение фактора структурности по профилю почвы

Таким образом, активность преобразования микроагрегированности почвы зависит от типа антропогенного воздействия. Ежегодная безотвальная обработка почвы на 6-8 см в сравнении с залежью не оказала влияния на микроагрегированность почвы, что не привело к формированию плужной подошвы. Активное агрогенное воздействие на почву в результате ежегодной отвальной вспашки на 20-22 см вызывает изменение микроагрегированности почвы и образования плужной подошвы в слое 20-30 см.

3.3. Влияние приемов основной обработки на плотность сложения почвы

Оптимальная величина объемной массы для озимой ржи, возделываемой на тяжелом и среднем суглинке, составляют соответственно,

как 1,15-1,40 г/см³ и 1,25-1,40 г/см³ (Королев, 1970). Перед обработкой под озимую рожь в агроэкосистемах (в слое почвы 0-30см) плотность сложения находилась в интервале от 1,36 до 1,54 г/см³. Проведение основной обработки на 20-22 и 28-30 формировала излишне рыхлый пахотный слой для возделывания озимой ржи – 1,01-1,13 г/см³. Оптимальные показатели складывались в агросистеме с ежегодной мелкой безотвальной обработкой на 6-8 см – 1,21 г/см³. После сева наиболее рыхлая почва формировалась в агросистемах с обработкой на 28-30 см – 1,16-1,19 г/см³. На остальных вариантах она был в оптимальном интервале плотности сложения – 1,32-1,38 г/см³ (НСР₀₅=0,08 г/см³). К возобновлению вегетации озимой ржи весной в агросистемах с ярусной вспашкой на 28-30 см почва уплотнялась и достигала – 1,29-1,30 г/см³. На остальных вариантах наблюдалось разуплотнение почвы до 1,30-1,34 г/см³ (НСР₀₅=0,07 г/см³). К фазе колошения происходило дальнейшее увеличение объемной массы во всех агросистемах до уровня 1,30-1,36 г/см³ (НСР₀₅=0,09 г/см³). К уборке плотность сложения почвы, продолжала увеличиваться и достигала максимального предела оптимального интервала на вариантах с ярусной вспашкой – 1,40 г/см³. В оптимальном интервале она была на вариантах с безотвальным рыхлением и отвальной вспашкой на 20-22 см – 1,37 г/см³. При безотвальной обработке на 6-8 см объемная масса в пахотном слое превышала оптимальный уровень, но находилась у максимального предела этой величины – 1,41 г/см³ (НСР₀₅=0,06 г/см³).

Обработка на 6-8 см, вместо безотвального рыхления и отвальной вспашки на 20-22 см и ярусной вспашки на 28-30 см, формирует оптимальную плотность сложения серой лесной почвы. Отвальная вспашка на 20-22 см и ярусная вспашка на 28-30 см к посеву озимой ржи обуславливают избыточно рыхлый пахотный слой (1,01-1,06 г/см³).

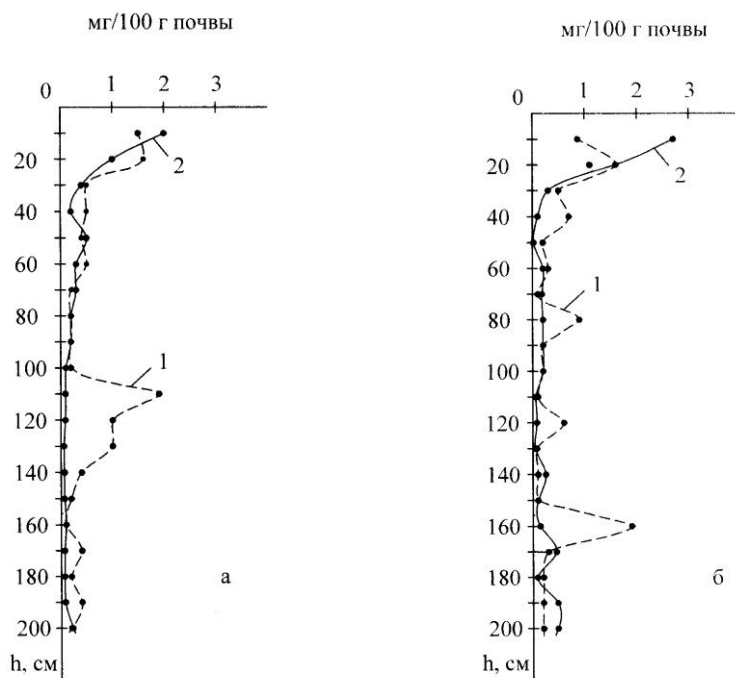
3.4. Влияние приемов основной обработки на водный режим почвы

В агроэкосистемах в годы исследований в ноябре запасы продуктивной влаги в метровом слое были на одном уровне и составили – 149,5-162,7 мм ($F_{\phi} < F_{т}$). К возобновлению вегетации озимой ржи они колебались от 182,7 до 209,9 мм. Высокие запасы продуктивной влаги отмечались на вариантах, обработанных на 20-22 и 28-30 см - 198,4-209,9 мм (НСР₀₅=13,3 мм). К формированию репродуктивных органов растений запасы продуктивной влаги в агроэкосистемах составляли - 134,7-149,3 мм ($F_{\phi} < F_{т}$). В период полной спелости запасы влаги соответствовали - 85,1-114,3 мм. Наиболее высокие показатели отмечались в агроэкосистемах с периодической ярусной вспашкой на 28-30 см – 112,6-114,3 мм. При безотвальном рыхлении на 6-8 и 20-22 см, отвальной вспашки на 20-22 см они составили соответственно 85,1; 90,2 и 91,9 мм (НСР₀₅=21,3 мм).

В условиях периодически промывного водного режима к ноябрю и к возобновлению вегетации озимой ржи запасы продуктивной влаги в метровом слое не зависели от глубины рыхления, приема основной обработки и были на уровне соответственно как – 149,5-162,7 мм и 182,7-209,9 мм.

3.5. Миграция нитратного азота в зависимости от приемов основной обработки почвы

Наблюдения за формированием фонда минерального азота и миграцией неиспользованных нитратов за пределы корнеобитаемого слоя почвы выявили определенные закономерности. Ежегодная безотвальная обработка на 6-8 см под зерновые культуры в течение четырех лет, приводит к накоплению нитратного азота на глубине 100-130 см до значений 1,0-1,9 мг/100 г почвы (рис. 3а).



- а: 1 – безотвальная обработка в течении четырех лет на 6-8 см; 2 – этот же вариант, после двух лет возделывания многолетних трав (клевер);
 б: 1 – безотвальная обработка на 20-22 см в течении четырех лет; 2 – этот же вариант после двух лет возделывания на нем многолетних трав (клевер)

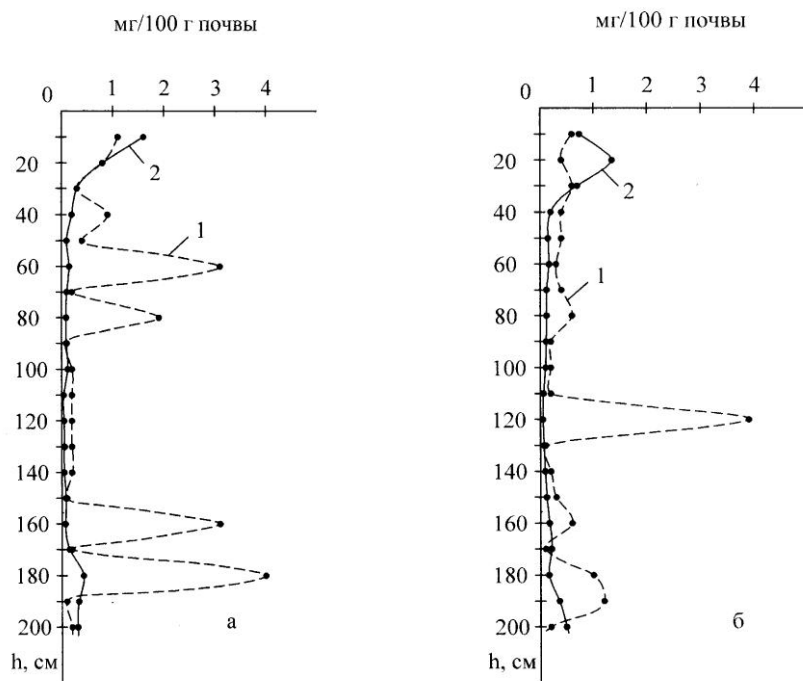
Рисунок 3. Распределение нитратного азота в двухметровом слое серой лесной почвы при безотвальных обработках

В остальных слоях количество нитратов было на уровне 0,1-0,5 мг/100 г почвы. Возделывание клевера красного в течении двух лет способствовало использованию, накопленных нитратов из слоя 100-130 см.

Применение ежегодной безотвальной обработки на 20-22 см привело к увеличению содержания нитратов в слое 150-160 см до значений 1,9 мг/100 г почвы (рис.3б). Возделывание клевера красного способствовало

использованию мигрированного нитратного азота в профиле почвы. Однако в слоях 160-170 и 190-200 см наблюдается его накопление до 0,45-0,48 мг/100 г почвы. Видимо корневая система клевера не достигла этой глубины.

Применение ежегодной отвальной вспашки на 20-22 см приводит к концентрации нитратного азота в слоях почвы 30-40, 50-60, 70-80 см и более глубоких – 150-160 и 170-180 см (рис. 4а).



- а: 1 –отвальная вспашка в течении четырех лет на 20-22 см; 2 – этот же вариант, после двухлетнего возделывания многолетних трав (клевер);
 б: 1 – периодическая ярусная вспашка на 28-30 см с безотвальной обработкой на 6-8 см; 2 – этот же вариант после двухлетнего возделывания многолетних трав (клевер)

Рисунок 4. Распределение нитратного азота в двухметровом слое серой лесной почвы при отвальных обработках

Здесь содержание нитратного азота колебалось от 0,9 до 4,0 мг/100 г почвы. После возделывания многолетних трав его запасы выравнивались до значений 0,05-0,2 мг/100 г почвы. Однако в слоях 170-180 и 180-190 см содержание нитратного азота оставалось на уровне 0,31- 0,42 мг/100 г почвы. Периодическая ярусная вспашка на 28-30 см в сочетании с безотвальной обработкой на 6-8 см приводит к концентрации нитратного азота в слоях 70-80, 110-120, 150-160, 170-180 и 180-190 см (рис. 4б). После возделывания клевера красного содержание нитратного азота в подпахотных слоях почвы снижалось до 0,05-0,21 мг/100 г почвы. Однако на глубине 180-190 и 190-200 см его содержание определялось значениями 0,36 - 0,49 мг/100 г почвы, что лимитируется глубиной проникновения корневой системы клевера.

Ежегодная безотвальная обработка и отвальная вспашка на 20-22 см приводит к миграции и накоплению нитратного азота соответственно на

глубине 150-160 и 170-180 см. Возделывание клевера позволяет рационально использовать нитратный азот из корнеобитаемого слоя. В нижележащих слоях он остается не использован.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПО БИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

4.1. Содержание органического углерода в серой лесной почве в зависимости от приема основной обработки

Значение и функции соединений углерода определяются многообразием образуемых им соединений и их особой ролью в процессах почвообразования и плодородия почв. Мы использовали этот показатель для характеристики изучаемых агросистем.

В среднем за период вегетации (2008г.) на залежном участке в слое 0-30 см содержание органического С соответствовало - $25,8 \pm 1,1$ г С на кг почвы. В агроэкосистемах он был на одном уровне от $31,8 \pm 2,1$ до $32,5 \pm 1,4$ г С на кг почвы ($НСР_{05} = 3,12$ г С на кг почвы).

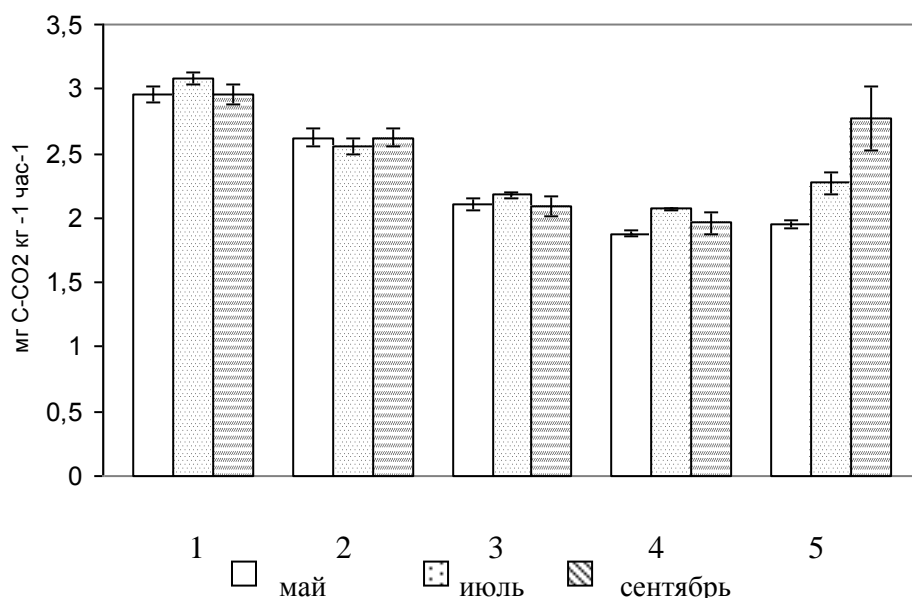
В сезонной динамике отмечается тенденция снижения органического С от начала вегетации к середине. На залежи этот показатель в мае в слое 0-20 и 0-30 см соответственно составил $27,4 \pm 0,5$ и $27,2 \pm 0,7$ г С на кг почвы, к июлю он снижался до значений $25,5 \pm 0,4$ и $25,1 \pm 0,4$ г С на кг почвы. В агроэкосистемах в мае в слое 0-20 и 0-30 см содержание органического С колебалось соответственно от $33,4 \pm 0,6$ до $34,3 \pm 0,3$ ($НСР_{05} = 1,36$ г С на кг почвы) и $31,1 \pm 1,0 - 33,4 \pm 0,5$ г С на кг почвы ($НСР_{05} = 1,18$ г С на кг почвы). Низкое содержание органического С в слое 0-30 см в этот период отмечено на варианте с ярусной вспашкой на 28-30 см – $31,1$ г С на кг почвы ($НСР_{05}=1,18$ г С на кг почвы). К июлю этот показатель в агроэкосистемах снижался соответственно до уровня – $31,8 \pm 0,3 - 33,5 \pm 0,6$ в слое 0-20 см ($НСР_{05}=1,18$ г С на кг почвы) и $30,5 \pm 0,8 - 31,5 \pm 0,5$ г С на кг почвы в слое 0-30 см ($НСР_{05}=1,11$ г С на кг почвы). После осенней основной обработки происходило увеличение содержания органического С. В слое 0-20 см по агроэкосистемам этот показатель определялся значениями $34,1 \pm 0,6$ г С на кг почвы ($НСР_{05}=1,29$ г С на кг почвы). Видимо, это связано с активизацией биогенных процессов в почве за счет дополнительных источников органических веществ, поступающих в почву в виде растительных остатков. С глубиной происходит снижение органического вещества во всех агроэкосистемах.

Содержание органического углерода в агроэкосистемах выше, чем на участке залежи и не зависит от приема и глубины основной обработки серых лесных почв. Содержание органического углерода в агроэкосистемах снижается от начала вегетации к середине и возрастает к концу вегетационного периода.

4.2. Влияние приемов основной обработки на микробиологическую активность серой лесной почвы

Биологическая активность почвы агроэкосистем оценивается по величине продуцирования углекислого газа микробиологическим комплексом серой лесной почвы. Выделение углекислого газа из почвы, характеризует стадии круговорота углерода и служит показателем темпов разложения органического вещества, интенсивности биогенных процессов в почве и отражает уровень ее плодородия.

На участке залежи было установлено максимальное дыхание микроорганизмов. Средние показатели на залежи в течение вегетационного периода определились значениями эмиссии С - CO₂ - 3,0 мг CO₂ за час из кг почвы (рис. 5).



1- залежь; 2 – ежегодная безотвальная на 6-8 см; 3 – ежегодная безотвальная на 20-22 см; 4 – ежегодная отвальная вспашка на 20-22 см; 5 – периодическая ярусная вспашка на 28-30 см
Рисунок 5. Сезонная эмиссия С- CO₂ из слоя 0-30 см серой лесной почвы

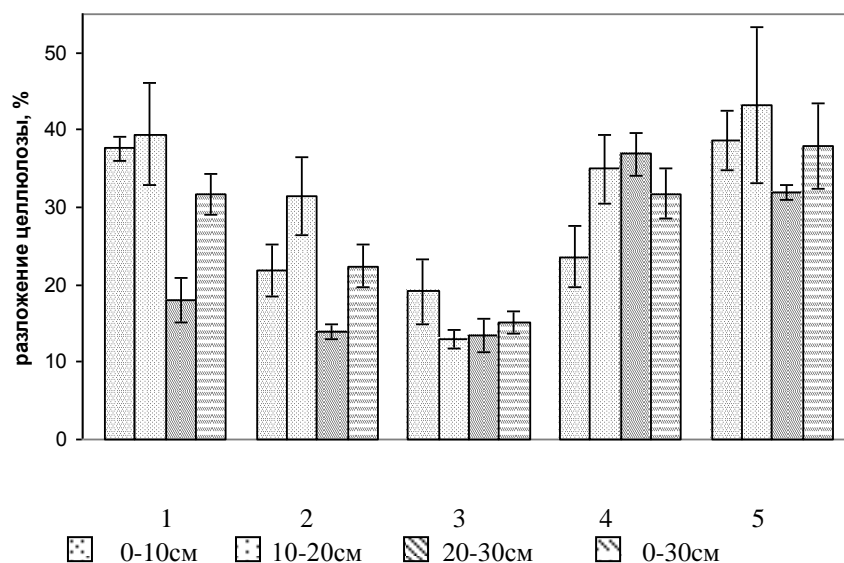
В агроэкосистемах повышенной эмиссионной способностью выделяются почвы с мелкой обработкой. На ежегодной мелкой обработке эмиссия С- CO₂ составила 2,6 мг CO₂ за час из кг почвы. В них наблюдается большая интенсивность протекания биохимических процессов, связанных с минерализацией органического вещества, по сравнению с глубокими обработками почвы. На ежегодной отвальной вспашке на 20-22 см продуцирование углекислого газа составило 1,97 мг CO₂ за час из кг почвы, что является самым низким показателем в рамках изучаемых агроэкосистем, на ежегодной глубокой безотвальной – 2,12 мг CO₂ за час из кг почвы. На периодической ярусной вспашке на 28-30 см к середине вегетации этот показатель определялся 2,27 мг CO₂ за час из кг почвы. Однако после проведения осенней безотвальной обработки на 6-8 см он увеличивался и достигал

значений – 2,77 мг CO₂ за час из кг почвы, что было на уровне ежегодной мелкой обработки. В наших исследованиях динамика выделения CO₂ из почвы зависела от приемов основной обработки почвы, а также от периода вегетации озимой ржи. Наблюдается тенденция увеличения эмиссии углекислоты в период колошения растений, что может быть связано с ростом корневой системы озимой ржи и нарастания процессов дыхания почвы за счет повышения активности ризосферной микрофлоры.

4.3. Влияние приемов обработки на целлюлозоразлагающую активность почвы

В результате механических обработок изменяются не только физические свойства почвы, но происходит перераспределение органического материала в обрабатываемых слоях. Это определяет микробиологическую активность целлюлозоразлагающей микрофлоры.

Более активно разложение льняного полотна наблюдалось в агросистемах с ежегодной отвальной на 20-22см и периодической ярусной вспашкой на 28-30 см. Разложение клетчатки в слое 0- 30 см этих агросистем соответственно было 31,8 и 37,9% (рис. 6).



1 – залежь; 2- ежегодная безотвальная на 6-8 см; 3 – ежегодная безотвальная на 20-22 см; 4 – ежегодная отвальная вспашка на 20-22 см; 5 – периодическая ярусная вспашка на 28-30 см.

Рисунок 6. Степень минерализации целлюлозы в зависимости от приема основной обработки почвы

Это обусловлено высокой аэрацией и низкой плотностью сложения почвы, наличием достаточного количества растительных остатков. Все это способствовало увеличению пула микроорганизмов – целлюлозолитиков.

Высокая степень минерализации целлюлозы в слое 0-20 см отмечалась и на участке залежи. Основной причиной активности целлюлозоразлагающей микрофлоры, вероятно можно считать, обильное развитие в слое 0-20 см корневой системы растений, выделения корнями специфических биологически активных веществ, концентрацией органических остатков. Ежегодное повторение и наложение этих процессов обусловило формирование микробного пула с высокой активностью целлюлозоразрушающей микрофлорой, обеспеченной энергетическим материалом. В слое 20-30 см минерализационная активность залежи резко снижается до слабой – 18,1%. В агроэкосистемах, обработанных безотвально интенсивность минерализации целлюлозы в слое 0-30см достоверно ниже и определяется значениями 22,4 и 15,1% (НСР₀₅= 7,4%) и соответствует слабой интенсивности минерализации. Самая низкая интенсивность разложения клетчатки отмечается в пахотном слое, обработанном безотвально на 20-22 см.

Таким образом, по интенсивности минерализации целлюлозы агроэкосистемы с безотвальными обработками уступают почве залежи и агрофонам, обработанным отвально.

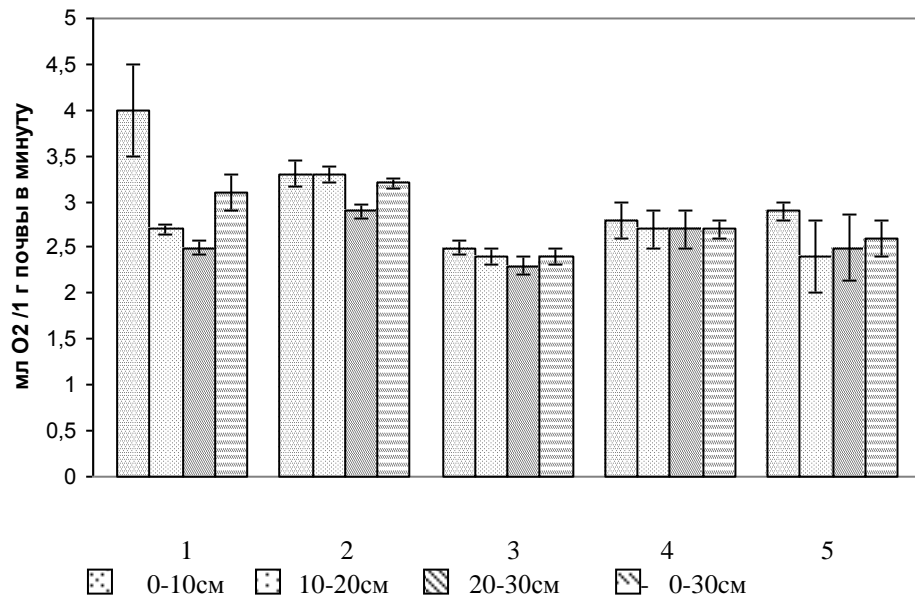
4.4. Ферментативная активность каталазы в зависимости от приема основной обработки почвы

В своих исследованиях мы учитывали активность окислительно-восстановительного фермента каталазы, участвующего в биогенезе гумму-совых веществ. Значения активности каталазы используют для предварительной оценки биологической активности почвы и уровня ее плодородия. Наблюдения показали, что в агроэкосистемах и на залежном участке, активность фермента с глубиной снижается не зависимо от приема и глубины основной обработки почвы.

Наибольшее выделение кислорода отмечалось в почве залежи, что указывает на активность почвенной биоты и ферментов в естественных биоценозах. Особенно увеличение катализа окислительно-восстановительных процессов наблюдалось в верхнем 0-10 см слое почвы – 4,0 мл O₂/1г почвы в минуту.

Динамика средних значений активности каталазы в агроэкосистемах в слое 0-10 см была в пределах 2,5-3,3 мл O₂/1г почвы в минуту (коэффициент вариации U=3,74%, НСР₀₅=0,7%)(рис.7). Достоверное снижение ферментативной активности каталазы отмечено при ежегодной безотвальной обработке на 20-22 см. В слое 0-30 см этот показатель был на уровне - 2,4 мл O₂/1г почвы в минуту (U=3,74%).

Применение ежегодной безотвальной обработке на 6-8 см увеличивало окислительно-восстановительные процессы в почве. Наиболее активны в этом отношении слои 0-10 и 10-20 см.



1 – залежь; 2- ежегодная безотвальная на 6-8 см; 3 – ежегодная безотвальная на 20-22 см; 4 – ежегодная отвальная вспашка на 20-22 см; 5 – периодическая ярусная вспашка на 28-30 см.

Рисунок 7. Активность каталазы в зависимости от приема обработки серых лесных почв

Ферментативная активность в этой агроэcosysteme в слое 0-30 см определялась значением - 3,2 мл O₂/1г почвы в минуту, что достоверно выше, чем в агроэcosysteme с ежегодной безотвальной обработкой и отвальной вспашкой на 20-22 см, периодической ярусной вспашкой на 28-30 см (НСР₀₅=0,3%).

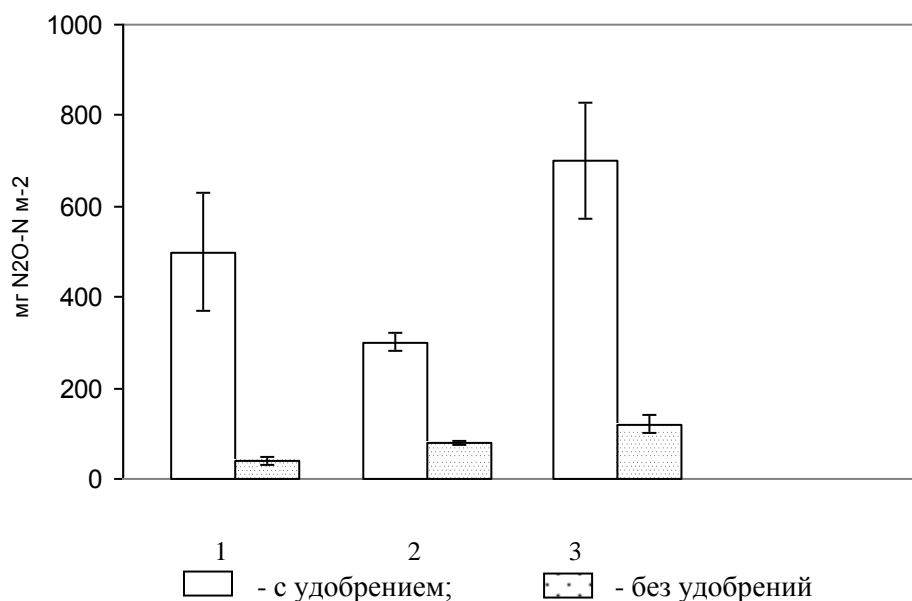
Вариация значений активности каталазы, в рамках изучаемых агроэcosysteme по слоям почвы не велика. Это свидетельствует о том, что во всех агроэcosysteme окислительно-восстановительные процессы биогенеза гумусовых веществ, протекают равномерно.

4.5. Эмиссия закиси азота в зависимости от приемов основной обработки почвы

Количество, выделяемого N₂O показывает уровень биологической активности почвы, экологическую направленность биохимических процессов, протекающих при сельскохозяйственном использовании земель.

Изучение эмиссии азота из почвы показало, что внесение минеральных удобрений привело к достоверно большим ($p < 0,001$) потерям N в виде N₂O. Максимальное выделение N₂O с внесением удобрений отмечено из агроэcosysteme с ежегодной отвальной вспашкой на 20-22 см (708 ± 127 мг N₂O - N м⁻²) и периодической ярусной вспашкой на 28-30 см (710 ± 120 мг N₂O - N м⁻²) (рис.8). По убыванию располагаются - агроэcosysteme с ежегодной безотвальной обработкой на 6-8 см (462 мг N₂O - N м⁻²) и с ежегодной безотвальной обработкой на 20-22 см (228 мг N₂O - N м⁻²). Кумулятивный поток N₂O с поверхности почвы без внесения азота достоверно больше ($p < 0,05$) в

агроэкосистеме с отвальной вспашкой на 20-22 см (140 ± 27 мг $N_2O - N м^{-2}$), а наименьший при ежегодной безотвальной обработке на глубину 6-8 см ($38,7 \pm 3$ мг $N_2O - N м^{-2}$).



1- ежегодная безотвальная на 6-8 см; 2 – ежегодная безотвальная на 20-22 см; 3 – ежегодная отвальная вспашка на 20-22 см

Рисунок 8. Кумулятивная эмиссия N_2O из серой лесной почвы в зависимости от агрогенной нагрузки

Эмиссионный фактор (процент потери азота в виде закиси от количества внесенного азота с удобрениями) не превысил критических значений 1,25% (IPCC) ни в одной из агроэкосистем. В агроэкосистеме с ежегодной отвальной вспашкой на 20-22 см этот показатель составил 0,66%, при периодической ярусной вспашке на 28-30 см – 0,68%, ежегодной безотвальной на 6-8 см и 20-22 см – 0,54% и 0,27% соответственно. Таким образом, ежегодные безотвальные обработки на глубину 6-8 см и 20-22 см привели к меньшей эмиссии N_2O из серой лесной почвы, чем ежегодная отвальная вспашка на глубину 20-22 см. Они являются оптимальными с агроэкологической точки зрения.

ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ АГРОЭКОСИСТЕМ НА СОДЕРЖАНИЕ В ПОЧВЕ СВИНЦА И КАДМИЯ

Применение ежегодной безотвальной обработки на 6-8 см в течении 25 лет обусловило в слое 0-10 и 10-20 см содержание валовых форм свинца на уровне залежного участка – $9,4 \pm 0,94$ и $6,4 \pm 0,64$ мг/кг почвы ($HCP_{05}=1,87$ и $1,49$ мг/кг почвы). Содержание валового кадмия в слое 0-10 см увеличилось на $0,13$ мг/кг почвы ($HCP_{05}=0,24$ мг/кг почвы). В слое 10-20 см его содержание оставалось на уровне участка залежи – $1,26 \pm 0,13$ мг/кг ($HCP_{05}=0,27$ мг/кг почвы).

Увеличение содержания свинца и кадмия наблюдается в агроэкосистеме с ежегодной отвальной вспашкой на 20-22 см. Содержание свинца в слое 0-10 см оставалось на уровне участка залежи - $10,4 \pm 1,04$ мг/кг ($НСП_{05}=1,87$ мг/кг почвы), а в слое 10-20 см этот показатель увеличивался до $8,9 \pm 0,89$ мг/кг почвы ($НСП_{05}=1,49$ мг/кг почвы). Концентрация кадмия в слое 0-10 см возрастала до $1,39 \pm 0,14$ мг/кг почвы ($НСП_{05}=0,24$ мг/кг почвы). В слое 10-20 см отмечается тенденция к накоплению этого элемента до $1,33 \pm 0,14$ мг/кг почвы ($НСП_{05}=0,27$ мг/кг почвы).

Таким образом, длительное применение ежегодной отвальной вспашки на 20-22 см, в результате сжигания дизельного топлива, обуславливает тенденцию увеличения содержания в серой лесной почве валовых форм свинца и кадмия (до $9,7 \pm 0,96$ и $1,36 \pm 0,14$ мг/кг) по сравнению с залежью ($7,8 \pm 0,78$ и $1,14 \pm 0,12$). Применение ежегодного безотвального рыхления на 6-8 см, за счет уменьшения количества используемого топлива, не приводит к накоплению тяжелых металлов в слое почвы 0-20 см. В целом уровень содержания свинца и кадмия в изучаемых агроэкосистемах не превышает ПДК этих элементов в серой лесной почве.

ГЛАВА 6. ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ АГРОЭКОСИСТЕМ

Изучаемые агроэкосистемы предназначены для производства сельскохозяйственной продукции – выращивания зерна озимой ржи. Сравнительная оценка продуктивности, изучаемых агроэкосистем показывает, что наиболее высокий урожай зерна озимой ржи был получен в агроэкосистемах с безотвальной обработкой на глубину 6-8 и 20-22 см.

В среднем за 2007 и 2008 годы он составил 59,3 и 58,3 ц/га соответственно. В агроэкосистемах с отвальной вспашкой на 20-22 см и ярусной вспашкой на 28-30 см продуктивность озимой ржи варьировала от 55,8 до 56,8 ц/га.

Расчет экономической эффективности производства зерна озимой ржи показывает, что при безотвальной обработке на 6-8 и 20-22 см расход дизельного топлива на один центнер зерна снижается, в сравнении с отвальной вспашкой, на 32 и 14 % соответственно. Применение ярусной вспашки на 28-30 см приводит к увеличению расхода топлива на 4% в сравнении с отвальной вспашкой.

Важнейшим экономическим показателем в производстве сельскохозяйственной продукции является и сокращение затрат рабочего времени на производство 1 центнера зерна. В агроэкосистемах с безотвальной обработкой на 6-8 и 20-22 см в сравнении со вспашкой на 20-22 см потребность рабочего времени на производство 1 центнера зерна озимой ржи снижается на 25 и 12 % соответственно.

Таким образом, применение приемов безотвальной обработки на 6-8 и 20-22 см вместо отвальной вспашки на 20-22 см обеспечивает уменьшение расхода дизельного топлива на производство 1 центнера зерна на 32 и 14 %, а потребность рабочего времени на 25, 12 % соответственно.

ВЫВОДЫ

1. Антропогенное влияние, обусловленное ежегодными основными обработками, приводит к ухудшению агрофизических свойств серой лесной почвы. Это выражается в ухудшении условий формирования водопрочных агрегатов, снижении микроагрегированности почвы, изменении коэффициента полидисперсности и плотности сложения почвы. Близкие к оптимальным агрофизические показатели формируются в агроэкосистемах при использовании безотвального рыхления почвы на глубину 6-8см.

2. Применение под зерновые культуры безотвальных обработок на 6-8, 20-22 см обуславливают накопление неиспользованного нитратного азота в корнеобитаемом слое преимущественно на глубине 100-160см. При использовании отвальной вспашки на 20-22 см происходит более интенсивное вымывание нитратного азота и накопление его на глубине 60-80 и 160-180 см. Возделывание клевера красного позволяет использовать мигрированный нитратный азот из почвы до глубины 160 - 170 см.

3. Высокий уровень биологической активности по интенсивности продуцирования С-СО₂ отмечается на участке залежи и в агроэкосистеме с ежегодной безотвальной обработкой на 6-8см. Ферментативная активность каталазы (3,2 мл О₂/1г почвы в минуту) также достоверно выше в почве этой агроэкосистемы. По интенсивности минерализации целлюлозы агроэкосистемы с безотвальными обработками уступают почве залежи и агрофонам, обработанным отвально.

4. Ежегодные безотвальные обработки на 6-8 см и 20-22 см приводят к меньшей эмиссии N₂O из серой лесной почвы, чем ежегодная отвальная вспашка на 20-22 см. Они являются оптимальными с агроэкологической точки зрения. Эмиссионный фактор (процент потери азота в виде закиси от количества внесенного азота с удобрениями) не превысил критических значений 1,25% (JРСС) ни в одной из агроэкосистем.

5. Длительное применение ежегодной отвальной вспашки на 20-22 см, в результате сжигания дизельного топлива, обуславливает увеличение содержания в серой лесной почве валовых форм свинца и кадмия (до 9,7±0,96 и 1,36±0,14 мг/кг) по сравнению с залежью (7,8 ±0,78 и 1,14± 0,12). Использование ежегодного безотвального рыхления на 6-8 см, за счет

уменьшения количества топлива, не приводит к накоплению тяжелых металлов в слое почвы 0-20 см. В целом уровень содержания свинца и кадмия в изучаемых агроэкосистемах не превышает ПДК этих элементов в серой лесной почве.

6. Использование безотвальной обработки на 6-8см уменьшает расход дизельного топлива на производство 1 центнера зерна на 32 %, (по сравнению с отвальной вспашкой), не снижая продуктивности возделываемой культуры. Применение этого приема позволяет оптимизировать эколого-биологическое состояние агроэкосистем в Опольной зоне за счет снижения антропогенного воздействия на педосферу.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

С целью сокращения уровня агрогенного воздействия и биологизации приемов основной обработки серой лесной почвы, при возделывании озимой ржи, отвальную вспашку на 20-22 см целесообразно заменить на мелкую безотвальную обработку на 6-8 см.

Материалы исследований могут быть использованы для подготовки специалистов почвенно – экологического и земледельческого профиля в вузах ЦНЗ в соответствующих разделах курсов агроэкологии, почвоведения, земледелия, а также для разработки научных рекомендаций производству в целях сохранения и повышения плодородия серой лесной почвы.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Зинченко, В.С. Антропогенное преобразование серой лесной почвы/ В.С. Зинченко, З.М. Петрова. Агрохимический вестник.-2009.-№1- С.36-37.
2. Зинченко, С.И. Влияние обработки на агрогенное преобразование серых лесных почв/ С.И. Зинченко, З.М. Петрова, В.С. Зинченко. Земледелие.-2010.- №1. С.20-21.
3. Зинченко, М.К. Влияние приемов основной обработки почв на биологическую активность серых лесных почв Владимирского ополья/ М.К. Зинченко, Н.П. Бучкина, Е.Я. Рижая, С.В. Павлик, В.С. Зинченко. Земледелие.-2011.- № 8. С.25-27.
4. Зинченко, С.И. Приемы основной обработки серых лесных почв/ С.И. Зинченко, В.С. Зинченко. Сб. докладов: Международная научно-практическая конференция Республика Казахстан.-«Ресурсосбережение и дивер-

сификация как новый этап развития идей А.И.Бараева о почвозащитном земледелии» Шортанды, 2008.- С.72-77.

5. Зинченко, В.С. Влияние приемов обработки серых лесных почв на развитие корневой системы озимой ржи/ В.С.Зинченко, А.А.Безменко//Сборник докладов: Всероссийской научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии для земледелия и животноводства Владимирского ополья» Владимирский НИИСХ.-Суздаль, 2008.- С.77-81.

6. Зинченко, В.С. Оптимальная плотность серых лесных почв/ В.С. Зинченко, А.А.Безменко, Д.А. Талеева. Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса//Иваново:ФГУ ИГСХА, 2009.- Том 1.- С. 47-50.

7. Зинченко, В.С. Влияние техногенеза в агросистеме на запасы продуктивной влаги/ В.С. Зинченко, А.А.Безменко, Д.А.Талеева. Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса// Иваново: ФГУ ИГСХА, 2009.- Том 1.- С.47-50.

8. Шеин, Е.В. Полевые методы агрофизического исследования почвенного покрова/ Е.В. Шеин, С.И. Зинченко, М.В. Банников, А.И. Позняков, В.С. Зинченко. Методическое руководство.- Владимир, 2009.- 68с.

9. Зинченко, В.С. Агрогенное влияние на водный режим серых лесных почв в условиях их неоднородности/ В.С. Зинченко, А.А.Безменко, Д.А.Талеева. Материалы:Международной научно-практической «Эрозия почв: проблемы и пути повышения эффективности растениеводства» Ульяновский НИИСХ.-Ульяновск, 2009.- С.115-117.

10. Зинченко, С.И. Влияние приемов обработки на структурно-функциональные свойства серых лесных почв/ С.И. Зинченко, В.С. Зинченко. Сборник: Материалы докладов на международной научно-практической конференции «Нанобиотехнологии в сельском хозяйстве». Доклады ТСХА. М.,2009,-Вып. 281.- С.37-39.

11. Мазиров, М.А. Влияние системы основной обработки серых лесных почв под озимую рожь на ее продуктивность/ М.А. Мазиров, В.С. Зинченко, А.А. Безменко. Сборник докладов: Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии» РГАУ-МСХА.-М.,2010.- С.325-330.

12. Buchkina, N.P. N₂O emission from loam gey soil under different tillade in Vladimir redion on Russia / N.P. Buchkina, E.Y.Rizhiya, S.V. Pavlik, B.S.Zinchenko, S.I. Zinchenko. Conference ege University Facylty of Agriculture Department of Agricultural Vachinery 35100 Bornova – izmir/ Turkey . June 15 – 19. 2009. – Т. 6. – 003 – 1 – 6.