

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока»

На правах рукописи



Верин Александр Юрьевич

**ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ИСКУССТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЗОНЕ
ВЛИЯНИЯ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ
(НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОН
САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)**

03.02.08 – экология (биология)

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, **Медведев И.Ф.**

Саратов – 2019

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	4
Глава 1. Обоснование выбора направления исследования	10
1.1. История и современное состояние прикладной экологии почвы в ландшафте	10
1.2. Понятие «Ландшафт»	11
1.3. Роль лесных насаждений в формировании микроклимата ландшафта	13
1.4. Особенности влияния лесных насаждений на доступные элементы плодородия почвы	16
1.5. Роль лесных насаждений в аккумуляции и перераспределении тяжелых металлов в ландшафте	22
Глава 2. Характеристика места проведения исследований, схемы опытов и методика их проведения	25
2.1. Характеристика региональных природных условий	25
2.2. Ландшафтная характеристика объекта исследований	29
2.3. Метеорологические условия проведения опытов	36
2.4. Методика исследований	37
Глава 3. Роль лесных насаждений в формировании микроклиматических показателей ландшафта	39
3.1. Скорость ветра	39
3.2. Температура воздуха и почвы	43
3.3. Влажность воздуха	49
3.4. Особенности формирования снегового покрова и глубины промерзания почвы в ландшафте	53
3.5. Динамика формирования доступной влаги в почве ландшафта	61
Глава 4. Агрофизические свойства почвы в зоне влияния лесных насаждений	65
4.1. Изменение морфологических свойств почв ландшафта	65
4.2. Характеристика гранулометрического состава почвы ландшафта	69
4.3. Характеристика структурного состава почвы ландшафта	75
4.4. Особенности формирования плотности и порозности почвы ландшафта	80
4.5. Изменение твердости почвы ландшафта	89
Глава 5. Роль листового опада в формировании почвенного плодородия	92
5.1. Количественное распределение листового опада лесных	92

	насаждений в ландшафте	
5.2.	Гумус как стабилизатор экологического равновесия в ландшафте	97
5.3.	Формирование доступных элементов питания почвы	102
5.3.1.	Нитрифицирующая способность почвы	105
5.4.	Роль лесных насаждений в аккумуляции тяжелых металлов в почве	106
Глава 6.	Эколого-энергетический потенциал облесенных ландшафтов	110
6.1.	Продуктивность яровой пшеницы культурного ценоза в зоне действия лесных насаждений	110
6.2.	Эколого-энергетический потенциал ландшафта	115
	Заключение	121
	Список используемой литературы	126
	Приложения	146

Введение

Актуальность исследований. Почва – это составляющая биосферы, естественноисторическое тело, которое представляет собой взаимосвязь рельефа, климата, горных пород и живых организмов в развитии и обладающее плодородием. Почва представляет собой тончайший покров жизни, который обеспечивает ее многообразие и эволюцию. Вследствие этого почва выступает важнейшим и наиболее стабильным элементом наземных экосистем. Почвенная экология изучает закономерные отношения между почвой и средой ее развития в природной и антропогенной динамике.

В условиях системного экологического кризиса возрастает роль почвенного покрова как регулятора естественного современного функционирования экосистем, что отображает актуальность почвенных исследований [Воробьева Е.А.(1979), Звягинцев Д.Г.(1987), Ларионов В.В., Булаткин Г.А. (1998), Добровольский Г.В. (2000), Бучкина Н.П., Лукин С.М. (2010)].

Вопросы почвенной экологии в зоне защитного влияния растительного сообщества недостаточно изучены, в частности влияние растительного сообщества и других экологических условий на формирование таких экологических факторов как плодородие почвы, физические свойства почвы, и другие [163].

Актуальной задачей почвенной экологии является выявление степени защитного влияния растительного сообщества на экологические параметры ландшафта в географическом отношении, при смене климатических условий обуславливающих рост и формирование биоценозов, под которыми развиваются почвы с соответствующими физическими свойствами.

Степень разработанности темы. Многочисленные исследования и накопленный практический опыт показывают, что защитные растительные сообщества являются универсальным объектом воздействия и экологической стабилизации ландшафта, что особенно важно в засушливых условиях

степного Поволжья. Исследованиями различных экологических параметров в зоне защитного влияния растительного сообщества в современных условиях занимались многие исследователи: И.Ф. Медведев (2014), П.Н. Проездов (1999, 2014), Е.С. Павловский (2008, 2011), Н.В. Мищенко (2015), Д.А. Маштаков (2016), В.И. Кирюшкин (2006, 2011), Т.А. Трифонова (2017), Д.А. Анисимов (2014), В.М. Ивонин (2008, 2010), Е.В. Полуэктов (2005, 2011), Л.В. Колесникова (2006), В.Б. Беляк (2008), Н.З. Милащенко (2018), К.Н. Кулик (2008), В.Н. Титов (1981) С.И. Зинченко (2017), Д.В. Дубовик (2016), В.И. Михин (2013) и другие.

При этом слабо разработанными оказались вопросы, связанные с формированием экологических параметров в разных экологических условиях, степень состояния экологических параметров в межполосном пространстве и в зоне действия полезащитной лесной растительности при различном по времени их функционировании. Теоретическое обоснование доминантных экологических параметров позволит оптимизировать и стабилизировать ландшафт.

Работа выполнялась в рамках Программы ФНИ государственных академий наук на 2013-2020 годы «Теория, критерии и индикаторы естественной и антропогенной трансформации почв в различных природно-климатических зонах России в целях сохранения и рационального использования почвенного плодородия и производства качественной растениеводческой продукции в условиях техногенеза и изменения климата» (№0751-2016-0002).

Цель исследований – установить особенности формирования и провести оценку взаимосвязей экологических параметров искусственных экосистем в зоне влияния лесных насаждений на примере лесостепной и степной зон Саратовской области.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- Определить географические особенности состояния и направленность формирования экологических параметров

искусственных экосистем.

- Выявить уровень влияния лесных насаждений на изменения основных экологических параметров искусственных экосистем.
- Выявить количество поступающей органики в почву от лесных насаждений и её распределение в межполосном пространстве ландшафта.
- Установить особенности изменения микроклимата под влиянием лесных насаждений и его связь с формированием почвенно-экологических параметров ландшафта.
- Оценить влияние разновозрастных лесных насаждений на состояние основных почвенно-экологических параметров ландшафта.
- Провести эколого-энергетическую оценку состояния изучаемых ландшафтов.

Научная новизна. В результате комплексных исследований впервые для различных ландшафтов Саратовской области получены данные состояния экологических параметров в межполосном пространстве и в зоне влияния полезащитной лесной растительности при различном по времени их функционировании. Установлена количественная зависимость уровней содержания почвенно-экологических индикаторов (продуктивной влаги, содержания гумуса, агрофизических и почвенно-агрохимических показателей) от типа, подтипа изучаемых почв защищенных полезащитными насаждениями и на участках вне зоны влияния лесной растительности.

Выявлены географические особенности формирования микроклимата и основных параметров плодородия почвы изучаемых ландшафтных районов. Установлено, что смена почвенно-экологических условий выражается в изменении морфологии почвенного профиля, содержания и запасов гумуса, агрофизических и водно-физических свойств почвы. Проведено ранжирование по значимости экологических параметров участвующих в формировании экологически устойчивых ландшафтов.

Теоретическая и практическая значимость. Полученные результаты исследований могут быть использованы научными, проектными и производственными организациями при внутрихозяйственном землеустройстве для усиления экологической устойчивости ландшафтов при трансформации их в агроландшафты, а также составлении прогнозных карт экологической устойчивости почвенно-растительной системы в процессе сельскохозяйственной интенсификации использования почв.

Объект и предмет исследований. Объект исследований - почвенно-растительные системы изучаемых ландшафтов. Предмет исследований – экологические параметры почвы в зоне действия лесных насаждений изучаемых ландшафтов.

Методология и методы исследований. Методология исследований основана на анализе научной отечественной и зарубежной литературы, ранее проведенных исследований. В работе использованы экспериментальные, полевые, лабораторные, аналитические и статистические методы исследований.

Степень достоверности работы. Обоснованность и достоверность результатов подтверждается большим объемом экспериментального материала, полученного при проведении полевых и камеральных работ, обработанного современными методами математической статистики с использованием персональных компьютеров и специальных программ STAT, Excel

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на научно-практических конференциях различных уровней: Всероссийских: ФГБНУ ВНИИЗ и ЗПЭ «Почвозащитное земледелие в России», (Курск 2016 г.); ФГБНУ «Ульяновский НИИСХ» «Эрозия почв: проблемы и пути решения эффективности растениеводства в адаптивно-ландшафтной системе земледелия», (Ульяновск 2017г.); Международных: СГАУ имени Вавилова «Вавиловские чтения», (Саратов 2015, 2016, 2017, 2018 гг.); ФГБНУ "Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока"

«Экологическая стабилизация аграрного производства. Научные аспекты решения проблемы», (Саратов 2015 г.) ФГБУ ГЦАС «Ставропольский» «Четвертая международная научная конференция эволюция и деградация почвенного покрова», (Ставрополь 2015г.); СГАУ имени Вавилова «Землеустройство Агрolandшафтов», (Саратов 2017 г.); ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии» «Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия», (Курск 2017 г.); СГАУ имени Вавилова «Современные технологии в сельскохозяйственной науке и производстве», (Саратов 2017 г.); Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина «Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности». Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, (Краснодар 2018 г.)

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 25 научных работ, общий объем которых равен более 3,0 п.л., в т.ч. 6 в изданиях перечня ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 159 страницах, включает введение, 6 глав, заключение, 42 рисунка и 27 таблиц. Список использованных литературных источников состоит из 202 наименований, в т.ч. 11 - на иностранных языках. Приложения включают 15 таблиц.

Защищаемые положения:

- Географическая изменчивость микроклимата в типичных для изучаемой ландшафтной местности условиях в системе полезащитных насаждений;
- Физические и воднофизические свойства изучаемых типов и подтипов почв активно участвующих в формировании почвенно-агрохимических параметров;
- Разновозрастные лесные насаждения оказывают существенное положительное влияние на плодородие почв в изучаемых ландшафтах;

- В защищенных лесными насаждениями полях продуктивность ландшафта определяется уровнем экологического состояния параметров плодородия почв и возрастом лесных насаждений;
- Защитные насаждения значительно повышают экологическую ёмкость ландшафтов;

Личный вклад автора. Автор принимал личное участие в разработке программы исследований, сборе полевых материалов, обработке и научном анализе полученных полевых и лабораторных данных, а также в публикации результатов исследований. Доля личного участия автора в проведенных исследованиях не менее 90%.

При написании диссертационной работы были использованы материалы, полученные лично автором, а также при участии сотрудников лабораторий агроландшафтов и ГИС: химико-аналитической и агрометеорологии. ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока. Научному руководителю доктору с.-х. наук, профессору И.Ф. Медведеву и всем сотрудникам вышеперечисленных лабораторий, автор выражает глубокую признательность за большую помощь в работе.

Глава 1. Обоснование выбора направления исследования

1.1. История и современное состояние прикладной экологии почвы в ландшафте

Развитие общего почвоведения в единстве с достижениями основных наук о почве, которые изучают эволюцию почвенных процессов и факторов их почвообразования под влиянием урбанизации территории, послужило началом для формирования нового направления - экология почв.

В.В. Докучаева в своих работах затрагивал основные вопросы и проблемы почвенной экологии. Впервые В.В. Докучаев вводит понятие естественноисторического тела, которое является элементарным для исследования биосферы [45].

Также В.В. Докучаев выделял необходимость управлять почвой с практической целью, изучать закономерности и соотношения в характере распределения почв и факторами почвообразователями изучать отношения в ряду: человек, животное, растительное и минеральное царство [46,51].

Л.И. Прасолов характеризовал экологию почвы как учение об отношении почвы с природными условиями и первым использовал термин экология почв, а также предложил отнести в отдельный независимый раздел почвоведения. Эти мысли нашли отклик у многих ученых Пенни, 1948г.; Титов, 1952г.; Волобуев, 1953г.; Соболев, 1954г.; Иванова, Розов, 1960г.; и др.

В 1973 году печатаются монографии: «Экология почв» 1973г., «Система почв мира» 1973г. и «Введение в энергетику почвообразования» 1974г. под редакцией В.Р. Волобуева. Автор в своих работах доказывал независимость экологии почв, как системы об отношениях между почвой и средой ее формирования, сформировал главные утверждения и методы.

И.А. Соколов выделяет экологию почв, как часть почвоведения, изучающая закономерности, функционирующие в системе почва - факторы.

Он внес большой вклад в становление экологии почв как науки. Дополнил и обновил многие термины, методы, принципы и законы экологии почв, такие как экологическое пространство, экологическая ниша, экологический ареал и сенсорность почв.

В работах по экологии почвы выделяются закономерные взаимосвязи в системе почвы со средой ее формирования. Изучение не только внешний обмен веществом и энергии почвы с природной средой, но и внутренней общности связей как системы. Объектом изучения экологических систем могут выступать не только биологические организмы, но и биокостные тела, такие как почва [83].

Современная экология почв изучает закономерные взаимосвязи между почвой и средой, где она формировалась в их природной и антропогенной динамике [69].

На сегодняшний день особенно остро встает вопрос отношений человека и почвы, отрицательного антропогенного влияния на почвенную среду (деградация и загрязнение почвы) [81,84].

1.2. Понятие «Ландшафт»

Ландшафт – это один из основных терминов, в фундаменте которого находится понятие, что все части природной среды связаны и взаимодействуют как в историческом формировании, так и в своих территориальных изменениях, в результате которых они организуют геосистемы [91,178].

Наименьший уровень ландшафта образуют наименьшие и неделимые геосистемы – фации, образование которых связано с уникальными факторами, распространяющимися на локальную территорию в границах единственной части рельефа. Фации собираются в массивные территориальные системы различных ограниченных значений, которые с последующем объединении доходят до региональной степени. Образование

происходит вследствие воздействия факторов с обширной зоной воздействия. В процессе жизнедеятельности ландшафта происходит накопление, изменение и обмен вещества и энергии, которые соединяют все компоненты ландшафта в одну систему [102].

По мнению Ф.Н. Милькова, «ландшафт – это саморегулируемая открытая конструкция, внутри которой основным фактором выступают один или несколько компонентов влияющих на функционирование и взаимосвязь комплексов меньшего порядка» [123].

Ландшафты подразделяются на природные, формирование которых происходит под действием только естественных факторов без воздействия антропогенного влияния, и на антропогенные, которые изменялись в результате хозяйственного функционирования. Эволюция в ландшафте происходит постоянно. Наиболее популярным примером изменения являются сезонные ритмы [124].

Динамика ландшафта определяет его устойчивость, но эволюция происходит постоянно, но с не одинаковой скоростью, при разном времени развития необходим долгий срок, чтобы его изменения стали заметными. Влияние на эволюцию ландшафта оказывают как внешние причины (изменения в климате), так и внутренние (эволюция растительного покрова и его взаимодействие с абиотическими компонентами).

Н.А. Солнцев понимает под естественным ландшафтом «генетически одинаковый природно-территориальный комплекс, имеющий единое геологическое строение, одну форму рельефа и климата, состоящий из уникальных меняющихся и связанных урочищ» [162].

По мнению А.Г. Исаченко, «ландшафт – это генетически однородная территория с однородным геологическим строением, однородным рельефом, общим климатом, однообразным сочетанием гидротермических условий, видов почв, биоценозов и, следовательно, с однохарактерным сочетанием более простых географических комплексов» [83,84].

Наиболее полно понимает В.Б. Сочава, «ландшафт находится на стыке локальных и региональных геосистем. Природный ландшафт это региональная геосистема, которая состоит из взаимосвязанных генетически и функционально локальных геосистем, развивавшихся на одной морфоструктуре в условиях местного климата» [161].

Ландшафт - это развивающаяся средообразующая геосистема, которая имеет историческую память и обладает экологическими взаимосвязями [161,162].

1.3. Роль лесных насаждений в формировании микроклимата ландшафта

Первым положил начало научных исследований по полезащитному лесоразведению профессор В.В. Докучаев во время особых экспедиций. Более полное изучение агрономического значения лесных насаждений проходило вначале тридцатых годах. Впервые в России ВНИАЛМИ и Укр. НИИЛХ изучали влияние лесных насаждений на скорость ветра, температуру и влажность воздуха, отложение снега, влажность почвы, испарение и другие экологические показатели в межполосном пространстве.

В это время получены ценные данные по изучению аэродинамических свойств лесных насаждений и их влияния на микроклимат получили Я.Д. Панфилов, В.А. Бодров, и др. В дальнейшем изучение влияние лесных насаждений на микроклимат было расширено и углубленно. Проводился массовый учет, и привлекались научные работники гидрометеорологической службы СССР. Выполненная научная работа помогла сделать ряд практических выводов и предложений о ширине и размещении лесных насаждений, размере межполосных клеток, конструкции лесных полос. Установлено большое и разнообразное агрономическое и экологическое значение лесных насаждений.

Полезащитные лесные насаждения оказывают большое влияние на микроклимат прилегающей территории, прежде всего изменяя ветровой режим, вследствие его регулирования, полезащитные лесные насаждения воздействуют на другие компоненты микроклимата.

Лесные насаждения уменьшают скорость ветра и снижают его силу на межполосных пространствах, за счет изменения характера турбулентных потоков воздуха [110].

Влияние лесных насаждений складывается как с наветренной, так и с подветренной стороны и зависит от высоты полос и их густоты. От высоты насаждений зависит, на какое расстояние простирается их влияние. Чем выше полезащитная лесная полоса, тем дальше она действует. Ветер, подходя к полосе, начинает терять свою скорость еще на расстоянии, равном $5-10H$ (H – средняя высота лесных насаждений) ее высотам. В подветренную сторону влияние насаждений сказывается значительно сильнее до расстояния $20-30H$ ее высот [110,115].

От густоты полезащитных лесных полос зависит эффективность их влияния в части уменьшения скорости ветра и перемешивания слоев воздуха. Различают три основные конструкции лесных полос: ажурную, продуваемую и плотную. Ажурная конструкция - на пути ветра стоит равномерно проницаемая для него сверху донизу полоса. Основная часть воздушного потока проходит через лесную полосу, не меняя направления, а лишь уменьшая свою скорость на 10-30% от скорости в незащищенном поле. Продуваемая конструкция - на пути ветра стоит густая, не проницаемая для ветра сверху и редкая внизу полоса. Воздушный поток при подходе к продуваемой полосе разделяется на две части, из которых верхняя переваливает через насаждение, а нижняя с усиленной скоростью проходит между голыми стволами деревьев, снижая скорость воздушного потока на 30-40% от скорости в незащищенном поле. Плотная конструкция - на пути ветра стоит густая сверху донизу лесная полоса. Ветровой поток проникает крайне слабо и снижает скорость на 90-100% от скорости ветра в открытом поле,

переваливает через полосу сверху и на некотором расстоянии вновь спускается, образуя «воздухопады» [133].

Полезацинтные лесные насаждения не только уменьшают скорость ветра, но и снижают его температуру, увеличивает влажность воздуха, и уменьшают испаряемость влаги.

«Снижение скорости ветра и вертикального движения воздуха под влиянием лесных полос уменьшает теплообмен в приземном слое воздуха. При этом они неодинаково воздействуют на температурный режим воздуха и почвы прилегающих полей в течение всего суточного периода и вегетационного сезона. Наибольшее отепляющее влияние лесных полос отмечено в утренние и вечерние часы. Отепляющее днем и охлаждающее ночью действие полос на прилегающие поля составляет 0,5-3С°. Чем суше и яснее погода, тем резче сказывается это влияние в сторону повышения температуры воздуха днем и понижения ночью, в пасмурные же дни эти показатели нивелируются» [138].

«Полезацинтные лесополосы, тормозя воздушные потоки и снижая скорость ветра, обеспечивают повышенное и более равномерное по сравнению с незащищенным пространством снегонакопление» [136].

«Лесные полосы регулируют температурный режим, уменьшая суточные колебания температуры воздуха» [137]. «В Докучаевской системе лесополос в Каменной степи количество осадков увеличилось на 20 мм, повысилась относительная влажность воздуха, сократился поверхностный и увеличился внутрпочвенный сток» [136,142]. «В засушливый период разница во влажности открытого и облесенного полей может составить 12%, а при сушевах – 20-30%» [159].

Уменьшение скорости ветра полезацинтными лесными полосами особенно сильно сказывается на уменьшении испарения влаги, как с поверхности почвы, так и через листья растений. Это напрямую влияет на водообеспеченность растений, их биологическую устойчивость. Установлено что скорость ветра в центре защищенного лесными полосами

восьмигектарного поля уменьшилась почти вдвое, в результате чего испарение влаги уменьшилось также на 45-50%.

Положительное изменение микроклимата в зоне действия лесных насаждений способствуют повышению плодородия почв.

В.И. Кретинин считает что, «достоверное изменение содержания органических и минеральных веществ в почве наблюдается на расстоянии 4Н от лесополосы и 3Н от лесных массивов» [104,105].

1.4. Особенности влияния лесных насаждений на доступные элементы плодородия почвы

«Плодородие почв заключается в способности обеспечить сельскохозяйственные растения питательными веществами, водой, воздухом. Лесные полосы препятствуют смыву верхнего плодородного слоя, что служит дополнительной причиной почвоулучшения» [71,92].

«Основная причина повышения плодородия почв состоит в улучшении условий среды (микроклимата, гидрологического и водного режимов), что приводит к более интенсивному развитию растительности, образованию запасов органического вещества» [90]. «Система защитных лесных насаждений выполняет различные средозащитные функции от негативных природных и антропогенных воздействий» [97].

«Лесомелиоративные комплексы выступают основным регулятором экологического равновесия» [98]. В советское время активно развивалось защитное лесоразведение. Положительное воздействие полезащитных лесных полос складывается в основном тем, что они изменяют и смягчают силу ветра, который приносит огромный вред сельскохозяйственным территориям. Для степных районов зимой выносит снег с полей, а в весной и летом высушивает почву и выдувает посевы [113].

«Под действием лесных насаждений формируется особый микроклимат» [111]. «Изменение скорости ветра определяется

структурой самих защитных насаждений» [111,139]. «Оптимальные конструктивные особенности насаждений с учётом лесомелиоративного районирования способствуют максимальному их влиянию» [141].

«С возрастом лесополос увеличивается их высота, что приводит к изменению эффективности их ветрозащитного влияния. При перпендикулярном углу подхода воздушного потока к насаждениям отмечается наибольшее снижение его скорости» [150].

Лесные полосы, по данным «НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева», «лесные полосы ослабляют скорость ветра в среднем на 30- 60%. Средняя годовая скорость ветра в открытом поле составляет 5,6 м/с, в стометровой зоне от лесной полосы - 4,06 м/с» [159]. В результате ослабления скорости ветра защитные лесные полосы предотвращают выдувание снега и способствуют однородному распределению снега по территории [156].

Почвенный покров под более мощным снежным покровом меньше поддается промерзанию и быстрее оттаивает, впитывает больше талой воды, уменьшая поверхностный сток талой воды. Защитные лесные полосы сильно влияют на ослабление поверхностного стока в летний период [156,159].

Выявлено, что под защитой лесных полос поверхностный сток талых и атмосферных осадков уменьшается в 2,5 раза по сравнению с открытым полем. Вследствие этого улучшается микроклимат влажности почвы в зоне действия лесной полосы [155].

Лесные полосы выступают в роли преграды для ветра, тем самым влияют на понижение испарения влаги почвой и растениями в среднем на 40-45% по сравнению с открытым полем, а относительная влажность воздуха на 4-5% выше в зоне влияния защитных лесных полос. Лесные полосы особенно важны в борьбе с суховеями и пыльными бурями, которые выдувают плодородный слой почвы [156,170].

Полезатитные лесные полосы оказывают огромное значение в стабилизации и повышении продуктивности агроландшафта. Повышая урожай сельскохозяйственных культур, лесные насаждения по сравнению с

открытым полем на 26% у зерновых культур, на 20% у подсолнечника [170,171].

Зарубежные исследования доказывают, «что лесные полосы снижают параметры ветрового потока до 20 -30% от незащищённых участков» [188,192].

Г.Н. Высоцким изучал влияние защитных лесных насаждений в изменении показателей влажности слоя воздуха. «Лесные насаждения способствуют на межполосных полях в вегетационный период повышению влажности воздушных масс, снижению температуры приземного слоя воздуха, уменьшению испарения с открытой поверхности, что зависит от характеристики насаждений» [157].

Результаты исследований Г.Г. Данилова, Д.А. Лобанова, Л.А. Кузнецовой и др. показывают, «что влажность приземного слоя воздуха в системе защитных насаждений может повышаться на 20%. Максимальные значения отмечаются во время сильных засух и суховеев. Дальность влияния лесополос на влажность воздуха зависит от структуры насаждений, времени суток, сезона года» [59]. Результаты исследований В.В. Захарова, Г.И. Матякина установили «полезное влияние лесных насаждений до 10-15Н в заветренную сторону» [71].

«В системе лесных полос происходит изменение кинематики приземного слоя воздушных масс, что приводит также к изменениям температуры воздуха и поверхностного слоя почвы» [72]. «В приполосных зонах происходит снижение температуры воздуха на 0,2-1,4 С° по сравнению с открытыми участками» [73]. «В дневное время суток среди лесополос температура приземного слоя воздуха может понижаться до 1-1,5°С, в ночное время до 0,3-0,9°С» [74].

«В приполосных зонах от влияния насаждений различных структурных формирований наблюдали повышение температуры воздуха на 0,5-3,0°С» [68]. «В лесоаграрных ландшафтах температура поверхностного слоя почвы зависит от поступления солнечной радиации, проектного покрытия

поверхности фитоценозов, периода времени, особенностей систем лесополос» [67].

«В зоне влияния лесных насаждений температура поверхностного слоя почвы ниже, чем на открытых участках» [63]. «Под влиянием защитных насаждений в зимний период происходит перераспределение снежного покрова, где образуются различные зоны, что предопределяется особенностью структуры лесополос и ветрового потока» [63,67]. «Система лесных полос способствует более равномерному снегонакоплению и снегораспределению, где под защитой насаждений накапливается на 5,0-8,0% больше твёрдых осадков, чем в незащищённых ландшафтах» [89]. «Защитные насаждения продуваемой конструкции по распределению снежного покрова более эффективны, чем лесополосы других конструкций» [79,80]. «Влияние лесополос на снежный покров на расстояние до 13-18 Н (высот), когда их ветропроницаемость достигает 60 - 70% » [79].

«Лесомелиоративные комплексы, имеющие законченную систему, более эффективны по распределению снежного покрова в лесоаграрных ландшафтах, что позволяет их оценивать как биоинженерные сооружения» [79,96]. «Лесные насаждения препятствуют смыву верхнего плодородного слоя, что служит дополнительной причиной почвоулучшения» [93]. «Основная причина повышения плодородия почв состоит в улучшении условий среды (микроклимата, гидрологического и водного режимов), что приводит к более интенсивному развитию растительности, образованию запасов органического вещества» [79,93]. Г.М. Тумин выявил что «под влиянием лесных полос улучшаются физические свойства почв и увеличивается запас гумуса» [88].

В целом защитные насаждения преобразуют агроландшафты и улучшают экологическое состояние экосистем.

«Благоприятные физические свойства и режимы почв - одно из неизменных условий проявления почвенного плодородия, получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур» [101].

«Чем длительнее используются почвы в сельском хозяйстве, тем в большей степени распылена их структура» [106]. «Значение сельскохозяйственной культуры в улучшении физических свойств почв тем выше, чем больше накапливаемая масса органических остатков» [107].

«Как отечественные, так и иностранные ученые, утверждают, что наиболее пагубное влияние на оптимальные физические показатели почвы оказывают частые механические обработки, широкое применение тяжелых сельскохозяйственных машин и орудий» [188,190,192,194,195,196]. «Черноземы леса и степи характеризуются невысокими величинами плотности. Верхние гумусоаккумулятивные горизонты имеют наименьшую плотность 0,9-1,1 г/см³. С глубиной наблюдается относительное увеличение плотности до 1,16 г/см³» [186,187,189,191,193].

«Длительное использование почв в пашне приводит к увеличению их твердости» [185]. «В результате работы сельскохозяйственных машин происходит уплотнение почвы» [186]. «В результате многочисленных опытов, ученые пришли к выводу, что воздействие лесных насаждений положительно влияет на физические свойства. Возрастает количество органического вещества и, как следствие, происходит повышение водоустойчивости почв, улучшение структуры». «Органическое вещество положительно воздействует и на другие физические свойства почвы: водный, воздушный, тепловой режимы» [190,192].

«В результате сельскохозяйственного воздействия происходит ухудшение водно-физических свойств и режимов: уменьшается содержание агрономически ценных агрегатов и их водопрочность, увеличивается плотность сложения, снижается водопроницаемость, усиливается, всплыв мелкозема и поверхностный сток воды» [76].

«При вовлечении в сельскохозяйственное производство целинных черноземов их физико-химические свойства изменяются» [78]. «Содержание поглощенных кальция и магния на лесной полосе более высокое, чем на пашне. Увеличение суммы поглощенных оснований происходит благодаря

повышению содержания гумуса за счет постоянного развития растительности на ней. В лесной полосе рН несколько ниже, чем на пашне, следовательно, гидролитическая кислотность в лесной полосе будет выше» [77,78]. «Количество поглощенных катионов почвенного поглощающего комплекса в верхних горизонтах черноземов под лесом и степью значительно выше, чем в пахотных горизонтах, поскольку под естественными фитоценозами высвобождающиеся из отмерших растительных остатков ионы кальция снова возвращаются в почву, где, превращаясь в углекислый кальций, мигрируют в гумусовом горизонте» [100].

Исследования В.М. Кретинина показали, «влияние лесных полос на содержание подвижного азота распространяется до 10 - 12,5 высот насаждения» [104,106]. Исследования Б.П. Ахтырцева показали что, «в условиях Среднерусской возвышенности на чернозёмах типичных под воздействием лесных полос восстановление структуры после длительной распашки повышение содержания гумуса» [103].

Можно сделать вывод, что лесные насаждения за счет поступления листового аппарата в почву под самими лесными насаждениями и в зоне их влияния создают наилучшие условия для процессов гумификации и ием самым для увеличения содержания гумуса и питательных элементов питания в ландшафте. «Лесные полосы активно влияют на биотические показатели почвенных агроценозов в ландшафте. Микроорганизмы обычно сосредоточены в верхних слоях почвенного покрова, где располагается основная масса корней, которые выделяют органические соединения, являющиеся источником их питания» [114]. «Почвенная микрофлора участвует в процессе синтеза и распада гумуса, минерализации и трансформации органических удобрений, перевод труднодоступных для растений элементов питания в доступную форму, вносимых в почву» [114,121].

1.5. Роль лесных насаждений в аккумуляции и перераспределении тяжелых металлов в ландшафте

«Тяжелые металлы, поступая из почвы в растения, передаваясь по цепям питания, оказывают токсичное действие на растения, животных и человека» [14]. «Неравномерность техногенного распределения металлов усугубляется неоднородностью геохимической обстановки в природных ландшафтах» «Химические элементы и их соединения, попадая на поверхность почв в ландшафтно-геохимические системы, претерпевают ряд превращений, рассеивания или накопления в зависимости от характера геохимического барьера, свойственного данной территории» [14,15].

«Тяжелые металлы из внешних – естественных и антропогенных – источников загрязнения поступают непосредственно в агроландшафт следующими путями: с атмосферными осадками, осаждаются в виде пыли и аэрозолей, при непосредственном поглощении почвой газообразных соединений, а также с растительным опадом». «Следует отметить усиление токсичности тяжелых металлов при их совместном воздействии на живые организмы в почве. Совместное воздействие цинка и кадмия или меди и кадмия оказывает в несколько раз более сильное ингибирующее действие на микроорганизмы, чем при такой же концентрации каждый элемент в отдельности» [21].

«Почва аккумулирует различные поллютанты широкого спектра и выступает природным буфером, контролирующим перенос химических элементов в атмосферу, гидросферу, литосферу и живые организмы» [21,36]. «Накопление основной части загрязняющих веществ наблюдается преимущественно в гумусово-аккумулятивном почвенном горизонте в виде комплексов с неорганическими и органическими компонентами почвы» [82].

«Следует отметить усиление токсичности тяжелых металлов при их совместном воздействии на живые организмы в почве. Совместное воздействие цинка и кадмия или меди и кадмия оказывает в несколько раз

более сильное ингибирующее действие на микроорганизмы, чем при такой же концентрации каждый элемент в отдельности» [82,116]. «Степень влияния металлов на почву зависит от ее буферной способности и сорбционных свойств. Тяжелые по гранулометрическому составу почвы, содержащие много органического вещества и обладающие вследствие этого высокой сорбционной способностью, поглощают значительную часть ксенобиотиков, которые становятся недоступными, безвредными для растений» [116,118].

«Природные экосистемы в результате комплексного воздействия ионов ТМ и широкого спектра других техногенных факторов претерпевают существенные изменения, такие как: развитие техногенных сукцессий в сторону пионерных стадий; снижение общей биомассы, численности и видового биоразнообразия; снижение продуктивности экосистем; деградация почвенного покрова, увеличение почвенной кислотности; снижение биологической активности; ухудшение почвенного плодородия и нарушение оптимального соотношения макро- и микроэлементов» [188]. «Исследователями установлено, что интенсивность накопления тяжёлых металлов в почвах зависит от содержания органического вещества гранулометрического состава и степени гидроморфизма почв» [118,188].

«Накопление тяжелых металлов в почве нарушает физико-химическое равновесие природной системы и дает толчок ряду процессов, действующих на почвенные свойства. Так, при высоких концентрациях изменяется величина рН, разрушается почвенный поглощающий комплекс, нарушаются микробиологические процессы, в результате разрушения структуры ухудшается водно-воздушный режим, деградирует почвенный гумус, и в конечном итоге почва теряет плодородие» [86].

«Большую роль в миграции и сорбции ТМ играет органическое вещество почвы. Оно повышает поглотительную способность, буферность почвы, способствует снижению токсического действия ТМ, концентрации солей в почвенном растворе, уменьшению фитотоксичности многовалентных ТМ и препятствует их проникновению в растения» [118].

«Наиболее устойчивы к загрязнению тяжёлыми металлами чернозёмы, менее устойчивы каштановые почвы, бурые полупустынные и наименее устойчивы для юга России бурые полупустынные и песчаные» [86].

«Поступая в почву в больших количествах, тяжёлые металлы способны изменять многие её физико-химические свойства. Воздействие тяжёлых металлов в первую очередь отражается на биохимических процессах в почве, в результате чего может изменяться содержание в ней элементов минерального питания растений. Установлено, что загрязнение почв тяжёлыми металлами оказывает существенное влияние на трансформацию азотсодержащих соединений» [86,188]. Почвенный покров «взаимодействуя с загрязняющими веществами, аккумулирует их и трансформирует техногенные соединения, что находит отражение в изменении степени подвижности металлов в почвах и в изменении фракционного состава их соединений» [188].

Глава 2. Характеристика места проведения исследований, схемы опытов и методика их проведения

2.1. Характеристика региональных природных условий

Территория Саратовской области расположена на юго-востоке Восточно-Европейской равнины, на самом севере Нижнего Поволжья. Делится рекой Волгой на две части: западную – Правобережье и восточную - Левобережье. Область имеет границы с Пензенской и Ульяновской областями на севере, с Самарской областью на северо-востоке, с Казахстаном на юго-востоке, с Волгоградской областью на юге и с Воронежской и Тамбовской областями на западе. Площадь Саратовской области составляет 101,2 тысячи км². Территория области вытянута в меридиональном направлении. Протяженность области составляет 570 километров с запада на восток, и 330 километров с севера на юг.

Климат. Саратовская область характеризуется умеренно континентальным климатом, континентальность усиливается с северо-запада на юго-восток, в котором наблюдаются большие амплитуды температур воздуха, достигающие 30-35 С° и уменьшения количество осадков с 575 мм до 250 мм в год. Такая амплитуда объясняет различия климата Правобережья от климата Левобережья. Климат характеризуется продолжительным сухим жарким летом с частыми засухами и короткой морозной зимой. Из-за влияния воздушных масс с Атлантического океана образуется область пониженного давления, которое развивает деятельность циклонов. Теплые воздушные массы со Средней Азии приносят ясную морозную зимнюю и засушливую летнюю погоду. Зима в области продолжается в среднем 4-5 месяцев, начинаясь в конце ноября. Погода в зимний период ветреная с частыми метелями в среднем в Правобережье от -12 С°, в Левобережье до -16 С°. Нередко случаются морозы до -30-40 С°, так же нередки оттепели. Самый холодный месяц январь, Среднее количество дней с осадками 12-17 в месяц,

с метелями 3-7 в месяц. Весна в области продолжается в среднем 2 месяца, начинаясь в конце марта. Погода в весенний период сухая, осадков выпадает мало. Март холодный возможны метели сильные снегопады. В начале апреля сходит снег, а уже к середине, когда среднесуточная температура составит +5 С°, начинается вегетация растений. Лето в области продолжается в среднем 4 месяца, Погода в летний период сухая и малооблачная. Осадки неравномерны, имеют ливневой характер, часто бывают грозы. Самый жаркий месяц июль, число дней с суховеями в среднем 19, а в отдельные годы 50 дней. Осень в области продолжается в среднем 3 месяца, начинаясь с середины сентября, и продолжается до середины ноября [1]. Погода осенний период сухая и солнечная с небольшими заморозками на почве. В конце октября погода становится дождливой и пасмурной. Повышается влажность воздуха, часты туманы. Во второй половине ноября выпадет снег. Устойчивый снежный покров образуется на севере Саратовской области к 25 ноября, а на юге – до 8 декабря [63].

Рельеф «является одним из важнейших факторов формирования эколого-мелиоративных условий ландшафта. Он формирует характер и интенсивность протекания многих природных процессов, таких как характер почвообразования и перераспределение влаги. С рельефом тесно связан уровень грунтовых вод» [38]. Область имеет неоднородную геоморфологическую структуру, за весь геологический период область неоднократно испытывала поднятие и погружение. Ее низменная восточная часть резко отличается от более возвышенной западной, разделяет две части почти посередине река Волга. В Правобережье расположились Окско-Донская низменность и Приволжская возвышенность. В Левобережье расположились Сыртовая равнина, на востоке которой прилегает Общей Сырт и Прикаспийская низменность. Территория Приволжской возвышенности простирается по правому берегу реки Волги, восточный склон приподнят и резко обрывается к реке Волге. На западе территория больше пологая, снижаясь, переходя в Окско-Донскую низменность.

Максимальная отметка высоты в Саратовской области находится в районе Хвалыньских гор (379 м). В геологической структуре Приволжской возвышенности наиболее распространены меловые (глины, мел, опоки) и палеогеновые (опоки, песчаники) отложения. На территории расположены множество речных долин, и располагается в бассейнах реки Волги и реки Дона. Наиболее возвышенны территории на востоке речного бассейна Дона. Наиболее понижены бассейн притоков реки Волги (реки Чардым, Терешка и др.). На западе располагается территория Окско-Донской низменности, и ней располагается бассейн реки Хопер и реки Терса, и притоки реки Медведицы. Рельеф равнинный уклоном на юг. В геологической структуре состоит из суглинистых и песчаных пород. На западе Сыртовой равнины располагается долина реки Волги. Имеет ступенчатое строение и состоит из двух пойм и четырех надпойменных террас. На территории Заволжья простирается низменность обширная Сыртовая равнина. Ее рельеф равнинный. Имеет уклон в южном направлении к Прикаспийской низменности. В геологической структуре в основном состоит из глин и суглинков поверх морских отложений. Территория Общего Сырта простирается на востоке Заволжья. Рельеф имеет плоско-выпуклую форму. В геологической структуре в основном состоит из глины, известняка и песчаника. Прикаспийская низменность занимает территорию на юго-востоке области. По структуре в основном состоит из глины, суглинков и песка.

Почвы на территории Саратовской области отличаются большим разнообразием и пестротой. «Почвенные зоны ярко выражены и последовательно сменяются с северо-запада на юго-восток. В левобережье широтное простираение почв имеет классически выраженный вид, в Правобережье широтная зональность выражена слабо, поскольку большое влияние на географию почв оказывает рельеф и большое разнообразие подстилающих пород, т.е. для правобережных районов характерна местная географическая изменчивость почв в пространстве – интразональность» [63,173].

В Северо-западной части области простирается лесостепная зона, в ней развиваются мощные и выщелоченные черноземы. В Юго-восточной части находится зона полупустыни, где развиваются светло-каштановые почвы с вкраплениями солонцов. Пойменно-луговые почвы развиваются по долинам рек. Типичные и выщелоченные черноземы являются, обладают наиболее оптимальными агрономическими свойствами. На территории Приволжской возвышенности в основном на склонах и водоразделе под дубовыми лесами развиваются темно-серые лесные и серые лесные почвы. Формирование каштановых почв проходило на террасах реки Волги и на сыртовых увалах в зоне степного Заволжья. В результате увеличения засушливости климата с северо-запада на юго-восток формируются солонцеватые и солонцовые почвы (рисунок 2.1).

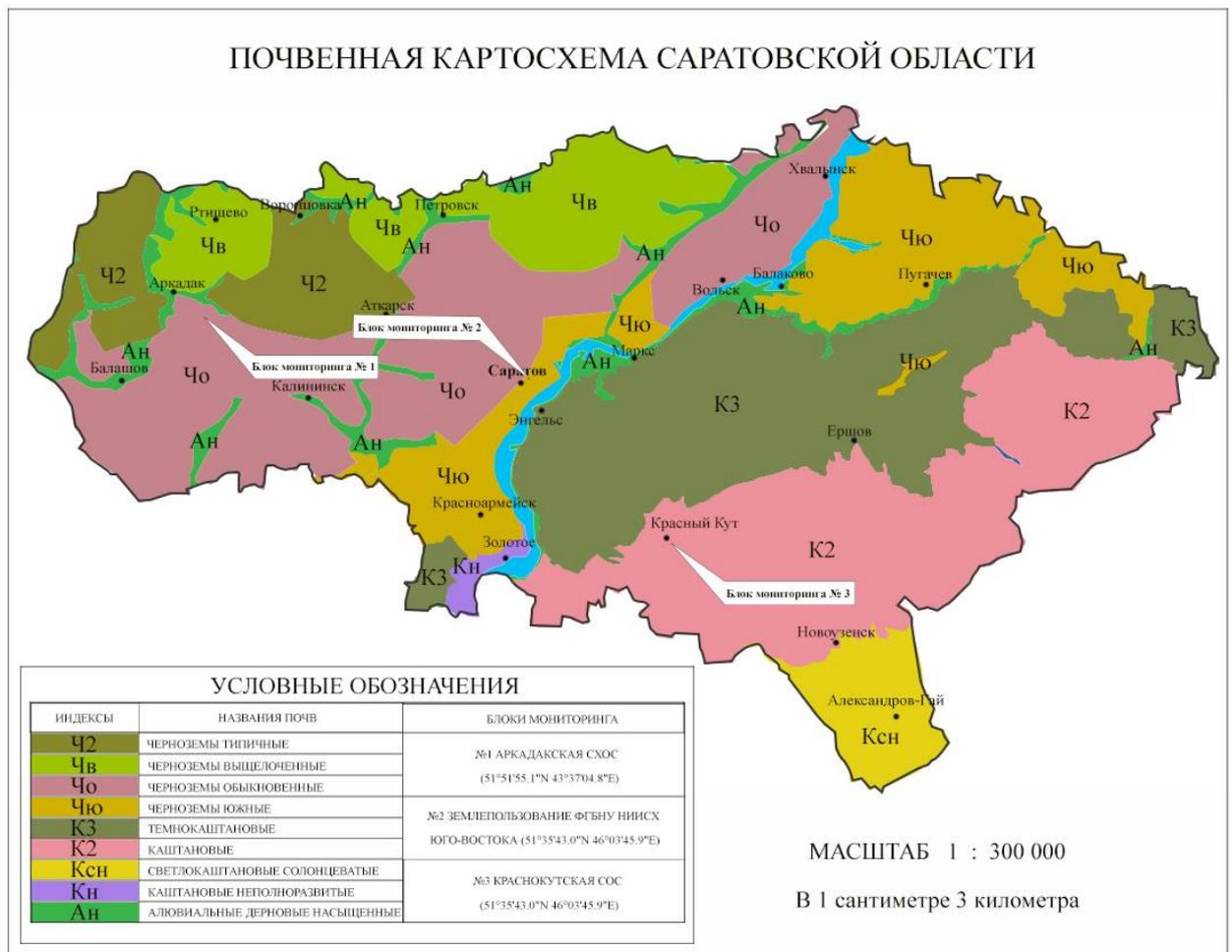


Рисунок 2.1. Почвенная картосхема Саратовской области

2.2. Ландшафтная характеристика объекта исследований

Исследования по изучению влияния лесных насаждений на экологические параметры искусственных экосистем проводились в 2016 - 2018 гг. на территории опытных станций расположенных в типичных ландшафтных районах для наиболее распространенных типов почв для Саратовской области (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2. Ландшафтная картосхема Саратовской области

Ландшафт на среднемощном (80-40см) среднегумусном (6-9%) черноземе обыкновенном ($Ч_0$) Окско-Донской равнины Елань-Терсинского ландшафтного района (Аркадакская опытная станция, 51°51'55.1"N 43°37'04.8"E). Ландшафт на маломощном (менее 40см) слабогумусном (менее 2%) черноземе южном ($Ч_{ю}$) Приволжской возвышенности Чардымо-Курдюмского ландшафтного района (землепользование ФГБНУ «НИИСХ Юго-востока», 51°35'43.0"N 46°03'45.9"E). Ландшафт на каштановых почвах (К) Высокой Сыртовой равнины Еруслано-Бизюкского ландшафтного района

(ФГБНУ «Краснокутская СОС НИИСХ Юго-востока», 50°54'27.1"N 47°04'29.1"E)

Для реализации поставленных задач были заложены 4 опыта:

Опыт 1. Для выявления степени влияния лесных насаждений на микроклиматические параметры ландшафта на анализируемых типах и подтипах почвы (скорость ветра, температура воздуха и почвы, влажность воздуха), был заложен трехфакторный опыт (таблица 2.1).

Таблица 2.1.

Схема трехфакторного опыта по изучению влияния лесных насаждений на микроклиматические параметры ландшафта.

Почва (Фактор А)	Слой почвы, см. (Фактор Б)	Место отбора (Фактор С)								
		Целина	ЛН	1Н	2Н	4Н	8Н	16Н	32Н	Контроль
Чернозем обыкновенный		Микроклиматические параметры ландшафта (Скорость ветра, температура воздуха и почвы, влажность воздуха)								
Чернозем южный										
Каштановая почва										

Фактор А включал в себя типы и подтипы почвы: Ч_о, Ч_ю, К. Фактор В – различное расстояние от лесных насаждений по вариантам: 1Н (9м), 2Н (18м), 4Н (36м), 8Н (72м), 16Н (144м), 32Н (250м) (Н - средняя высота лесных насаждений). Контролем служили межполосные территории открытого поля находящиеся вне зоны влияния полезащитных насаждений. Фактор С – глубина или высота измерения (для скорости ветра, температура воздуха и влажности воздуха (0,5м и 1,5м), температуры почвы (поверхность почвы и слоем почвы глубиной (20-30 см)).

Опыт 2. Для выявления степени влияния лесных насаждений на микроклиматические параметры ландшафта на примере ландшафта на черноземе южном (Формирование снежного покрова, глубина промерзания

почвы, запасов почвенной влаги), был заложен двухфакторный опыт (таблица 2).

Таблица 2.2.

Схема двухфакторного опыта по изучению влияния лесных насаждений на микроклиматические параметры ландшафта.

Слой почвы, см. (Фактор А)	Место отбора (Фактор В)							
	ЛН	1Н	2Н	4Н	8Н	16Н	32Н	Контроль
	Микроклиматические параметры ландшафта (Формирование снежного покрова, глубина промерзания почвы)							

Фактор А – различное расстояние от лесных насаждений по вариантам: 1Н(9м), 2Н(18м), 4Н(36м), 8Н(72м), 16Н(144м), 32Н (250м) (Н - средняя высота лесных насаждений). Контролем служили межполосные территории открытого поля находящиеся вне зоны влияния полезащитных насаждений. Фактор В – глубина или высота измерения (для скорости ветра, температура воздуха и влажности воздуха (0,5м и 1,5м), температуры почвы (поверхность почвы и слоем почвы глубиной (20-30 см)).

Опыт 3. Для выявления степени влияния лесных насаждений на экологические параметры ландшафта на анализируемых типах и подтипах почвы (морфологические, агрофизические, физико-химические и агрохимические), был заложен трехфакторный опыт (таблица 3).

Фактор А включал в себя типы и подтипы почвы: Ч_о, Ч_ю, К. Фактор В – различное расстояние от лесных насаждений по вариантам: 1Н (9м), 2Н (18м), 4Н (36м), 8Н (72м), 16Н (144м), 32Н (250м) (Н - средняя высота лесных насаждений). Контролем служили межполосные территории открытого поля находящиеся вне зоны влияния полезащитных насаждений. Фактор С – глубина отбора почвенных проб (для морфологических – 0-150 см., для физических и почвенно-агрохимических показателе . – 0-60 см).

Таблица 2.3.

Схема трехфакторного опыта по изучению влияния лесных насаждений на экологические параметры ландшафта.

Почва (Фактор А)	Слой почвы, см. (Фактор Б)	Место отбора (Фактор С)								
		Целина	ЛН	1Н	2Н	4Н	8Н	16Н	32Н	Контроль
Чернозем обыкновенный		Экологические параметры ландшафта (морфологические, агрофизические, физико- химические и агрохимические)								
Чернозем южный										
Каштановая почва										

Опыт 4. Для выявления степени влияния возраста лесных насаждений на экологические параметры (морфологические, агрофизические, физико-химические и агрохимические) на примере ландшафта на Чернозема обыкновенного был заложен трехфакторный опыт (таблица 4).

Таблица 2.4.

Схема трехфакторного опыта по изучению влияния возраста лесных насаждений на экологические параметры ландшафта на примере чернозема обыкновенного

Возраст ЛН (Фактор А)	Слой почвы, см. (Фактор Б)	Место отбора (Фактор С)							
		ЛН	1Н	2Н	4Н	8Н	16Н	32Н	Контроль
69 лет		Экологические параметры ландшафта (морфологические, агрофизические, физико- химические и агрохимические)							
129 лет									

Фактор А включал в себя возраст лесных насаждений: 1 – (69 лет), 2 – (129 лет). Фактор В – различное расстояние от лесных насаждений по вариантам: 1Н(9м), 2Н(18м), 4Н(36м), 8Н(72м), 16Н(144м), 32Н(250м) (Н -

средняя высота лесных насаждений). Контролем служили участки открытого поля, вне зоны влияния лесных насаждений. Фактор С – глубина отбора почвенных проб (для морфологических – 0-150 см., для агрофизических и др. – 0-60 см).

Производственные поля НИИСХ Юго-Востока, ландшафт на черноземе южном (Ч_ю), который находится расстоянии 3,5-4 км к северу от г. Саратова на приволжской возвышенности Чардымо-Курдюмского ландшафтного района (51°35'43.0"N 46°03'45.9"E) (рисунок 2.3).



Масштаб 1:12500

Условные обозначения

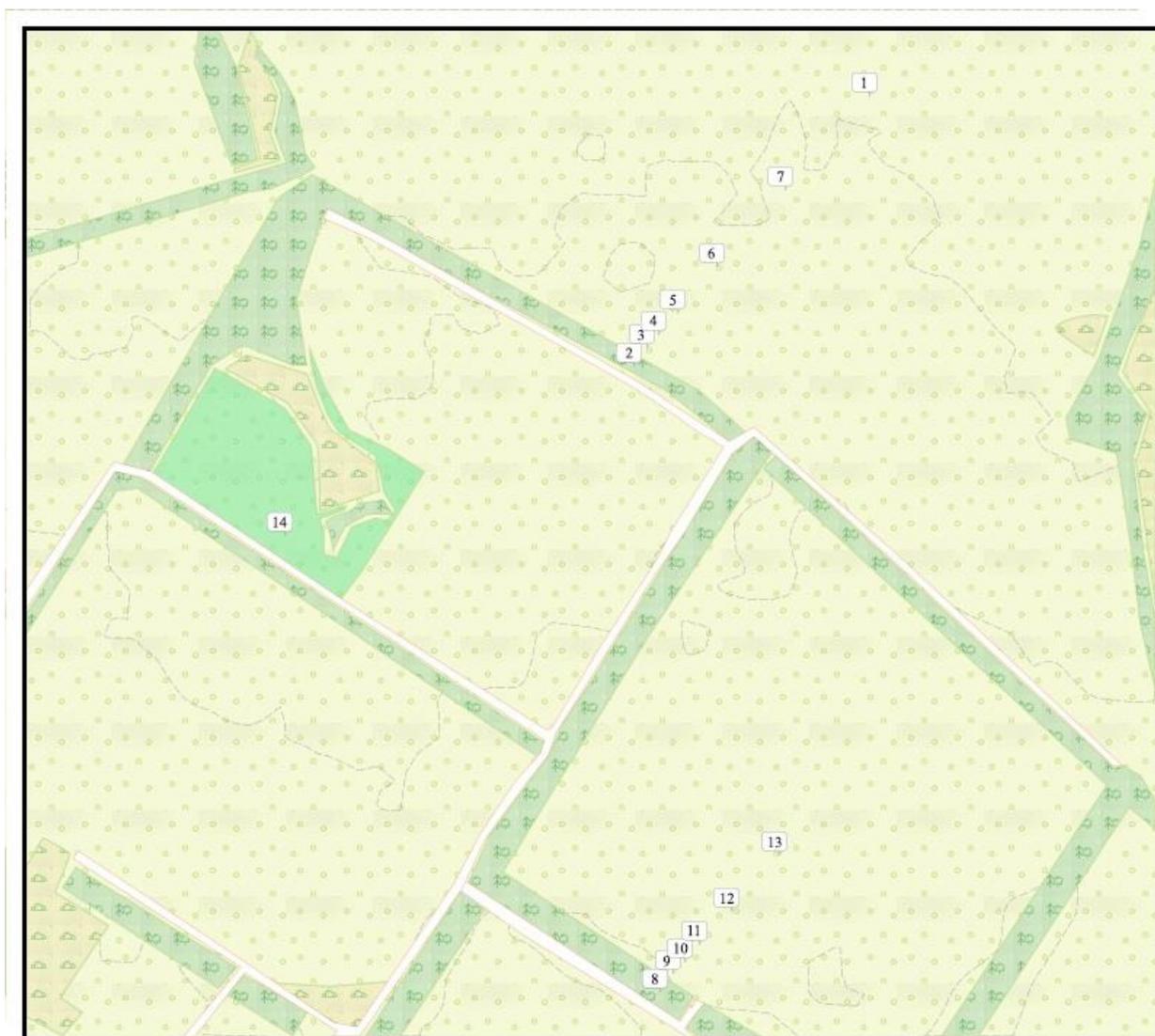
Лесополоса	Кустарники	Дороги
Поле	Целина	Точки наблюдения

Рисунок 2.3. Карта схема опытного участка на ландшафте на черноземе южном

Рельеф изучаемого ландшафта равнинный с небольшим уклоном запада на восток. Территория производственных полей окаймлена защитными водорегулирующими лесополосами. Лесополосы ажурно-продуваемой конструкции шириной 50-53 м. Породный состав представлен:

ясень зеленый, вяз приземистый, клен татарский, и акации желтой. Все лесополосы заложены в 1948-1949 г.г.

ФГУП «Аркадакская СХОС», Саратовская область, Аркадакский район, с. Росташа. Ландшафт, который находится на черноземе обыкновенном (Ч_о) Окско-Донской равнины Елань-Терсинского ландшафтного района (51°51'55.1"N 43°37'04.8"E) (рисунок 2.4)



Масштаб 1:12500

Условные обозначения

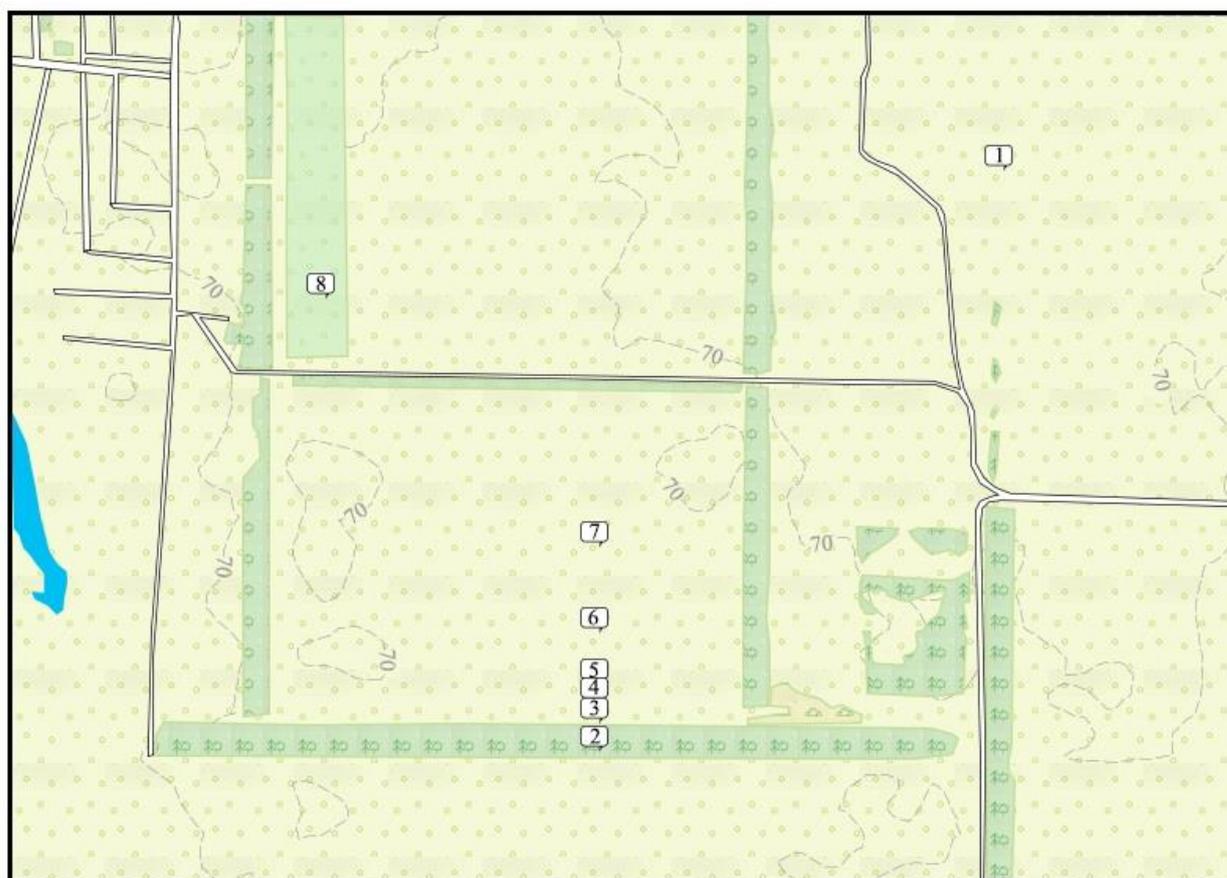
 Лесополоса	 Кустарники	 Дороги
 Поле	 Целина	 Точки наблюдения

Рисунок 2.4. Карта схема опытного участка на ландшафте на черноземе обыкновенном

Территория хозяйства расположена в среднем течении реки Хопёр. Рельеф изучаемого ландшафта равнинный. Территория производственных

полей окаймлена защитными водорегулирующими лесополосами. Лесополосы ажурно-продуваемой конструкции шириной 50-53 м. Породный состав представлен: дуб черешчатый, клен остролистный. Все лесополосы заложены в 1948-1949 г.г. и в 1875-1880 г.г.

ФГБНУ «Краснокутская СОС НИИСХ Юго-востока», Саратовская область, Краснокутский район, п. Семенной. Ландшафт на каштановых почвах (К₂) Высокой Сыртовой равнины Еруслано-Бизюкского ландшафтного района (50°54'27.1"N 47°04'29.1"E) (рисунок 2.5).



Масштаб 1:12500

Условные обозначения

Лесополоса	Кустарники	Дороги	Пруд Семенной
Поле	Целина	Точки наблюдения	

Рисунок 2.5. Карта схема опытного участка на ландшафте на каштановой почве

Расположен в 9,8 км юго-восточнее города Красный кут. Рельеф изучаемого ландшафта равнинный. Территория производственных полей окаймлена защитными водорегулирующими лесополосами. Лесополосы ажурно-продуваемой конструкции шириной 50-53 м. Породный состав

представлен: акация белая, вяз приземистый, и акации желтой. Все лесополосы заложены в 1948-1949 г.г.

Закладка опытов в ландшафте проводилась в 2016 г. по методике Б.А. Доспехова. Размер учетных делянок 100 м², повторность трехкратная.

Изучение формирования физико-биологических свойств почвы проводились под посевами яровой пшеницы.

2.3. Метеорологические условия проведения исследований

Продолжительность солнечного сияния составляет 1750- 2350 часов в год. Продолжительность вегетационного периода 145-160 дней. Начало вегетации середина марта начало апреля (2015 г.- 7 апреля, 2016 г.- 26 марта, 2017 г. – 6 апреля, 2018 г. – 9 апреля). Конец вегетации середина октября (2015 г.- 8 октября, 2016 г.- 11 октября, 2017 г. – 22 октября, 2018 г. 16 октября). Среднегодовая температура за годы исследования самого холодного месяца года (январь) -11°С, самого теплого (июль) +26°С.

Первые заморозки наблюдаются в начале октября (2015 г.- 8 октября, 2016 г.- 13 октября, 2017 г. – 3 октября, 2018 г. – 17 октября). Последние середине конце апреля (2015 г.- 21 апреля, 2016 г.- 7 апреля, 2017 г. – 21 апреля, 2018 г. – 24 апреля). В среднем за годы исследования величина зимних осадков составило 17%-22% от среднегодовой суммы. В среднем за годы исследования формирование устойчивого снежного покрова происходит в конце ноября начале декабря (2015 г.- 13 декабря, 2016 г.- 16 ноября, 2017 г.- 2 декабря, 2018 г.- 25 ноября). Средняя продолжительность залегания снега составляет 115-120 дней (2015 г.- 108 дня, 2016 г.- 143 дня, 2017 г. - 97 дня, 2018 г. - 137 дня).

Начало снеготаянья происходит среднем в конце февраля начале марта (2015 г.- 11 марта, 2016 г.- 23 февраля, 2017 г.- 19 февраля, 2018 г.- 23 марта). Средняя продолжительность снеготаянья составляет 17 - 20 дней (2015 г.- 20 дня, 2016 г.- 14 дня, 2017 г. - 18 дня, 2018 г. - 17 дня). Полный

сход снега происходит среднем в конце марта начале апреля (2015 гг.- 31 марта, 2016 гг.- 9 марта, 2017 гг.- 9 марта, 2018 гг.- 11 апреля). Среднегодовая мощность снегового покрова составляет 25 – 28 см. (2015 гг.- 13 см, 2016 гг.- 22 см, 2017 гг. – 24 см, 2018 гг. – 50 см).

В 2016 г. ГТК для изучаемых ландшафтов за теплый период составил 0,8, что по классификации означает «влажные». В 2017 г. ГТК составил 1,0, также характеризуется как «влажные». В 2018 г. ГТК составил 0,6, что характеризуется как «средне засушливые».

2.4. Методика исследований

Проведенные исследования были проведены по рекомендациям НИИСХ Юго-Востока, Гидрометео службы в зависимости от методик Н.А. Качинского (1965), А.А. Роде (1969), Б.А. Доспехова (1985), В.В. Захарова (1986), А.Д. Воронина (1986), П.Д. Никитина (1983), А.Ф. Вадюниной и З.А. Корчагиной (1986).

В опытах проводили следующие исследования:

Микроклиматические [52]: Скорость ветра определяли Анемометром ручным со счетным механизмом (МС-13) по ГОСТ 6376-74; Температура и влажность воздуха определялись по психрометру аспирационному (МВ-4-2М) ГОСТ 6353-52 № 7511; Температура почвы определялась электронным измерителем температуры (ИТП - 3); Запас снега определяли в результате снегомерной съемки с помощью снегомера ВС-43, МЕКР.416134.001ТУ; Промерзание почвы определялось мерзлотомером АМ-21 ТУ-4311-002-55536779; Запасы влаги в почве определялись термостатно-весовым методом. (ГОСТ 28268-89)

Агрофизические [42,53,56,140]: В заложенных разрезах проводили анализ морфологического профиля почвы [34]; В полевых условиях определялась плотность сложения по методике Н.А. Качинского для каждого почвенного горизонта, методом режущего кольца, повторность пятикратная.

В лабораторных условиях определяли Гранулометрический состав почвы пирофосфатным методом по Н.А. Качинскому [89]; По методике Н.И. Саввинова произведено сухое и мокрое просеивание и определен структурный состав почвы; Общая порозность – расчетным способом по Вадюниной и Корчагиной, Определение твердости почвы (сопротивлению пенетрации грунта) производилось пенетрометром грунтовым (ПГ – 1) ГОСТ 19912-81.

Химические анализы [8,23]: Содержание углерода определялся по методике Тюрину (ЦИНАО ГОСТ 26213-96) [54], Определение группового состава гумуса проводилось по ускоренному методу М.М. Кононовой, Н.П. Бельчиковой, общий азот определялся по методике Й.Кьельдаля, подвижные формы фосфора и калия – в 1% угле аммонийной вытяжке по Мачигину по ГОСТ 26205-91, нитратный азот ($N-NO_3$) определялся потенциометрическим методом на иономере по ГОСТ 26423-85 [55]; Тяжелые металлы определялись в Подвижной и Кислорастворимой форме. Анализы проводились в лаборатории ФГБУ ГСАС «Саратовская» по ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3.46-06, ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3.47-06, ПНД Ф 16.1:2:2.22-98.

Учет урожая проводился методом линейных метров в пятикратной повторности и дальнейшим переводом урожая т/га по методике А.А. Кудрявцевой, А.С. Молостова. Дана энергетическая оценка ландшафта по методике М.М. Севернева, Энергопотенциал почвы оценивался по методике «Всероссийского Научно-Исследовательского Института Земледелия и Защиты почв от эрозии» [11,22,49,124,125,126,130,131,177]. Почвенные разрезы зафиксированы по схеме опыта на координатной основе GPS «Garmin GPS map 62s» Полученные данные подвергали корреляционному и дисперсионному анализу с использованием методов Б. А. Доспехова и MSFT Excel и Agros [64,65,66,86,152,158,160].

Длительные опыты и набор запланированных исследований позволяют выявить основные экологические факторы, принимающие активное участие в формировании ландшафта.

Глава 3. Роль лесных насаждений в формировании микроклиматических показателей ландшафта

Лесные насаждения сглаживают климат на занимаемой ими территории, изменяя многие микроклиматические показатели в приземистом слое воздуха. Основным микроклиматическим фактором определяющим, экологическую эффективность лесных насаждений является ослабление скорости ветрового потока, с которым тесно связано с регуляцией температуры воздуха и ее влажности, температуры почвы, ее влажности и глубину промерзания почвы, характер снегонакопления, оказывая существенное влияние на стабилизацию экологического состояния агроландшафта [44,47,57].

3.1. Скорость ветра

Ключевым фактором, приводящим к снижению турбулентного обмена, становится трансформация состава ветрового потока, движущегося через лесные насаждения. Которое проявляется в распаде более крупных и появлении более мелких, скоро гаснущих вихрей, что приводит к ослаблению испарения. Общее ветрозащитное воздействие лесных насаждений напрямую зависит от того, насколько будет уменьшен ветровой поток, прошедший сквозь лесные насаждения и от того какой объем воздуха, пройдет через лесополосу и как быстро он будет соединяться с наружным, не сниженным ветровым потоком, прошедшим поверх лесных насаждений [61].

Ветер играет важнейшую роль в переносе тепла и водяных паров. Устранение водяных паров от испаряющей поверхности приводит к транспирации. В зоне влияния лесных насаждений замедляется скорость ветра и ослабевает турбулентный обмен, благодаря чему изменяется температура и влажность воздуха. Часть воздушной массы проходящей через

лесные насаждения не изменяет направление движения, а лишь замедляя скорость, а часть переваливается поверх лесных насаждений [63].

«Основными факторами, определяющими скорость ветрового потока в зоне влияния лесных насаждений, принято считать структуру, параметры лесных насаждений и угол подхода воздушных масс относительно лесных насаждений» [80,184]. «Лесные полосы различных конструкций по-разному влияют на характер и степень изменения ветрового потока» [115].

«Ветровой поток воздуха, подходя к полезащитным лесным полосам под разным углом, имеет различную потенциальную энергию воздействия, где проявляется особенность строения линейного насаждения» [128].

Проведены исследования по определению скорости ветрового потока под влиянием лесных насаждений смешенного типа ажурно-продуваемой конструкции при господствующем южном направлении ветра (21,1%) с углом подхода ветра в 40-60 С° в ландшафтах на черноземе обыкновенном, южном и каштановой почве в летний период (июнь) при агрофоне яровая пшеница.

Установлено что максимальное ветрозащитное действие лесные насаждения оказывают в ландшафте на черноземе обыкновенном, на дистанции: лесные насаждения – 2Н. После, на дистанции 2Н – 32Н в ландшафте на черноземе обыкновенном отмечается напротив, более высокая скорость ветрового потока, чем в ландшафтах на черноземе южном и каштановой почве.

Скорость ветрового потока в зоне действия лесных насаждений для ландшафта на черноземе обыкновенном, на отдалении 1Н с подветренной стороны составляет 69% от скорости ветрового потока на контроле. Двигаясь через лесные насаждения скорость ветрового потока, ослабляется до 47%. На дистанции 1Н - 2Н с наветренной стороны, падает до минимума в 13%, создавая зону затишья. Резко увеличиваясь на дистанции от 4Н до 8Н на 60% -76%, от скорости ветрового потока на контроле. На дистанции от 16Н до 32Н скорость ветрового потока поднимается до 88% - 94% от скорости

ветрового потока на контроле, где плавно заканчивая защитное действие лесных насаждений (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1. Определение скорости ветрового потока в зоне влияния лесных насаждений

Влияние лесных насаждений на скорость ветрового потока в ландшафте на черноземе южном схоже с влиянием лесных насаждений в ландшафте на каштановой почве. Установлено что максимальное ветрозащитное действие лесные насаждения в этих ландшафтах оказывают на дистанции: лесные насаждения – $2Н$, что на 22,9% – 23,9% ниже, чем в ландшафте на черноземе обыкновенном. На дистанции $2Н$ – $32Н$ скорость ветрового потока растет плавно, в среднем на 14% - 17,6% ниже, чем в ландшафте на черноземе обыкновенном (рисунок.3.2).

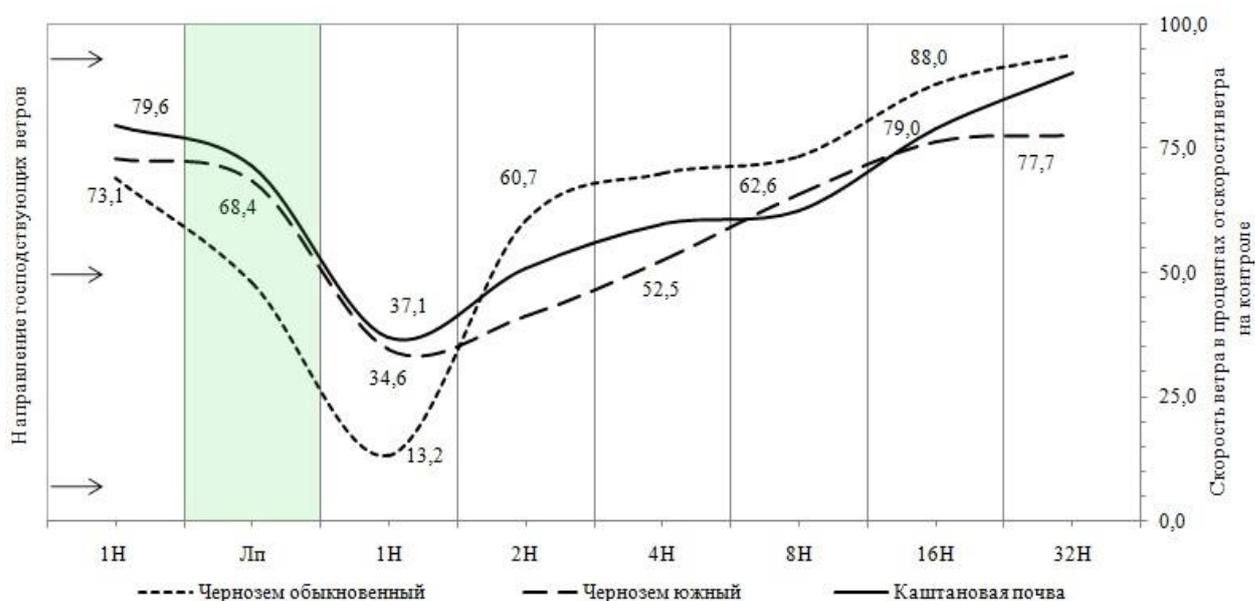


Рисунок 3.2. Влияние лесных насаждений на распределение скорости ветрового потока в исследуемых ландшафтах

В ландшафте на черноземе южном, скорость ветрового потока на расстоянии 1Н с наветренной полосы составляет 73,1% от скорости ветра на контроле. Лесные насаждения ослабляют ветровой поток до 68%. Минимальное значение скорости ветрового потока обретает на дистанции: лесные насаждения - 1Н, - 34,5%. Плавно увеличиваясь на расстоянии 2Н до 41,2%, на расстоянии 4Н – до 52,5%, а на участке от 8Н до 32Н плавно возрастает до 77,7%, от скорости ветрового потока на контроле.

В ландшафте на каштановой почве в зоне влияния лесных насаждений, скорость воздушного потока на дистанции 1Н с наветренной полосы составляет 79,6% от скорости ветра на контроле. В лесной полосе обретает значение 71,4% от скорости ветрового потока на контроле. Минимальное значение составляет 37,1% на дистанции: лесные насаждения - 1Н. Постепенно возрастая на 2Н до 51%, от скорости воздушного потока на контроле. На дистанции от 4Н до 32Н плавно возрастает и меняется от 59,9% до 90,3%.

Анализ корреляционных связей выявил положительную высокую зависимость между расстоянием от лесных насаждений и скоростью воздушного потока на черноземе обыкновенном $r = 0,68$. Положительную

среднюю корреляционную взаимосвязь на черноземе южном $r= 0,41$ и на каштановой почве $r= 0,43$ (Приложение 10,12,14).

Таким образом, в среднем дальность эффективного влияния лесных насаждений изучаемых ландшафтов в заветренную сторону составляет 32Н. Суммарная ветрозащита в среднем составляет 59,1%, от скорости ветра на контроле. Максимальное снижение скорости наблюдается в ландшафте на черноземе обыкновенном, на дистанции от лесных насаждений до 2Н (13%).

3.2. Температура воздуха и почвы

Лесные насаждения ослабляют скорость ветрового потока и снижают вертикальный обмен в приземном слое воздуха, что приводит к изменению температуры воздуха [134].

Исследования проведены совместно с определением скорости ветрового потока в летний период (июнь) при агрофоне яровая пшеница.

Исследования показали, что во всех изучаемых ландшафтах лесные насаждения в первой половине дня (9:00/12:00 ч.) сохраняют тепло и оказывали обогревающее действие на прилегающую территорию. В среднем по изучаемым ландшафтам температура воздуха в зоне влияния лесных насаждений (1-32 Н) в первой половине дня выше на (0,8-1,0 С°) чем на контроле, максимальная разница выявлена на ландшафте на черноземе южном (1,0-1,2 С°), минимальная на каштановой почве (0,3-0,4 С°). В полуденное время лесные насаждения оказывают охлаждающее влияние на температуру воздуха прилегающие территории и в среднем по изучаемым ландшафтам снижают на (0,5-0,7 С°). Максимальная разница выявлена на ландшафте на черноземе обыкновенном (1,0-1,1 С°), минимальная на каштановой почве (0,3-0,4 С°) (Таблица 3.1) (Приложение 1,2,3)

Таблица 3.1 – Влияние лесных насаждений на температуру приземистого слоя воздуха в ландшафте (2016-2019гг.), С°

Время наблюд., ч	Высота наблюд., м	Расстояние от л.н., Н						Контроль	Сред. 1-32Н	Разница с К, С°
		1Н	2Н	4Н	8Н	16Н	32Н			
(1*) Среднее за (9:00/11:00)	1,5 м	25,0	24,8	24,4	24,3	24,0	23,4	23,2	24,2	+1,0
	0,5 м	25,3	25,2	24,8	24,7	24,3	23,7	23,9	24,6	+0,7
(1) Полдень	1,5 м	23,6	23,7	24,0	24,3	24,7	25,0	25,5	24,4	-1,1
	0,5 м	23,9	24,0	24,4	24,7	25,1	25,5	25,8	24,8	-1,0
(1) Среднее за (13:00/15:00)	1,5 м	24,0	24,2	24,6	24,6	24,7	24,8	24,9	24,5	-0,4
	0,5 м	24,4	24,5	24,9	25,0	25,2	25,3	25,3	24,9	-0,4
(1) Среднее за (9:00/15:00)	1,5 м	24,2	24,2	24,3	24,4	24,5	24,4	24,5	24,4	-0,2
	0,5 м	24,5	24,6	24,7	24,8	24,9	24,8	25,0	24,8	-0,2
(2) Среднее за (9:00/11:00)	1,5 м	26,3	26,2	26,0	25,8	25,7	25,4	24,5	25,7	+1,2
	0,5 м	26,7	26,6	26,4	26,3	26,0	25,8	25,1	26,1	+1,0
(2) Полдень	1,5 м	25,4	25,6	25,9	26,0	26,1	26,2	26,3	25,9	-0,4
	0,5 м	25,6	25,9	26,3	26,4	26,6	26,5	26,7	26,3	-0,4
(2) Среднее за (13:00/15:00)	1,5 м	24,9	25,0	25,1	25,1	25,3	25,9	25,7	25,3	-0,4
	0,5 м	25,3	25,3	25,4	25,6	25,7	26,3	26,2	25,7	-0,5
(2) Среднее за (9:00/15:00)	1,5 м	25,5	25,6	25,7	25,6	25,7	25,8	25,5	25,6	+0,1
	0,5 м	25,9	25,9	26,0	26,1	26,1	26,2	26,0	26,0	0,0
(3) Среднее за (9:00/11:00)	1,5 м	22,5	22,3	22,3	22,2	22,0	22,0	21,8	22,2	+0,4
	0,5 м	22,8	22,7	22,7	22,6	22,5	22,4	22,3	22,6	+0,3
(3) Полдень	1,5 м	21,6	22,2	22,3	22,4	22,6	22,7	22,7	22,4	-0,3
	0,5 м	21,9	22,6	22,7	22,8	23,0	23,1	23,1	22,7	-0,4
(3) Среднее за (13:00/15:00)	1,5 м	21,2	21,4	21,5	22,8	22,8	22,0	22,0	22,0	0,0
	0,5 м	21,6	21,9	22,0	22,3	22,3	22,5	22,5	22,2	-0,3
(3) Среднее за (9:00/15:00)	1,5 м	21,8	22,0	22,0	22,5	22,5	22,2	22,2	22,2	0,0
	0,5 м	22,1	22,4	22,5	22,6	22,6	22,7	22,6	22,5	-0,1

*(1) чернозем обыкновенный; (2) чернозем южный; (3) каштановая почва

Во второй половине дня (13:00/15:00 ч.) охлаждающее влияние ослабляет и способствуют в среднем по изучаемым ландшафтам снижению на (0,4 С°). Максимальная разница выявлена на ландшафте на черноземе южном (0,4-0,5 С°) и на черноземе обыкновенном (0,4-0,4 С°), на каштановой почве практически изменений не выявлено.

В среднем за день (13:00/15:00) в ландшафте на черноземе обыкновенном в зоне влияния лесных насаждений температура приземистого слоя воздуха на высоте 0,5 м. и 1,5 м. от поверхности почвы была на (0,2 С°) ниже чем на контроле. Максимальная разница наблюдается непосредственно у лесных насаждений в зоне до 1Н (0,5 м. – 1,4 С° /1,5 м. – 1,8 С°) в первой половине дня, с удалением постепенно увеличиваясь. В ландшафте на черноземе южном в зоне влияния лесных насаждений характерно плавные изменения температуры приземистого слоя воздуха. На высоте 0,5 м. от поверхности почвы в среднем в зоне (1-32 Н) практически изменений не выявлено, на высоте 1,5 м. была на (0,1 С°) выше чем на контроле. Максимальная разница наблюдается непосредственно у лесных насаждений в зоне до 1Н (0,5 м. – 0,8 С° /1,5 м. – 0,9 С°) во второй половине дня, с удалением постепенно увеличиваясь. В ландшафте на каштановой почве изменения температуры приземистого слоя воздуха характерны небольшие колебания. На высоте 0,5 м. от поверхности почвы в среднем в зоне (1-32 Н) была на (0,1 С°) выше чем на контроле, на высоте 1,5 м практически изменений не выявлено. Максимальная разница наблюдается непосредственно у лесных насаждений в зоне до 1Н (0,5 м. – 0,8 С° /1,5 м. – 0,9 С°) во второй половине дня, с удалением постепенно увеличиваясь.

Главным фактором изменения температуры приземистого слоя воздуха в зоне влияния лесных насаждений происходит благодаря снижению скорости ветрового потока, затрудняя теплообмен, что приводит к повышению амплитуды колебания температуры приземистого слоя воздуха.

Анализ корреляционных связей выявил положительную очень высокую зависимость между расстоянием от лесных насаждений и температурой

приземистого слоя воздуха на черноземе обыкновенном $r= 0,81$ и на каштановой почве $r= 0,87$. Положительную полную корреляционную взаимосвязь на черноземе южном $r= 0,94$ (Приложение 10,12,14)..

Таким образом, в среднем дальность эффективного влияния лесных насаждений по всем изучаемым ландшафтам на температуру приземистого слоя воздуха составляет 1Н - 32Н. Температура приземистого слоя воздуха в зоне влияния ниже, чем на контроле на (0,4-0,6 С°). Максимальное повышение температуры воздуха в первой половине дня (9:00/12:00 ч.) наблюдается в ландшафте на черноземе южном, минимальное на каштановой почве. Максимальное понижение температуры воздуха в период дневного времени (13:00/15:00 ч.) наблюдается в ландшафте на черноземе южном, минимальное на каштановой почве.

Исследования проведены совместно с определением скорости ветрового потока и температурой приземистого слоя воздуха в летний период (июнь) при агрофоне яровая пшеница.

Средняя разность температур на поверхности почвы и на глубине 0-30 см. в пределах влияния лесной полосы составляла 3,1–3,4 С°, а на участке без защитных лесных полос – 4,1 С°.

Максимальное снижение среднедневной температуры почвы в зоне влияние лесных насаждений отмечается в ландшафте на черноземе обыкновенном. В среднем снижается на 4,4 С° на поверхности почвы, максимальное снижение наблюдается на расстоянии 2Н и составляет (22,4 С°), что меньше контроля (29,2 С°) на 6,8 С°. В слое почвы 0-30 см. температура в среднем снижается на 3,3 С°, максимальное снижение наблюдается на расстоянии 2Н и составляет (19,2 С°), что меньше контроля (24,8 С°) на 5,6 С°.

Минимальное снижение среднедневной температуры почвы в зоне влияние лесных насаждений наблюдается в ландшафте на черноземе южном. В среднем снижается на 1,8 С° на поверхности почвы, максимальное снижение наблюдается на расстоянии 8Н и составляет (22,8 С°), что меньше

контроля ($25,4\text{ C}^\circ$) на $2,6\text{ C}^\circ$. В слое почвы 0-30 см. воздуха в среднем снижается на $1,2\text{ C}^\circ$, максимальное снижение наблюдается на расстоянии 8Н и составляет ($19,4\text{ C}^\circ$), что меньше контроля ($21,4\text{ C}^\circ$) на 2 C° (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3. Определение температуры приземистого слоя почвы в зоне влияния лесных насаждений

В ландшафте на каштановой почве среднедневная температура почвы в зоне влияние лесных насаждений в среднем снижается на $2,8\text{ C}^\circ$ на поверхности почвы, максимальное снижение наблюдается на расстоянии 1Н и составляет ($30,6\text{ C}^\circ$), что меньше контроля ($34,5\text{ C}^\circ$) на $3,9\text{ C}^\circ$. В слое почвы 0-30 см. температура воздуха в среднем снижается на $2,6\text{ C}^\circ$, максимальное снижение наблюдается на расстоянии 1Н и составляет ($27,8\text{ C}^\circ$), что меньше контроля ($30,7\text{ C}^\circ$) на $2,9\text{ C}^\circ$ (таблица 3.2).

Анализ корреляционных связей выявил положительную очень высокую зависимость между расстоянием от лесных насаждений и температурой почвы на черноземе обыкновенном $r= 0,83$, высокую на каштановой почве $r= 0,80$ Положительную полную корреляционную взаимосвязь на черноземе южном $r= 0,99$ (Приложение 10,12,14).

Температура на поверхности почвы и на глубине 0-30 см. в зоне влияния лесных насаждений в ландшафте (в среднем за три года)

Почва	Точка измер.	Расстояние от лесных полос, Н						К.	Сред. 1-32Н	Разница с К., С°
		1Н	2Н	4Н	8Н	16Н	32Н			
(1)	Поверх. почвы	22,7	22,4	23,8	25,1	27,2	27,5	29,2	24,8	4,4
	0-30 см	19,7	19,2	20,23	22,4	23,4	23,9	24,8	21,5	3,3
(2)	Поверх. почвы	23,5	23,5	23,4	22,8	23,6	24,9	25,4	23,6	1,8
	0-30 см	20,2	20,2	20,1	19,4	20,4	20,8	21,4	20,2	1,2
(3)	Поверх. почвы	30,6	30,9	31,7	31,9	32,7	32,7	34,5	31,8	2,8
	0-30 см	27,8	27,9	28,1	28,1	28,5	28,2	30,7	28,1	2,6
Фактор А*	НСР 0,5	0,036		F факт.	766634,88			F теор.	3,32	
Фактор В**		0,029			414766,25				4,17	
Фактор С**		0,051			4390,372				2,53	
Взаим. АВ		0,051			86995,703				3,32	
Взаим. АС		0,088			1834,24				2,12	
Взаим. ВС		0,072			624,278				4,17	
Взаим. АВС		0,124			240,14				2,12	

*(1) чернозем обыкновенный; (2) чернозем южный; (3) каштановая почва, К- контроль

- достоверно на 5%-ном уровне значимости

Таким образом, в зоне действия защитных лесных насаждений снижается температура поверхности почвы и на глубине 0-30 см по всем ландшафтам в зоне 1Н-32Н. Наименьшее снижение температуры поверхности почвы наблюдается на расстоянии 1Н-2Н в ландшафте на черноземе обыкновенном и каштановой почве и 6-8Н в ландшафте на черноземе южном. Максимальная суммарная разница температуры поверхности почвы и на глубине 0-30 см с контролем отмечается на

черноземе обыкновенном, уменьшается на каштановой почве и минимальная разница отмечается на черноземе южном.

3.3. Влажность воздуха.

Изменяя скорость ветрового потока, турбулентного обмена, и температуры приземистого слоя воздуха лесные насаждения влияют на показатели относительной и абсолютной влажности воздуха [138].

Исследования проведены совместно с определением скорости ветрового потока и температурой приземистого слоя воздуха в летний период (июнь) при сухой жаркой погоде (таблица 2). Исследования показали, что во всех изучаемых ландшафтах лесные насаждения активно влияют и повышают относительную и абсолютную влажность почвы по сравнению с контролем в среднем на высоте 0,5 м. (11,5 % / 2,5 мм) на высоте 1,5 м. (11,9 % / 2,4 мм) (Рисунок 3.5;3.6;3.7) (Приложение 7,8,9).

Статистический анализ показал существенную зависимость относительной влажности и температуры воздуха в зоне действия лесных насаждений (рисунок 3.4).

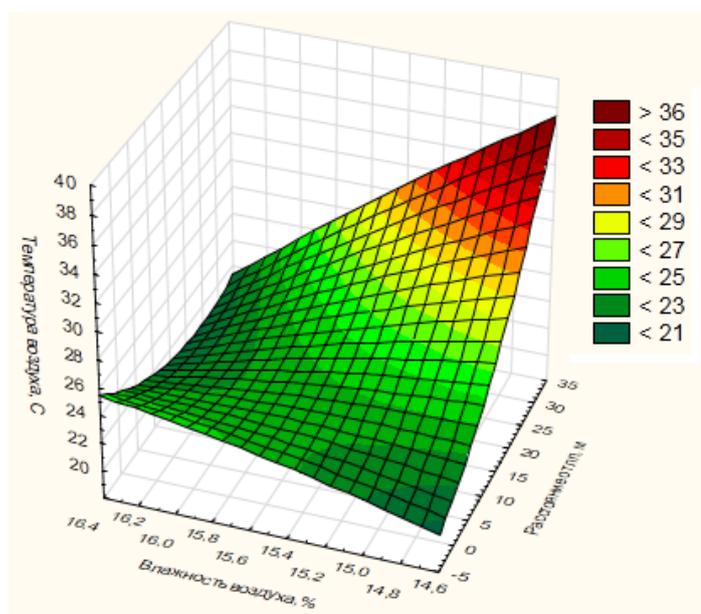


Рисунок 3.4. Зависимость относительной влажности и температуры воздуха в зоне действия лесных насаждений

Закономерность описывается уравнением регрессии вида: $Z = 21,1995 + 0,068 * x + 0,1414 * y$, где, Z – относительная влажность почвы (%); x – расстояние от лесных насаждений (м); y – температура воздуха (С°)

В ландшафте на черноземе обыкновенном лесные насаждения увеличивают относительную влажность воздуха в среднем в приземистом слое воздуха (0,5 м) на 14,0%, максимальное значение отмечается на расстоянии 1Н (22 %), эту закономерность повторяет, абсолютная влажность увеличивается на 3,6 мм. На расстоянии 1Н (6,6 мм.) от лесной полосы. В слое воздуха 1,5 м лесные насаждения увеличивают относительную влажность воздуха в среднем на 14,5 %, максимальное значение отмечается на расстоянии 1Н (22%), эту закономерность повторяет, абсолютная влажность увеличивается на 3,4 мм. На расстоянии 1Н (6,2 мм.) от лесной полосы. Снижение абсолютной и относительной влажности воздуха имеет плавный характер 1Н - 16Н, на отрезке 16Н – 32Н резко снижаясь, приближаясь к абсолютной и относительной влажности воздуха на контроле (рисунок 3.5).

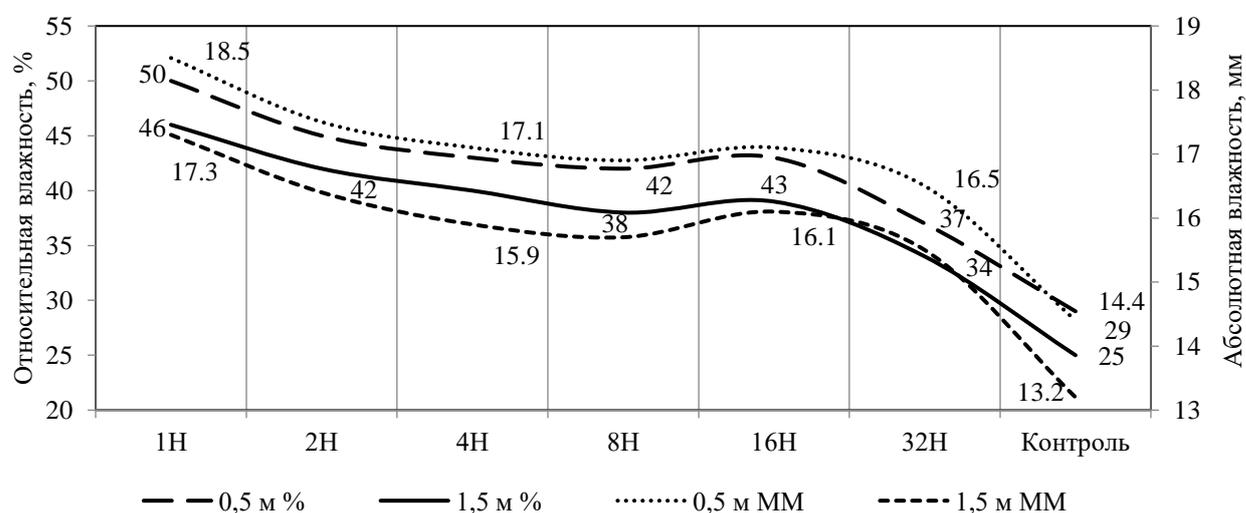


Рисунок 3.5. Влияние лесных насаждений на средненежную абсолютную и относительную влажность воздуха в ландшафте на черноземе обыкновенном в среднем за три года

Максимальный эффект получен в ландшафте на черноземе южном. В приземистом слое воздуха (0,5 м) лесные насаждения увеличивают

относительную влажность воздуха в среднем на 14,3% по сравнению с контролем, максимальное значение относительной влажности воздуха отмечается на расстоянии 1Н (21%), эту закономерность повторяет абсолютная влажность воздуха увеличиваясь на 2,9 мм. на расстоянии 1Н (4,1 мм.) от лесной полосы. В слое воздуха 1,5 м лесные насаждения увеличивают относительную влажность воздуха в среднем на 14,8%, максимальное значение отмечается на расстоянии 1Н (21%), эту закономерность повторяет, абсолютная влажность увеличивается на 3,0 мм. на расстоянии 1Н (4,1 мм.) от лесной полосы. Снижение абсолютной и относительной влажности воздуха имеет плавный характер 1Н - 4Н, отрезок 4Н – 16Н характеризуется резким снижением, на отрезке 16Н – 32Н обретает плавный характер, приближаясь к абсолютной и относительной влажности воздуха на контроле (рисунок 3.6).

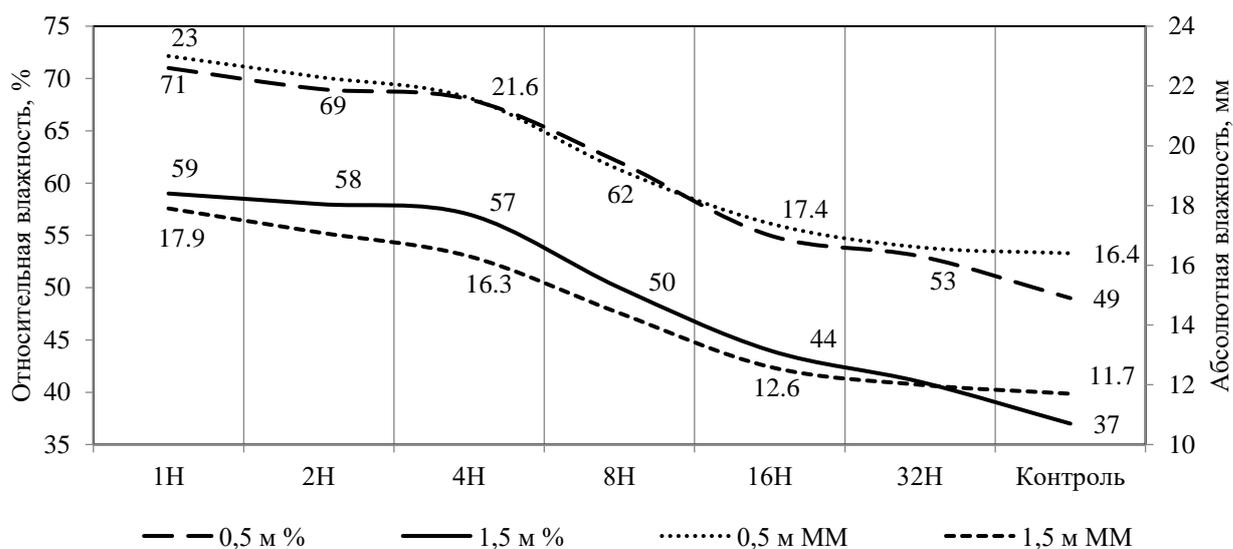


Рисунок 3.6. Влияние лесных насаждений на среднедневную абсолютную и относительную влажность воздуха в ландшафте на черноземе южном в среднем за три года

Минимальный эффект получен в ландшафте на каштановой почве, в приземистом слое воздуха (0,5 м) лесные насаждения увеличивают относительную влажность воздуха в среднем на 6,2% по сравнению с контролем, максимальное значение относительной влажности воздуха отмечается на расстоянии 1Н (13%), эту закономерность повторяет

абсолютная влажность воздуха увеличиваясь на 0,9 мм. на расстоянии 1Н (1,9 мм.) от лесной полосы. В слое воздуха 1,5 м лесные насаждения увеличивают относительную влажность воздуха в среднем на 6,3 %, максимальное значение отмечается на расстоянии 1Н (13%), эту закономерность повторяет, абсолютная влажность увеличивается на 0,9 мм. на расстоянии 1Н (2 мм.) от лесной полосы. Снижение абсолютной и относительной влажности воздуха имеет плавный характер 1Н - 32Н на всем отрезке, приближаясь к абсолютной и относительной влажности воздуха на контроле (рисунок 3.7).

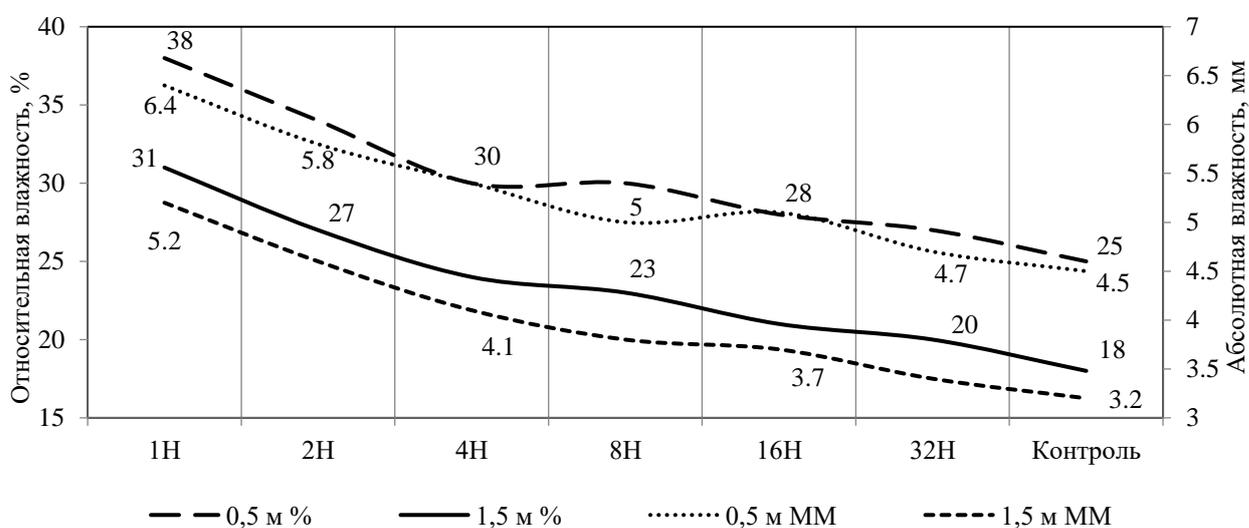


Рисунок 3.7 Влияние лесных насаждений на средненежную абсолютную и относительную влажность воздуха в ландшафте на каштановой почве в среднем за три года

Анализ корреляционных связей выявил отрицательную очень высокую зависимость между расстоянием от лесных насаждений и относительной влажностью воздуха на черноземе южном ($r = -0,90$), высокую на каштановой почве ($r = -0,78$) и на черноземе южном ($r = -0,71$). Отрицательная полная корреляционная зависимость выявлена между лесными насаждениями и абсолютной влажностью воздуха выявлена на черноземе южном ($r = -0,92$), отрицательную очень высокую ($r = -0,83$) на черноземе обыкновенном и отрицательную высокую ($r = -0,75$) (Приложение 10,12,14).

Таким образом, защитные лесные насаждения повышают относительную и абсолютную влажность на различных ландшафтах в зоне

1Н-32Н. Самое незначительное увеличение относительной и абсолютной влажности выявлено на ландшафте на каштановой почве, сильнее увеличивается на черноземе обыкновенном, и максимальное увеличение на черноземе южном.

3.4. Особенности формирования снегового покрова и глубины промерзания почвы в ландшафте

«Снежный покров относится к числу важнейших климатических факторов преобладающей территории нашей страны. Снегоперенос находится в прямой зависимости от характера ветрового режима – скорости и структуры ветропотока. В условиях ландшафта эту роль выполняют лесные насаждения. Лесные полосы, являются одним из наиболее мощных и долговременных средств задержания снега. В среднем на защищенных ими полях по сравнению с открытыми полями снега дополнительно накапливается 20—50% и более» [165].

«Под действием ветра происходит перераспределение снега внутри межполосного пространства. От количества осадков зависит толщина снежных шлейфов и, значительно меньше, их протяженность. При продвижении от полос в сторону поля вместе с возрастанием скорости ветра уменьшается толщина снегового покрова, достигая в конце зоны их влияния минимальной величины» [166].

«Снежно-ветровой поток в зоне отложения снежных шлейфов перед лесной полосой и за ней почти полностью освобождается от снега. При дальнейшем продвижении от лесной полосы скорость и турбулентный обмен воздушного потока возрастают в той или иной степени, вместе с этим возрастает и его транспортирующая способность, так как, освободившись от снега в зоне шлейфа, он становится насыщенным. При ненасыщенной метели дефляция всегда преобладает над аккумуляцией» [180].

Снегомерные съемки проходили в ландшафте на черноземе южном в 2016-2018 гг. Метеорологические зимние условия были благоприятными для формирования снежного покрова. С удалением от лесных насаждений выявлены закономерность распределения высоты снежного покрова (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8. Определение мощности снегового покрова и плотности снега в зоне влияния лесных насаждений

За годы исследований с 2016 по 2018 гг. наибольшая мощность снегового покрова по всем ландшафтам отмечалась в шлейфовой зоне протяженностью 1-2Н, где аккумуляровалось 32 см снега, при запасах воды в нем 108 мм, что на 70,3% выше, чем на контроле. И в самих лесных насаждениях, где в среднем высота снега была 31,2 см, при запасах воды в нем 99,9 мм, что на 59,1% выше, чем на контроле. Минимальная высота снега отмечалась за снежным шлейфом (32Н) 25,3 см при запасах влаги 62,1 мм. В среднем зона аккумулярующего действия защитных лесных полос распространяется до расстояния 16Н-32Н, где показатель скорости ветра

достигает до 90% от исходной скорости ветра. За этой зоной происходит выдувание снега. Граница, где происходит снижение ветрового потока до 20% от скорости ветра на открытом участке поля, довольно близко совпадает с концами снежных шлейфов.

Наибольшая протяженность снежного шлейфа отмечается в ландшафте на черноземе обыкновенном (1-16Н), что больше чем длина снежного шлейфа в ландшафте на черноземе южном и каштановой почве (1-2Н) в 3,4 раза (рисунок 3.9, 3.10).

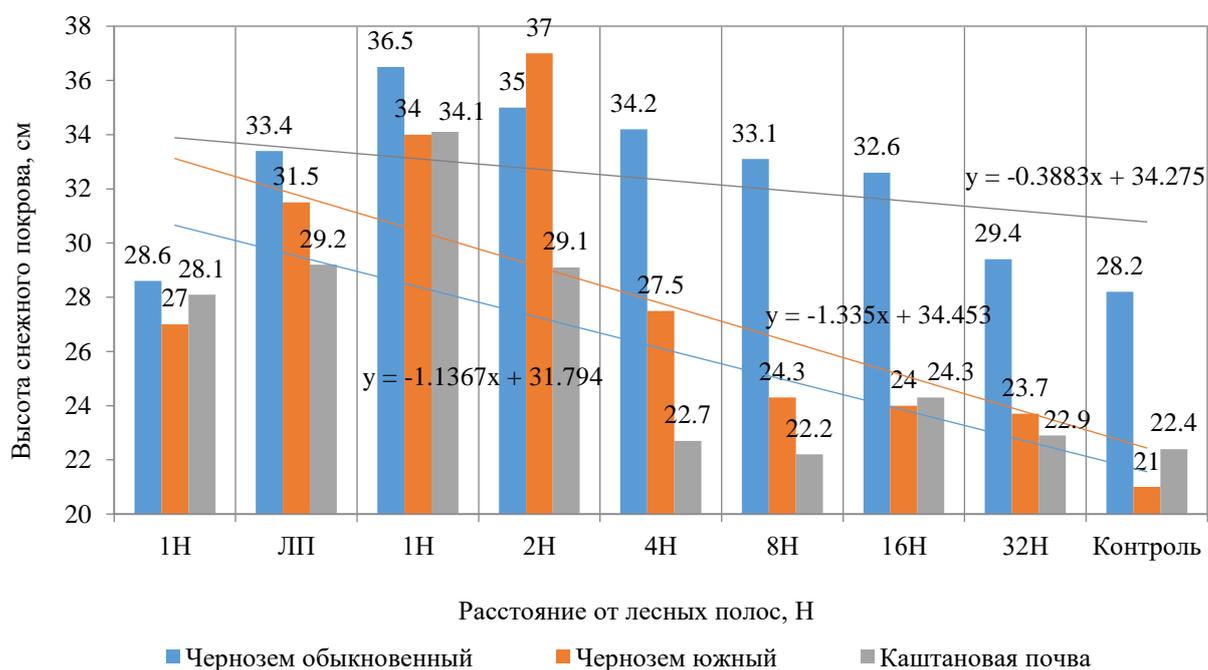


Рисунок 3.9. Влияние лесных насаждений на снегоотложение в среднем за три года в зоне влияния лесных насаждений

Так, в зоне действия лесной полосы для ландшафта на черноземе обыкновенном и каштановой почве высота снежного покрова с наветренной стороны была на 1,4% и на 25,4% больше высоты снежного покрова на открытом участке поля с запасом влаги в снеге 61,6мм и 61,6 мм. В лесной полосе высота снежного покрова на 28,6% и 30,3% больше высоты снега на контроле с запасом влаги 95,7мм и 98,6 мм. На расстоянии 1Н-16Н с наветренной стороны формируется снежный шлейф со средней высотой снежного покрова превышающей контроль на 35-40%, и запасом влаги в

снеге в среднем 100мм. На расстоянии в 16Н-32Н высота снежного покрова падает.

В ландшафте на черноземе южном высота снежного покрова с наветренной полосы была на 13,9 % больше высоты снежного покрова на открытом участке поля с запасом влаги в снеге 62,1мм. В лесной полосе высота снежного покрова на 50,1% больше высоты снега на контроле с запасом влаги 105,4 мм. На расстоянии 1Н-4Н с наветренной стороны формируется снежный шлейф со средней высотой снежного покрова превышающей контроль на 63,6%, и запасом влаги в снеге в среднем 103,3мм. На расстоянии в 4Н-32Н высота снежного покрова падает (рисунок 3.10).

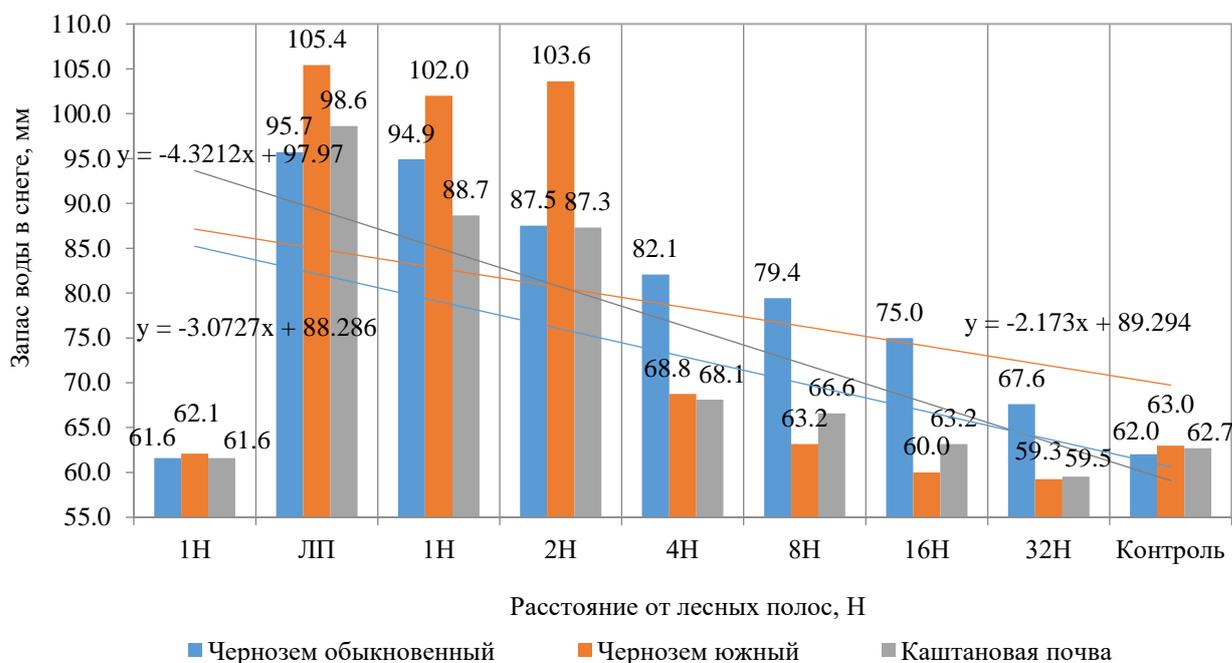


Рисунок 3.10 Влияние лесной полосы на запас воды в снеге, в среднем за три года в зоне влияния лесных насаждений

Анализ корреляционных связей выявил отрицательную очень высокую зависимость между расстоянием от лесных насаждений и высотой снегового покрова на черноземе южном ($r = -0,95$), отрицательную среднюю на каштановой почве ($r = -0,52$) и на черноземе южном ($r = -0,69$). Отрицательная очень высокая корреляционная зависимость выявлена между расстоянием от лесных насаждений и запасом влаги в снеге выявлена на черноземе

обыкновенном ($r = -0,90$), отрицательную среднюю ($r = -0,83$) на черноземе южном и отрицательную высокую ($r = -0,75$) на каштановой почве (Приложение 10,12,14).

В среднем по ландшафтам высота снежного покрова в зоне влияния лесных полос выше на 5 см и дополнительно накопить 16,3 мм влаги.

Исследования показали тесную зависимость глубины промерзания почвы и снегораспределения в зоне действия лесных насаждений. Закономерность описывается уравнением регрессии вида: $Z = 36,8417 - 0,0184 * x - 0,0473 * y$ где, Z - промерзание почвы (см); x – расстояние от лесных насаждений (м); y - снеготолщина (см) (рисунок 3.11).

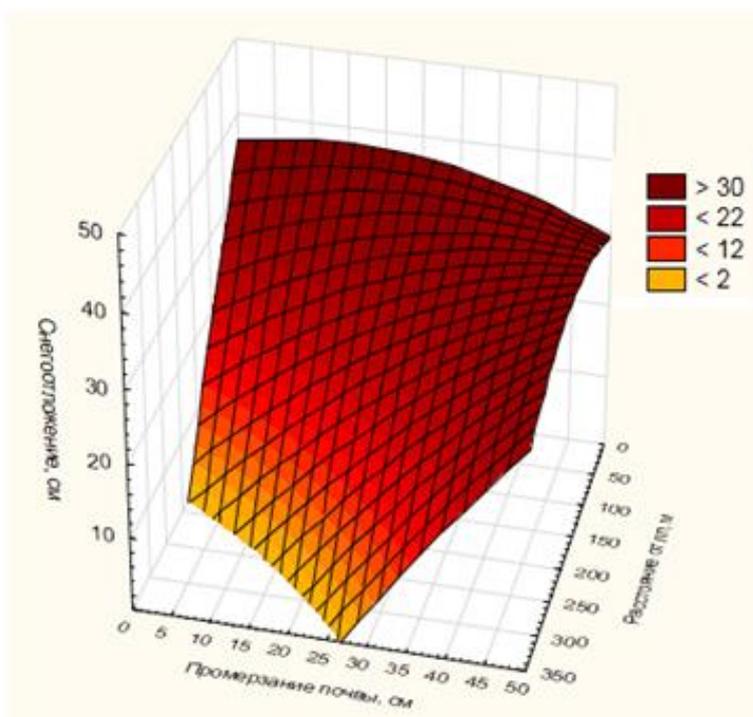


Рисунок 3.11. Зависимость глубины промерзания почвы и снегораспределения в зоне действия лесных насаждений

Наиболее интенсивно снегонакопление происходит в зоне влияния лесных полос на ландшафте на черноземе обыкновенном. Менее интенсивно снегонакопление происходит в зоне влияния лесной полосы на ландшафте на черноземе южном и на каштановой почве. В целом лесные полосы увеличивают снегозадерживающую способность на 65-75%

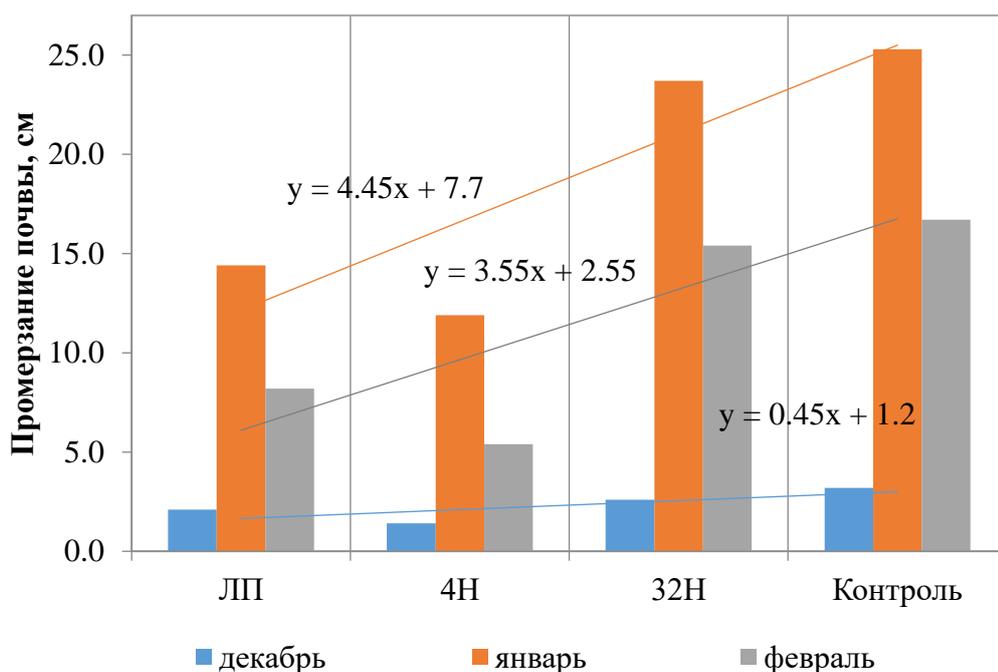
«Снежный покров, как теплоизолирующий слой, предохраняет почву от сильного охлаждения и глубокого промерзания» [40,47,62,79].

Исследования промерзания почвы проводились совместно с снегомерными съемками в ландшафте на черноземе южном в 2016-2018 гг. (рисунок 3.12).



Рисунок 3.13. Определение промерзания почвы в зоне влияния лесных насаждений

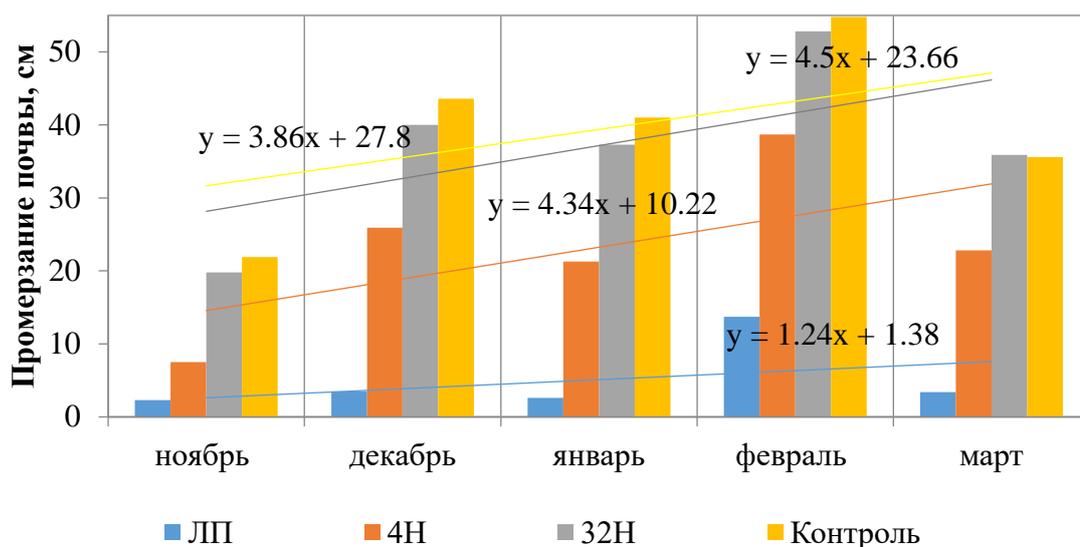
Существенное влияние на промерзание почвы в ландшафте оказывает степень влияния лесной полосы. В среднем за три года наблюдений наибольшая глубина промерзания почвы составила 55,1 см, отмечается на почве в открытом поле. Наименьшая глубина промерзания почвы отмечается в лесной полосе и в шельфовой зоне 1-4Н и составляет 17,2 см и 25,1см, что меньше чем глубина промерзания почвы на контроле (31,7 % и 45,3 %) (рисунок 3.17)



*Декабрь (28.12), Январь (11.01;20.01;29.01) Февраль (04.02;12.02;19.02)

Рисунок 3.17. Промерзание почвы в зоне влияния лесных насаждений в 2016г.

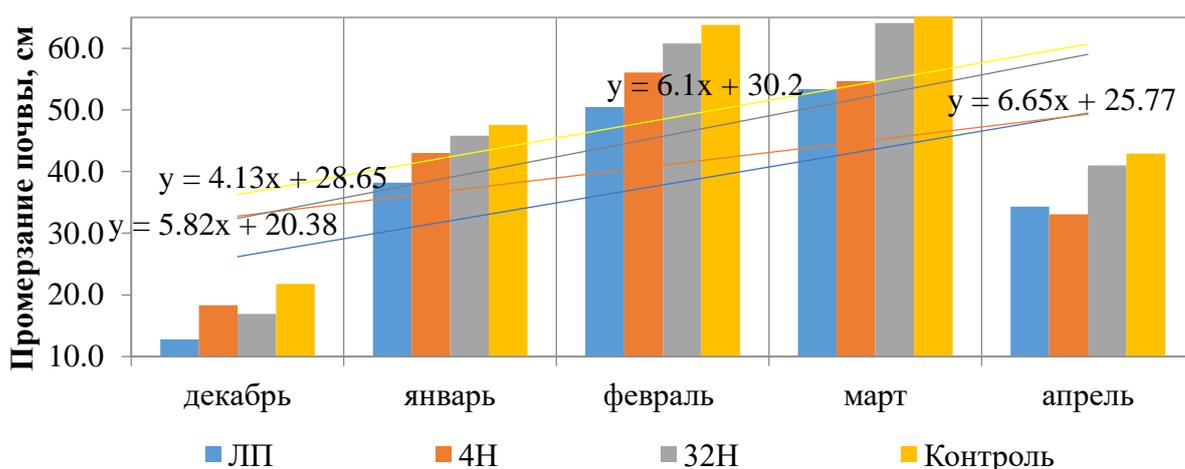
В среднем зимой в 2016 г. в лесных насаждениях и в шельфовой зоне за счет аккумуляции снега наблюдалось минимальное промерзание, которое составило 8,2 см и 6,2 см соответственно, что на 54% и на 41% ниже промерзания почвы на контроле 15,1 см. В зоне влияния лесных насаждений 4Н-32Н промерзание почвы составляет 13,9 см, что ниже промерзания почвы на контроле на 8,6%. Максимальное влияние лесных насаждений на промерзание почвы отмечено в 2018 году. В среднем промерзание почвы зимой в 2017 г. повторяет прошлогоднюю закономерность, наиболее активно происходило на контроле, максимальное значение составило 39,8 см. Минимальная глубина промерзания почвы наблюдалась в защитной лесной полосе за счет аккумуляции снежного покрова и составляет 5,1 см, что на 7,6 раз ниже промерзания почвы на контроле. В зоне влияния лесной полосы 4Н-32Н промерзание почвы составляет 23,2 см и 37,0 см, что ниже промерзания почвы на контроле на 73% и 35% соответственно (рисунок 3.18).



*Ноябрь (18.11;30.11), Декабрь (12.12;21.12;30.12), Январь (12.01;23.01) Февраль (02.02;10.02;20.02), Март (1.03;10.03;20.03;30.03)

Рисунок 3.18. Промерзание почвы в зоне влияние лесных насаждений в 2017г.

Минимальное влияние лесных насаждений отмечено в 2018 году. В среднем наиболее активно происходило на контроле, максимальное значение составило 48,5 см. Минимальная глубина промерзания почвы наблюдалось в защитной лесной полосе, за счет аккумуляции снежного покрова оказывает влияние на промерзание 37,2 см, что на 31 % ниже промерзания почвы на контроле (рисунок 3.19).



*Декабрь (20.12), Январь (10.01;24.01) Февраль (06.02;16.02;27.02), Март (7.03;26.03), Апрель(03.04;09.04;16.04)

Рисунок 3.19. Промерзание почвы в зоне влияние лесных насаждений в 2018г.

В зоне влияния лесной полосы 4Н-32Н промерзание почвы составляет 41 см 42,4 см, что ниже промерзания почвы на контроле на 18,2% и 15,4 % соответственно

Анализ корреляционных связей выявил высокую корреляционную зависимость между расстоянием от лесных насаждений и промерзанием почвы в 2015 и 2017 году ($r= 0,84$, $r=0,89$), среднюю ($r= 0,63$) в 2016 году. (Приложение 10,12,14).

Таким образом, в среднем за три года, по всем ландшафтам в зоне действия защитных лесных полос промерзание почвы снижалось на 2 см или на 5,7%, чем на контроле. Максимальное влияние лесных насаждений на промерзание почвы отмечено в 2018 году, минимальное – в 2017 году. Это объясняется высоким уровнем снежного покрова аккумуляированного в зоне действия лесных насаждений.

3.5. Динамика формирования доступной влаги в почве ландшафта

«На полях, защищенных лесными полосами, улучшение режима влажности почвы происходит весной за счет усвоения воды снежных отложений, а в теплый период за счет сокращения испаряемости. Весной наибольшее содержание влаги и более глубокое промачивание почвы наблюдаются в самих лесных полосах и в примыкающих к ним с обеих сторон зонах, где располагались снежные шлейфы. Протяженность зоны с повышенными запасами влаги весной в почве, как правило, совпадает; с протяженностью снежных шлейфов» [112,154,164].

Влагообеспеченность почвы напрямую зависит от климатических условий года. В 2016 году и 2017 году ГТК за вегетационный период составил 0,8 и 1,0 соответственно, что по классификации характеризуются как «влажные», что не характерно для Саратовской области. Условия 2018 года характеризуется как средне засушливые. ГТК за вегетационный период составил 0,6.

Наблюдения за свободной почвенной влагой проводились в период 2016-2018 гг., по схеме опыта, отбор проб проводился ежемесячно. Проведенные исследования выявили значительную дифференциацию запасов почвенной влаги от степени влияния лесных насаждений и сезонов года.

В среднем за три года исследования наиболее обеспеченная запасами почвенной влаги в слое почвы 0-100 см. оказалась почва под лесными насаждениями и в зоне 1Н-4Н от лесной полосы (236,6 мм) и (237,7 мм) соответственно, что выше, чем на контроле (224,2 мм) на 5,3% и 5,8%.

В зоне 8Н-32Н запасы воды (229 мм) в почве было, соответственно выше, на 2,2% чем на контроле и ниже на 3,4% чем в зоне 1Н-4Н (таблица 3.3).

Таблица 3.3.

Запасы свободной почвенной влаги в зоне влияния лесных насаждений в среднем за три года в слое почвы 0-100 см.

Срок наблюдения**	Запасы почвенной влаги, мм*								Сред. 1-32Н	Разница с К,	
	ЛП	1Н	2Н	4Н	8Н	16Н	32Н	К.		мм.	%
Начало снеготаяния	281	278	273	266	261	259	257	254	266	+12	4,5
Весна	212	214	209	204	196	184	183	182	198	+16	8,08
Лето	192	199	209	216	214	206	202	199	208	+9	4,3
Осень	201	208	211	214	212	209	209	207	211	+4	1,9
Зима	297	294	287	284	282	282	280	279	285	+6	2,1
Варианты	НСР 0,5		0,348		F факт.		177827,48		F теор.	1,66	
Фактор А*			0,123				900929,50			2,61	
Фактор В**			0,156				59897,500			2,25	
Взаим. АВ			0,348				104009,65				

- достоверно на 5%-ном уровне значимости, К-контроль

В весенний период за счет увеличения температуры воздуха происходит активный сход снежного покрова и аккумуляции талой воды почвой. В зоне влияния защитных лесных полос наблюдается различия режима промерзания и оттаивания почвы, что непосредственно влияет на запасы содержания свободной влаги почвы.

В среднем за три года на начало снеготаяния в слое почвы 0-100 см. под лесными насаждениями содержалось (281 мм), что выше на 10,6%, чем

на контроле (254 мм). В зоне 1Н-4Н содержалось в среднем 272 мм, что выше на 7,8%, чем на контроле. В зоне 8Н-32Н содержалось в среднем 259 мм, что выше на 1,9%, чем на контроле (рисунок 3.20).



Рисунок 3.20. Отбор почвенных проб на влажность почвы

В среднем за период начала вегетации за три года исследования, выпало 50,3 мм осадков (приложение 12). Запас свободной влаги уменьшился под лесными насаждениями (212 мм) на 32,5%, в зоне 1Н-4Н (209 мм) на 30,1%, в зоне 8Н-32Н (187,6 мм) на 38,5%, чем на начало снеготаяния. Интенсивное расходование влаги обусловлено активным ростом подземной и наземной массы растений. В среднем за три года за летний период выпало 29,0 мм осадков. Запас свободной влаги уменьшился под лесными насаждениями (192 мм) на 10,4%, в зоне 1Н-4Н (208 мм) на 0,4% и увеличилось в зоне 8Н-32Н (207,3 мм) на 9,3%, чем в начальный период вегетации. Это связано с меньшим потреблением влаги сельскохозяйственными культурами. В среднем за три года в период на конец вегетации выпало 55,2 мм осадков. Запас свободной влаги увеличился под лесными насаждениями (201 мм) на 4,6%, в зоне 1Н-4Н (211 мм) на 1,9%, в зоне 8Н-32Н (210 мм) на 1,4%, чем в начальный период вегетации. В

среднем за три года в зимний период выпало 59,9 мм осадков. Запас свободной влаги увеличился под лесными насаждениями (297 мм) на 47,7%, в зоне 1Н-4Н (288 мм) на 36,4%, в зоне 8Н-32Н (281 мм) на 33,8%, чем на конец вегетации.

Анализ корреляционных связей выявил отрицательную высокую корреляционную зависимость между расстоянием от лесных насаждений и запасом свободной влаги в почве к началу снеготаяния ($r = -0,67$), в зимний период ($r = -0,61$). Отрицательную среднюю корреляционную зависимость в весенний период ($r = -0,46$), в летний период ($r = -0,55$). В осенний период выявленная зависимость является не существенной (Приложение 10,12,14).

Таким образом, установлено, что лесные насаждения влияют на распределение свободной почвенной влаги весенне-летний и зимний период. Наибольшее количество влаги скапливается в самих лесных насаждениях и в зоне 1Н-4Н.

Глава 4 Агрофизические свойства почвы в зоне влияния лесных насаждений

«Благоприятные физические свойства и режимы почвы - одно из неизменных условий проявления почвенного плодородия, усиления экологической устойчивости и продуктивности почвенно-растительной системы» [48].

«В условиях глобального изменения климата, на фоне высокого уровня интенсификации сельскохозяйственного производства и проявления негативных процессов в условиях Поволжья роль физических и водно-физических свойств почвы в формировании экологической устойчивости агроландшафтов становится решающей» [85,95].

«Улучшая физические и водно-физические свойства почвы, можно увеличивать ее водные запасы и экономно их использовать, направлять биологические процессы в сторону усиления, прежде всего, процессов гумификации, восстановления потенциального и эффективного плодородия, которое непосредственно связано с оптимизацией физических и водно-физических свойств почвы и тем самым повысить уровень экологической устойчивости почвы» [17,109].

4.1. Изменение морфологических свойств почв ландшафта

«Антропогенное воздействие на почвы существенно изменяет их состав и свойства, что отражается на морфологическом профиле» [109].

«Главной морфологической характеристикой почв является строение и мощность ее профиля. Особое внимание уделяется мощности гумусового горизонта, характеризующегося наибольшим (до 10%) содержанием органического вещества» [119].

При анализе полученных данных морфологии почвы, в изучаемых почвенно-климатических зонах под влиянием лесных насаждений, были установлено что происходит трансформация генетических горизонтов почвы.

Видно, что в зональном ряду почв наблюдается снижение мощности гумусового горизонта в направлении с северо-запада на юго-восток. Это связано с изменением климатических условий и количества выпадающих осадков.

Максимальная мощность гумусового горизонта выявлена в ландшафте на черноземе обыкновенном $A+B_1$ (0-82см), по мере движения на юго-восток уменьшается, ландшафт на черноземе южном $A+B_1$ (0-54см) и на востоке области для ландшафта на каштановой почве $A+B_1$ (0-43см). Также выявлено, что мощность почвенного покрова с расстоянием от лесных насаждений меняется во всех изучаемых ландшафтах.

Почвенный профиль ландшафта на черноземе обыкновенном имеет следующее морфологическое строение (приложение 7).

Полученные данные показали, что мощность гумусового горизонта почвы, по мере удаления почвенных разрезов от лесной полосы, уменьшается. Максимальная мощность гумусового горизонта и почвенного профиля выявлена под лесной полосой $A+B_1$ (0-97см) что больше контроля (0-63см) (целина) на 34 см. Полученные данные показали, что на расстоянии 1Н от лесной полосы мощность плавно падает на 39 см до 58 см, на расстоянии 2Н на 5 см до 53 см, на расстоянии плавно возрастает 4Н на 9 см до 62 см, на 8Н на 15 см до 47 см. Резко снижается на 16Н на 9 см до 38 см, и имеет минимальное значение на расстоянии 32Н (29 см), что по сравнению с контролем значительно ниже в 2,1 раза (рисунок 4.1).

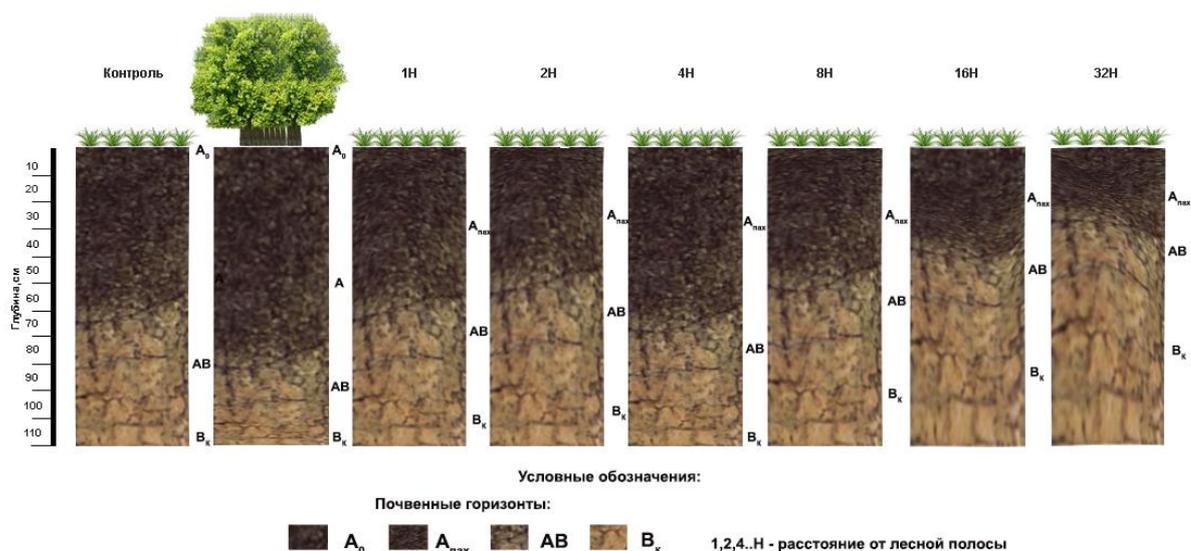


Рисунок 4.1. Динамика морфологического профиля чернозема
обыкновенного в зоне влияния лесных насаждений

Почвенный профиль (контроль целина) ландшафта на черноземе южном имеет следующее морфологическое строение (приложение 8).

Полученные данные показали, что мощность гумусового горизонта почвы по мере удаления почвенных разрезов от лесной полосы уменьшается также, как и в ландшафте на черноземе обыкновенном, но имеют более плавный характер. Максимальная мощность гумусового горизонта и почвенного профиля выявлена под лесной полосой $A+B_1$ (0-64см) что больше контроля (55см) (целина) на 9 см.

Полученные данные показали, что на расстоянии 1Н от лесной полосы мощность плавно падает на 22 см до 42 см, на расстоянии 2Н на 5 см до 37 см, на расстоянии 4Н на 5 см до 32 см, на плавно возрастает 8Н на 4 см до 36 см.

Резко снижается на 16Н на 12 см до 24 см, и имеет минимальное значение на расстоянии 32Н (22см), что по сравнению с контролем значительно ниже в 2,5 раза (рисунок 4.2).

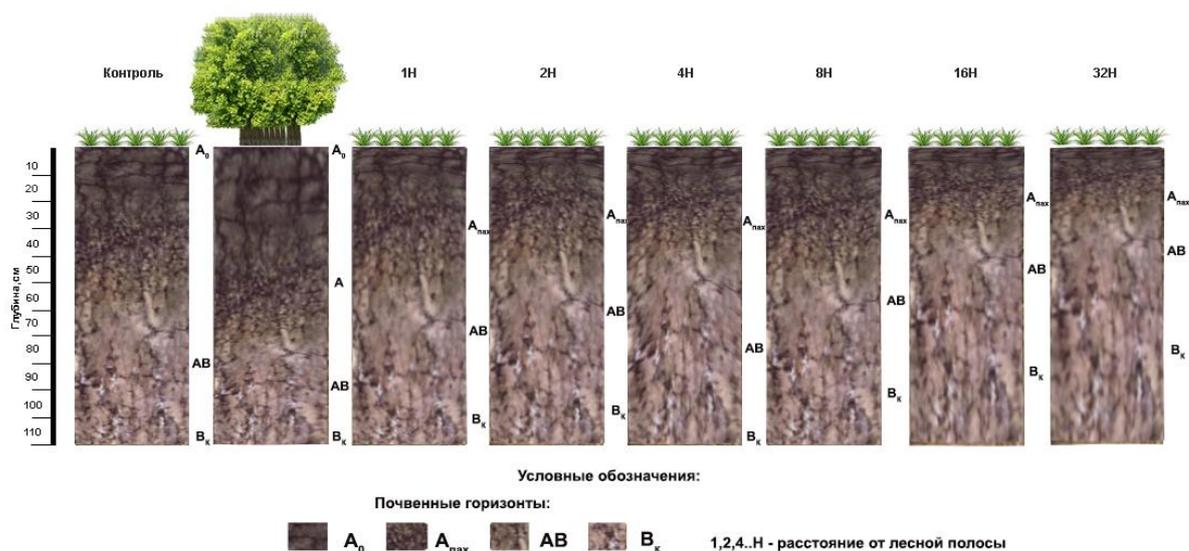


Рисунок 4.2. Динамика морфологического профиля чернозема южного в зоне влияния лесной полосы

Почвенный профиль (контроль целина) ландшафта на каштановой почве имеет следующее морфологическое строение (приложение 9).

Максимальная мощность гумусового горизонта и почвенного профиля выявлена под лесной полосой А (0-27см) что больше контроля (22см) (целина) на 5 см. Полученные данные показали, что на расстоянии 1Н от лесной полосы мощность плавно падает на 4 см до 23 см, на расстоянии 2Н на 2 см до 21 см, на расстоянии 4Н плавно возрастает 3 на см до 24 см, на 8Н на 2 см до 26 см. Резко снижается на 16Н на 5 см до 21 см, и имеет минимальное значение на расстоянии 32Н (19см), что по сравнению с контролем значительно ниже в 0,1 раз (рисунок 4.3).

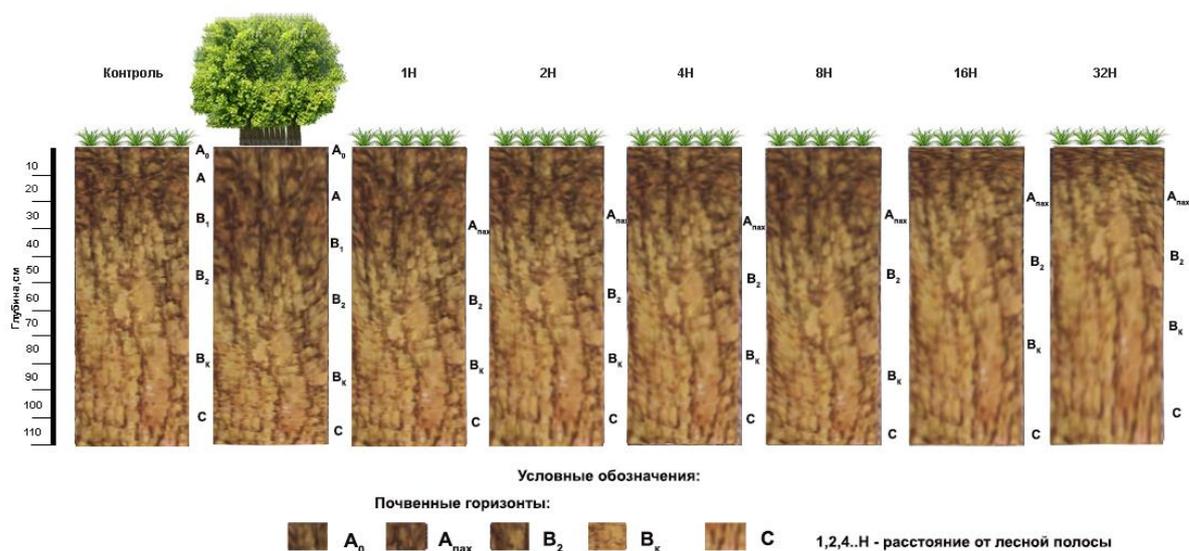


Рисунок 4.3. Динамика морфологического профиля каштановой почвы в зоне влияния лесной полосы

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено что при приближении к лесным насаждениям мощность гумусового горизонта растет в 1,5 – 2,5 раза по сравнению с контролем. Одни из важнейших источников увеличения мощности гумусового горизонта служат лиственный аппарат лесных насаждений и снежным шлейфам. Благодаря защитным лесным насаждениям увеличивается уровень плодородия почвы. Максимальное положительное влияние лесные насаждения оказывают на дистанции 1-8Н

4.2 Характеристика гранулометрического состава почвы ландшафта

«Одним из базовых показателей при формировании агрофизических свойств любой почвенной разности является ее гранулометрический состав» [128].

«Почвы тяжелого гранулометрического состава, по сравнению с легким богаче глинистыми минералами и, как правило, органическим веществом, которые принимают активное участие в формировании ее структуры. Почвы тяжелого гранулометрического состава содержат больше органических и

органоминеральных коллоидов. Поглотительный комплекс этих почв, как правило, хорошо насыщен основаниями, что во многом определяет экологическую устойчивость почвенно-растительной системы» [133] (рисунок 4.4).



Рисунок 4.4. Определение гранулометрического состава почвы

Гранулометрический анализ чернозема обыкновенного на целине, имеет легкоглинистый крупнопылеватый гранулометрический состав. Доля фракций «физическая глина» ($<0,01$) – 64,4 %, фракций «физического песка» ($>0,01$) – 35,6 %. В исследуемой почве преобладающей фракцией является фракция ила ($<0,001\text{мм}$) – 36,22 % от абсолютно сухой почвы. В лесной полосе происходит облегчение гранулометрического состава до среднесуглинистой песчанно-крупнопылеватой. Доля фракций «физическая глина» ($<0,01$) – 30,62 %, фракций «физического песка» ($>0,01$) – 69,38 %. В исследуемой почве преобладающей фракцией является фракция крупной пыли (0,05-0,01 мм) – 31,60 % от абсолютно сухой почвы. В зоне действия лесной полосы происходит облегчение гранулометрического состава до легкосуглинистой песчанно-крупнопылеватой (таблица 4.1).

Таблица .4.1

Изменения гранулометрического состава почвы ландшафтов под влиянием лесной полосы.

Ландшафты	Место отбора	Размер частиц (мм), содержание фракции (%)								Кг, (%)
		1,0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	>0,01	<0,01	
Чернозем обыкновенный	Целина	1,14	5,16	29,30	10,08	18,10	36,22	35,60	64,40	137,94
	Лесополоса	19,14	18,64	31,60	9,35	14,17	7,10	69,38	30,62	51,94
	В зоне действия	21,13	18,73	32,54	8,40	12,93	6,27	72,40	27,60	46,90
	В открытом поле	37,72	21,58	23,10	8,10	6,32	3,18	82,40	17,60	30,45
Чернозем южный	Целина	1,48	15,81	26,60	6,37	11,69	38,05	43,89	56,11	150,86
	Лесополоса	4,54	15,91	31,05	4,64	11,52	32,34	51,50	48,50	122,89
	В зоне действия	16,52	24,10	32,60	4,58	7,08	15,12	73,22	26,78	59,71
	В открытом поле	33,06	30,08	21,74	6,56	5,60	2,96	84,88	15,12	30,25
Каштановая почва	Целина	0,82	11,65	34,05	9,41	15,94	28,13	46,52	53,48	101,40
	Лесополоса	14,43	28,15	24,29	8,60	11,44	13,09	66,87	33,13	74,58
	В зоне действия	36,60	34,05	14,16	7,21	5,57	2,41	84,81	15,19	37,34
	В открытом поле	40,05	33,41	13,28	6,38	4,56	2,32	86,74	13,26	34,99
Фактор А	НСР ₀₅	0,105		F _{факт.}	7534,502		F _{теор.}	3,12		
Фактор В		0,105			3567,125			3,12		
Фактор С		0,029			5436,038			4,41		
Взаим. АВС		0,089			7158,878			2,58		

<0,001- ил; <0,01- физ. глина; >0,01- физ. песок; Кг - гранулометрический показатель структурности

- достоверно на 5%-ном уровне значимости

Доля фракций «физическая глина» ($<0,01$) – 27,60 %, фракций «физического песка» ($>0,01$) – 72,40 %. В исследуемой почве преобладающей фракцией является фракция крупной пыли (0,05-0,01 мм) – 32,54 % от абсолютно сухой почвы. На открытом участке поля (контроле) происходит облегчение гранулометрического состава до супечанная крупнопылевато-песчанная. Доля фракций «физическая глина» ($<0,01$) – 17,60 %, фракций «физического песка» ($>0,01$) – 82,40 %. В исследуемой почве преобладающей фракцией является песчаная фракция (1,0-0,25мм) – 37,72 % от абсолютно сухой почвы.

Гранулометрический анализ чернозема южного на целине, имеет тяжелосуглинистый крупнопылевато-илистый гранулометрический состав. Доля фракций «физическая глина» ($<0,01$) – 56,11 %, фракций «физического песка» ($>0,01$) – 43,89 %. В исследуемой почве преобладающей фракцией является фракция ила ($<0,001$ мм) – 38,05 % от абсолютно сухой почвы. В лесной полосе переходит в тяжелосуглинистый среднепылевато-илистый гранулометрический состав. Доля фракций «физическая глина» ($<0,01$) – 48,50 %, фракций «физического песка» ($>0,01$) – 51,50 %. В исследуемой почве преобладающей фракцией является фракция ила ($<0,001$ мм) – 32,34 % от абсолютно сухой почвы

В зоне действия лесной полосы происходит облегчение гранулометрического состава до легкосуглинистого песчанно-крупнопылеватого гранулометрического состава. Доля фракций «физическая глина» ($<0,01$) – 26,78 %, фракций «физического песка» ($>0,01$) – 73,22 %. В исследуемой почве преобладающей фракцией является фракция крупной пыли (0,05-0,01 мм) – 32,60 % от абсолютно сухой почвы. На открытом участке поля (контроле) происходит облегчение гранулометрического состава до супечанная крупнопылевато-песчанная. Доля фракций «физическая глина» ($<0,01$) – 15,12 %, фракций «физического песка» ($>0,01$) – 84,88 %. В исследуемой почве преобладающей фракцией является песчаная фракция (1,0-0,25мм) – 33,06 % от абсолютно сухой почвы.

Гранулометрический анализ каштановой почвы на целине, имеет тяжелосуглинистый илристо-крупнопылеватый гранулометрический состав. Доля фракций «физическая глина» ($<0,01$) – 53,48 %, фракций «физического песка» ($>0,01$) – 46,52%. В исследуемой почве преобладающей фракцией является фракция крупной пыли (0,05-0,01 мм) – 34,05 % от абсолютно сухой почвы. В зоне действия лесной полосы происходит облегчение гранулометрического состава до среднесуглинистого крупнопылевато-песчанной. Доля фракций «физическая глина» ($<0,01$) – 33,13 %, фракций «физического песка» ($>0,01$) – 66,87 %. В исследуемой почве преобладающей фракцией является песчаная фракция (1,0-0,25мм) – 28,15 % от абсолютно сухой почвы. В зоне действия лесной полосы происходит облегчение гранулометрического состава до супесчаного крупнопесчанного гранулометрического состава. Доля фракций «физическая глина» ($<0,01$) – 15,19 %, фракций «физического песка» ($>0,01$) – 84,81%. В исследуемой почве преобладающей фракцией является фракция крупной пыли (0,05-0,01 мм) – 36,60 % от абсолютно сухой почвы. На открытом участке поля (контроле) происходит облегчение гранулометрического состава до супесчанной крупнопылевато-песчанной. Доля фракций «физическая глина» ($<0,01$) – 13,26 %, фракций «физического песка» ($>0,01$) – 86,74 %. В исследуемой почве преобладающей является песчаная фракция (1,0-0,25мм) – 40,05 % от абсолютно сухой почвы.

«В зоне влияния лесной полосы за счет поступления растительной массы в почву, приводит к активизации процессов гумусообразования. Ежегодно нарастающее поступление продуктов метаболизма микробной фауны в виде рыхлых гумусовых кислот (детрит), наряду с увеличением запасов гумуса оптимизирует процессы оструктурирования почвы» [143].

Длительное, интенсивное сельскохозяйственное использование почвы снижает способность почвы к оструктурированию и разрушает ее структуру по всем ландшафтам. По сравнению с целиной, в почве на черноземе обыкновенном в открытом поле (контроле) на 29,5% в почве в зоне влияния

лесной полосы на 3,09% снизилась илистая фракция. На 18,0% увеличилась песчаная фракция в открытом поле и на 16,42% в почве в зоне влияния лесной полосы. Для ландшафта на черноземе южном по сравнению с целиной, в почве на черноземе обыкновенном в открытом поле (контроле) на 35,09% в почве в зоне влияния лесной полосы на 12,16% снизилась илистая фракция. На 31,58% увеличилась песчаная фракция в открытом поле и на 16,54% в почве в зоне влияния лесной полосы. Для ландшафта на каштановой почве по сравнению с целиной, в почве на черноземе обыкновенном в открытом поле (контроле) на 25,81% в почве в зоне влияния лесной полосы на 0,9% снизилась илистая фракция на 39,23%, увеличилась песчаная фракция в открытом поле и на 3,45% в почве в зоне влияния лесной полосы.

В результате влияния лесной полосы, происходит обогащение структурообразующими фракциями почвы. При проведении гранулометрического анализа почвы был рассчитан гранулометрический показатель структурности (рисунок 4.5).

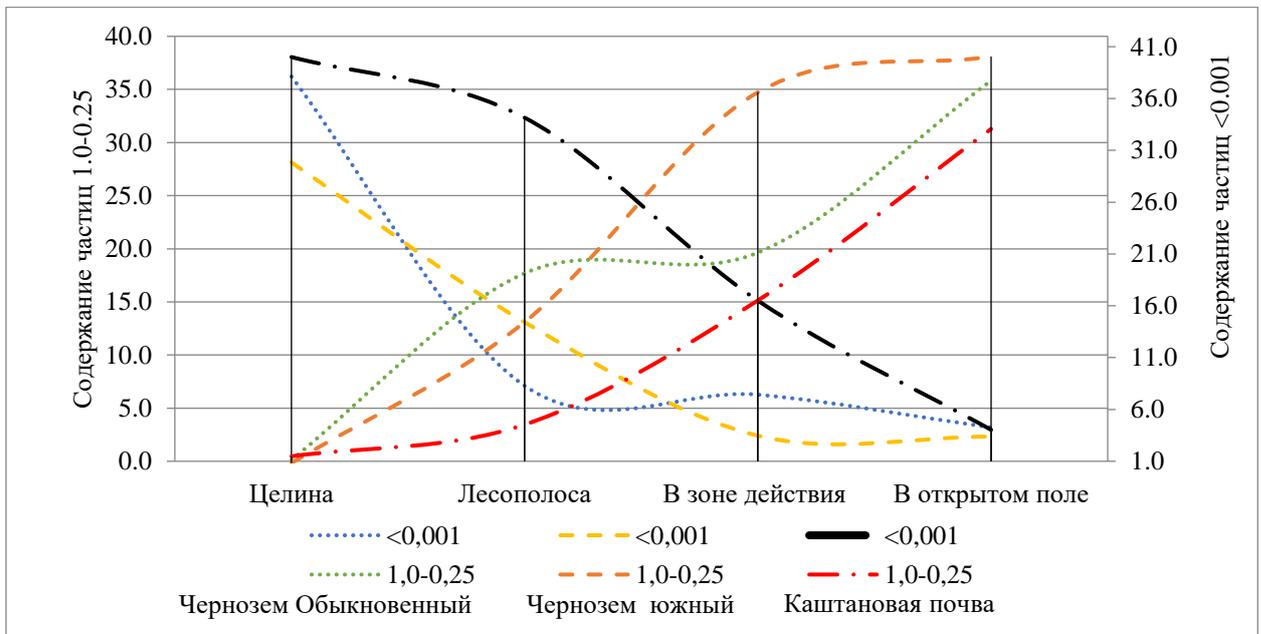


Рисунок 4.5. Количественное изменение агрономически ценных частиц под влиянием лесной полосы на различных ландшафтах

Для чернозема обыкновенного показатель структурности на почве открытого поля (контроль) был на 107,49% ниже, чем для целинной почвы и на 16,45% ниже, чем на почве в зоне влияния лесной полосы. Для чернозема южного показатель структурности на почве открытого поля (контроль) был на 120,61% ниже, чем для целинной почвы и на 29,54% ниже, чем на почве в зоне влияния лесной полосы. Для каштановой почвы показатель структурности на почве открытого поля (контроль) был на 66,41% ниже, чем для целинной почвы и на 2,35% ниже, чем на почве в зоне влияния лесной полосы. Выявлена четкая закономерность - по мере приближения к лесной полосе во всех ландшафтах, показатель структурности растет. Наибольшее значение этот показатель принимает в лесных насаждениях, наименьшее на контроле.

Таким образом, лесная полоса приводит к оптимизации гранулометрического состава почвы. В почве зоны действия лесной полосы, по сравнению с почвой открытого поля (контроль) увеличивается доля органических коллоидов за счет корневых и растительных остатков. В почве обогащенной илистой фракцией за счет высокой поглотительной способности, зависящей от минералогического и химического состава почвы и обогащенности гумусом, увеличивается способность коагулировать и склеивать механические элементы в агрегаты.

4.3. Характеристика структурного состава почвы ландшафта

«Структура почвы является одним из важнейших факторов плодородия» [151]. «Структура почвы особенно верхнего пахотного горизонта, под влиянием механической обработки, распыляется, резко ухудшается и приобретает пылеватость и комковатость» [161].

В ходе проведенных исследований ландшафтов на черноземе обыкновенном, черноземе южном и на каштановой почве установлено, что их физические и водно-физические свойства в открытом поле существенно

отличались от целинных, а почвы в зоне влияния лесной полосы в наименьшей степени были подвержены отрицательному воздействию от обработок. Отмечено, что по сравнению с открытым полем, в слое почвы 0-30 см в зоне физико-биологического влияния лесной полосы структура почвы улучшилась по всем ландшафтам. Уменьшалось количество глыбистой фракции (размером > 10 мм) для чернозема обыкновенного с 22,42% до 20,7% на 1,72%, для чернозема южного с 13,66% до 12,86% на 0,8%, для каштановой почвы соответственно с 31,4% до 12,3% на 19,1%.

По сравнению с целинным участком в открытом поле количество глыбистой фракции (размером > 10 мм) увеличилось для чернозема обыкновенного с 6,68% до 22,42% на 15,74%, для чернозема южного с 4,72% до 13,66% на 8,94%, для каштановой почвы с 13,42% до 31,4% на 17,98%.

Увеличилась сумма структурных фракций меньших размеров (5 - 0,25 мм) средних, мелких комков и зернистых фракций для чернозема обыкновенного с 40,1% до 45,6% на 5,5%, для чернозема южного с 61,7% до 68,24% на 6,54%, для каштановой почвы соответственно с 46,4% до 66,65% на 4,95%. В связи с отсутствием листового опада лесных полос в открытом поле сумма структурных фракций меньших размеров (5 - 0,25 мм) средних, мелких комков и зернистых фракций, по сравнению с целинным участком, уменьшилась для чернозема обыкновенного с 81,42 % до 40,1% на 41,32%, для чернозема южного с 80,12% до 61,7% на 18,42 %, для каштановой почвы с 61,18% до 46,4% на 14,78% (таблица 4.2).

По количеству агрономически ценных агрегатов (10-0,25 мм) окультуривание исследуемых почв привело к ухудшению структурного состояния почвы. Для целинного участка чернозема обыкновенного содержание ценных агрегатов по результатам сухого рассева составило 91,06, водопрочных 72,24% соответственно, то для почвы в открытом поле оно снизилось до 66,54 и 60,1%, то есть на 24,52 и 12,14%. В зоне влияния лесной полосы почва менее подверглась изменению при окультуривании 73,9 и 64,2%.

Таблица 4.2.
Структурный состав по сухому и мокрому расसेву в 0-30 см слое почвы

Название почвы*	Фракция (мм), %, Сухой рассев*** / Мокрый рассев										Сумма фракций		Кс.	Кв.
	>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	> 10 и <0,25	10-0,25			
Целина**														
Ч _о	<u>6,68</u> —	<u>11,9</u> —	<u>11,3</u> 0,32	<u>10,4</u> 0,37	<u>28,24</u> 9,4	<u>21,64</u> 40,1	<u>3,28</u> 17,62	<u>4,3</u> 1,22	<u>2,26</u> 30,97	<u>8,94</u> 30,97	<u>91,06</u> 69,03	10,07	722,2	
Ч _ю	<u>4,72</u> —	<u>9,44</u> —	<u>13,22</u> 0,24	<u>8,36</u> 0,9	<u>22,48</u> 12,48	<u>28,24</u> 48,02	<u>4,38</u> 19,4	<u>3,44</u> 0,18	<u>26,1</u> 27,6	<u>9,94</u> 27,6	<u>90,06</u> 72,4			9,06
К	<u>13,42</u> —	<u>12</u> —	<u>13,4</u> 0,1	<u>16,4</u> 1,34	<u>8,9</u> 18,64	<u>7,63</u> 29,6	<u>11,3</u> 27,92	<u>9,01</u> 0,24	<u>7,94</u> 22,16	<u>21,36</u> 22,16	<u>78,64</u> 77,84	3,68	135,2	
В зоне влияния лесной полосы**														
Ч _о	<u>20,7</u> —	<u>9,1</u> —	<u>11,3</u> 0,12	<u>11,3</u> 0,4	<u>10,2</u> 16,4	<u>17,9</u> 41	<u>7,9</u> 13,6	<u>6,2</u> 0,72	<u>5,4</u> 27,6	<u>26,1</u> 27,6	<u>73,9</u> 72,4	2,83	253,9	
Ч _ю	<u>12,86</u> —	<u>14,32</u> —	<u>11,12</u> 1,48	<u>6,24</u> 10,42	<u>12,02</u> 10,42	<u>30,44</u> 28,58	<u>2,98</u> 2,42	<u>3,18</u> 0,14	<u>6,84</u> 46,52	<u>19,7</u> 46,52	<u>80,3</u> 53,48			4,07
К	<u>12,3</u> —	<u>11,05</u> —	<u>10</u> 6,9	<u>13,8</u> 3,88	<u>8,6</u> 15,1	<u>15,21</u> 22,12	<u>12,64</u> 9,26	<u>7,06</u> 0,64	<u>9,34</u> 42,1	<u>21,64</u> 42,1	<u>78,36</u> 57,9	3,62	49,13	
В открытом поле**														
Ч _о	<u>22,42</u> —	<u>11,62</u> —	<u>9,36</u> 1,64	<u>5,48</u> 25	<u>11,92</u> 47	<u>16,1</u> 1,06	<u>3,42</u> 0,44	<u>8,64</u> 0,16	<u>11,04</u> 24,7	<u>33,46</u> 24,7	<u>66,54</u> 75,3	1,98	12,43	
Ч _ю	<u>13,66</u> —	<u>8,9</u> —	<u>9,2</u> 2,46	<u>4,84</u> 19,84	<u>7,48</u> 35,76	<u>27,48</u> 2,96	<u>5,24</u> 0,3	<u>12,14</u> 0,24	<u>11,06</u> 38,42	<u>24,72</u> 38,42	<u>75,28</u> 61,58			3,04
К	<u>31,4</u> —	<u>11,3</u> —	<u>10,9</u> 9,42	<u>14,2</u> 3,84	<u>6,24</u> 11,26	<u>7,44</u> 25,64	<u>9,14</u> 4,02	<u>5,58</u> 0,42	<u>3,8</u> 45,4	<u>35,2</u> 45,4	<u>64,8</u> 54,6	1,84	22,08	
Фактор. А*	НСР _{0,5}			0,021	F теор.			3,94		F факт.				81,860
Фактор. В**				0,021				3,94				28,118		
Фактор. С***				0,037				2,03				869,94		

- достоверно на 5%-ном уровне значимости,

- Кс-коэффициент структурности, Кв коэффициент водопрочности

Для целинного участка чернозема южного содержание ценных агрегатов составило 90,6, водопрочных 81,22% соответственно, то для почвы в открытом поле оно снизилось до 75,25 и 61,56%, то есть на 15,35 и 19,66%. В зоне влияния лесной полосы почва в меньшей степени подверглась изменению при окультуривании, где содержание ценных агрегатов диагностировалось на уровне 80,3%, а водопрочных – 63,47%.

Целинный участок каштановой почвы содержал 78,64% ценных агрегатов и 77,84% водопрочных соответственно, в то время как на открытом участке поля оно снизилось на 13,84 и 23,24%. В зоне влияния лесной полосы почва подверглась изменению при окультуривании меньше чем на открытом

участке. Количество водопрочных агрегатов снизилось на 19,94%, а содержание ценных агрегатов всего на 4,81% по сравнению с целиной.

Полученные данные показали, что окультуренная почва чернозема обыкновенного в 1,2 раза утратила количество водопрочных агрегатов по сравнению с целинным аналогом. «Основной оценкой качества показателя структурного состояния почвы, является способность агрономически ценных агрегатов противостоять размывающему действию воды, т.е. способность их сохраняться при погружении в воду и, следовательно, сохранять при этом прочность на сдвиг и разрыв» [161,176]. По величине коэффициента структурности агрегатное состояние на всех исследуемых зонах чернозема обыкновенного оказалось различным. Максимальная величина коэффициента структурности выявлена на целине (10,7), минимальная – на почве в открытом поле (1,98). На интенсивно используемой пашне чернозема южного произошло уменьшение количества водопрочных агрегатов в 1,3 раза по сравнению с целиной.

Наибольший коэффициент структурности оказался на целине чернозема южного (9,06), минимальный – на почве в открытом поле (3,04). Каштановая почва, имея наименьший по мощности гумусовый профиль, наиболее сильно подверглась деградации. На обрабатываемой пашне за время ее использования в сельскохозяйственном производстве в 1,4 раза снизилось количество водопрочных агрегатов. По величине коэффициента структурности каштановых почв агрегатное состояние на целине диагностировано как максимальное (3,68), минимальный же коэффициент отмечен на почве в открытом поле (1,84). С уменьшением количества физической глины в почве величина коэффициента структурности возрастает за счет снижения доли микроагрегатов (рисунок 4.6).

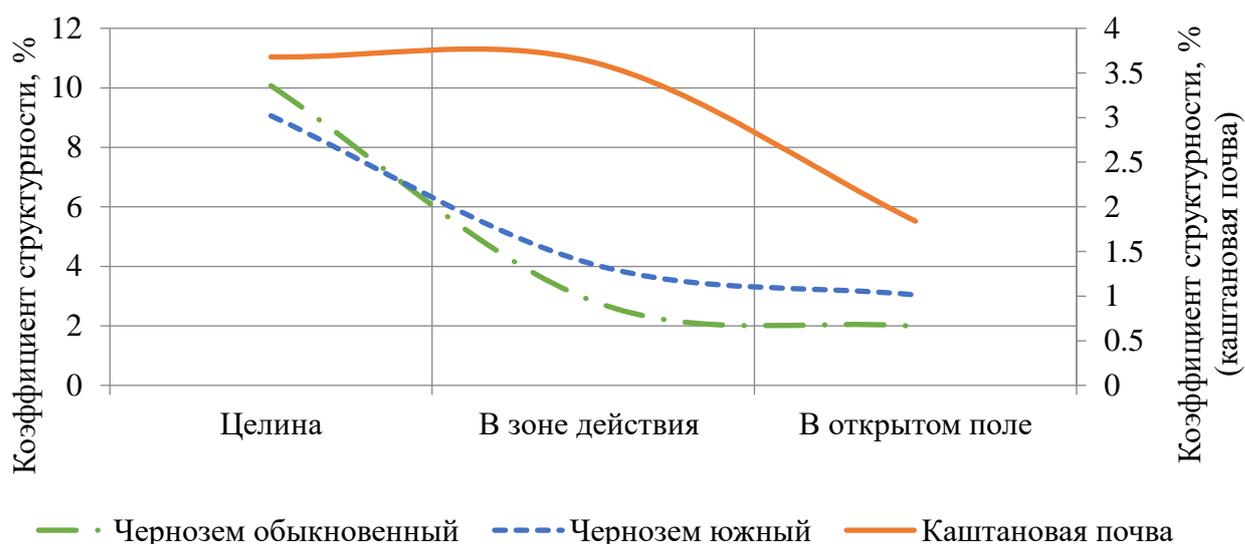


Рисунок 4.6. Изменение коэффициента структурности от влияния лесной полосы на разных ландшафтах

Исследования множества ученых показывают что, «водопрочность агрегатов рассматривается как следствие совокупного воздействия ряда факторов, важнейший из которых - биологический, в частности количество и активность образующихся перегнойных веществ» [43,163]. По величине критерия водопрочности агрегатов максимальный его показатель отмечен у чернозема южного на целине (810), что характеризует ее как ценоз с отличной водопрочностью агрегатов. В зоне действия лесной полосы водопрочность агрегатов очень хорошая (510), а в открытом поле она оказалась неудовлетворительной (18,75).

Для чернозема обыкновенного, очень хорошая водопрочность агрегатов отмечалась на целине (722), хорошая водопрочность выявлена в зоне действия лесной полосы (253,9), а неудовлетворительная – в открытом поле (12,43). Аналогично двум другим подтипам почвы, для каштановой почвы хорошей водопрочностью агрегатов отмечена на целине (135,2), а в зоне действия лесной полосы и на открытом поле – неудовлетворительная (49,13) и (22,08) соответственно (рисунок 4.7).

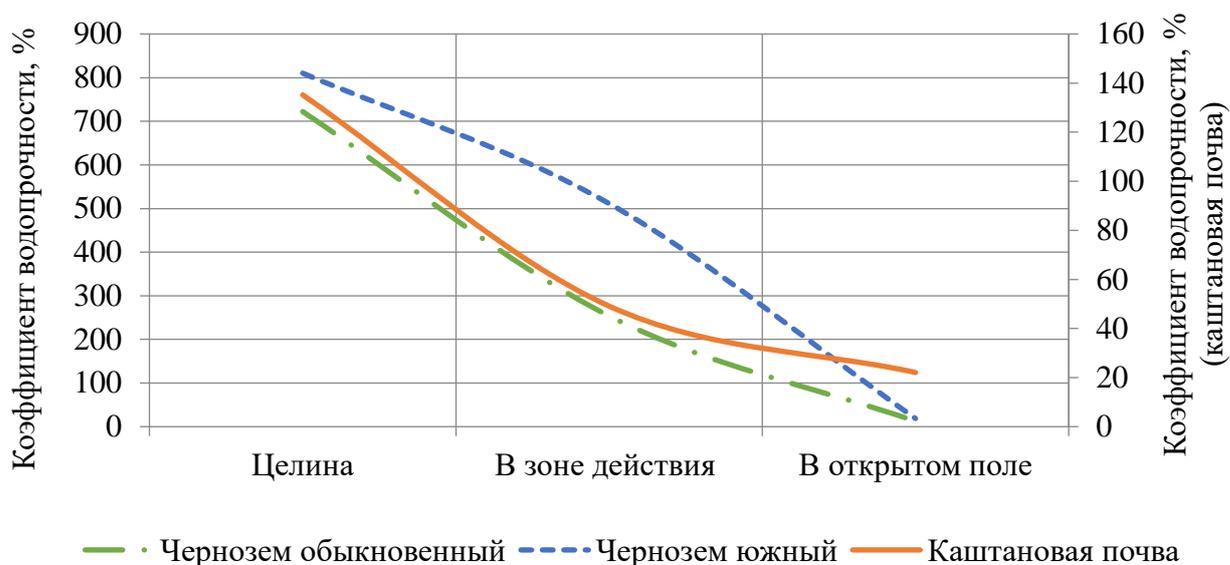


Рисунок 4.7. Изменение коэффициента водопрочности от влияния лесной полосы на разных ландшафтах

Таким образом, лесные насаждения способствует экологизации структурного состояния почвы. По мере приближения к лесной полосе повышаются коэффициенты структурности и водопрочности почвы, возобновляется агрономически ценная структура почвы. При длительном поступлении органического вещества в почву в виде листового аппарата и и отмерших растительных остатков.

4.4. Особенности формирования плотности и порозности почвы ландшафта

«Плотность сложения нарушенной почвы, это один из основных диагностических показателей благополучия в развитии почвообразовательных процессов и формировании уровня экологии биоценозов» [135]. «Все физические свойства взаимосвязаны между собой и в значительной степени влияют друг на друга. Повышение продуктивности фитоценозов и активности микробиологической фауны в почве можно достичь путем создания оптимального сложения почвы в деятельном ее слое. В условиях интенсивного использования наибольшей трансформации

физических свойств, в том числе и плотности сложения подвержены верхние горизонты почвы» [19,41].

Современные исследования показывают что «наиболее пагубное влияние на оптимальные физические показатели почвы оказывают частые механические обработки, широкое применение тяжелых сельскохозяйственных машин и орудий» [70]. «Для пахотных почв характерен резкий скачок в плотности сложения почвы при переходе из пахотного в подпахотный слой на глубине 25-30 см, что указывает на наличие плужной подошвы. Оптимальная плотность черноземов в пахотном слое 0-30 см составляет 1,1 - 1,2 г/см³» [121]. «Чем меньше поступает растительных остатков в почву, тем меньше образуется органических веществ, способных поддерживать плотность сложения почвы на экологически оптимальном для почвообразовательных процессов и роста растений уровне» [75]. «Каждый тип почв имеет свою характерную плотность почвы, к которой он стремится в естественном состоянии без обработок под действием силы тяжести, осадков, оттаивания, высыхания и т.д.» [120]. По данным ряда российских учёных И.Б. Ревута, Г.И. Казакова и др. «у чернозёмов с ярко выраженной макроструктурой равновесная (естественная плотность сложения) в пахотном слое не бывает более 1,0-1,3 г/см³. Серозёмы и многие подзолистые, солонцеватые, каштановые почвы самоуплотняются до 1,3-1,6 г/см³, серые лесные почвы имеют равновесную плотность в пахотном слое на уровне – 1,1-1,4 г/см³» [122,181].

Результаты проведенных исследований показывают, что оптимальный уровень плотности сложения почвы имеет почва на целине по всем ландшафтам, наиболее близко и ней по показателю плотности сложения почвы приближается почвы под лесными насаждениями, так как все органическое вещество ежегодно поступает в почву. Плотность сложения в зоне влияния лесных насаждений является оптимальной для роста и развития растений (таблица 4.3).

Плотность сложения почвы в зоне влияния лесной полосы в изучаемых ландшафтах в среднем за три года, (г/см³)

Название почвы ***	Слой почвы **	Место отбора *							
		Целина	Л.п.	2Н	4Н	8Н	16Н	32Н	Контроль
Чернозем обыкновенный	0-10	0,79	0,98	1,05	1,14	1,16	1,22	1,21	1,24
	10-20	1,14	1,09	1,11	1,19	1,17	1,24	1,26	1,29
	20-30	1,24	1,19	1,20	1,22	1,25	1,29	1,32	1,35
	30-40	1,29	1,28	1,31	1,32	1,32	1,34	1,39	1,41
	40-60	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,43	1,43	1,45
Чернозем южный	0-10	0,93	1,09	1,11	1,16	1,18	1,15	1,24	1,30
	10-20	1,17	1,12	1,14	1,19	1,19	1,24	1,29	1,32
	20-30	1,22	1,20	1,22	1,26	1,27	1,27	1,30	1,34
	30-40	1,32	1,30	1,31	1,35	1,35	1,36	1,39	1,42
	40-60	1,45	1,45	1,44	1,45	1,44	1,45	1,46	1,47
Каштановая почва	0-10	0,97	1,12	1,17	1,23	1,24	1,27	1,30	1,32
	10-20	1,19	1,14	1,23	1,24	1,26	1,29	1,31	1,36
	20-30	1,29	1,25	1,27	1,29	1,29	1,32	1,35	1,44
	30-40	1,34	1,27	1,32	1,38	1,39	1,39	1,42	1,47
	40-60	1,46	1,46	1,46	1,44	1,48	1,49	1,50	1,50
Фактор. А*	НСР _{0,5}	0,003	F _{теор.}	2,10			F _{факт.}	7950,688	
Фактор. В**		0,002		2,46				1260,898	
Фактор. С***		0,002		3,09				1438,991	
Взаимосвязь факторов АВ		0,006		1,63				2514,13	
Взаимосвязь факторов АС		0,005		1,85				1440,716	
Взаимосвязь факторов ВС		0,004		2,03				888,811	

- достоверно на 5%-ном уровне значимости

Плотность сложения почвы на черноземе обыкновенном на целинном участке, в слое почвы 0-10см, составил от 0,79 г/см³ до 1,42 г/см³ в слое 40-60 см. Плотность сложения почвы на черноземе южном на целинном участке, в слое почвы 0-10см, составил от 0,93 г/см³ до 1,45 г/см³ в слое 40-60 см. Плотность сложения почвы на каштановой почве на целинном участке, в слое почвы 0-10см, составил от 0,97 г/см³ до 1,46 г/см³ в слое 40-60 см. (рисунок 4.8).



Рисунок 4.8. Определение плотности сложения почвы

Профильный анализ плотности почвы показал, что наименьшая плотность сложения приурочена к верхнему, наиболее гумусированному слою почвы. С глубиной показатель плотности сложения повышается и достигает своего максимума в слое 40-60 см.

Под лесными полосами плотность сложения почвы почвенного профиля по всем ландшафтам плотнее, чем на целинном участке из-за меньшего поступления органики. Почвенный профиль чернозема обыкновенного под лесной полосой на 24,05% плотнее, чем на целинном участке. В слое почвы 0-10 см ($P=0,79 \text{ г/см}^3$). Показатель плотности по мере углубления увеличивается в слое почвы 40-60 см до ($P=1,42 \text{ г/см}^3$) (рисунок 4.9).

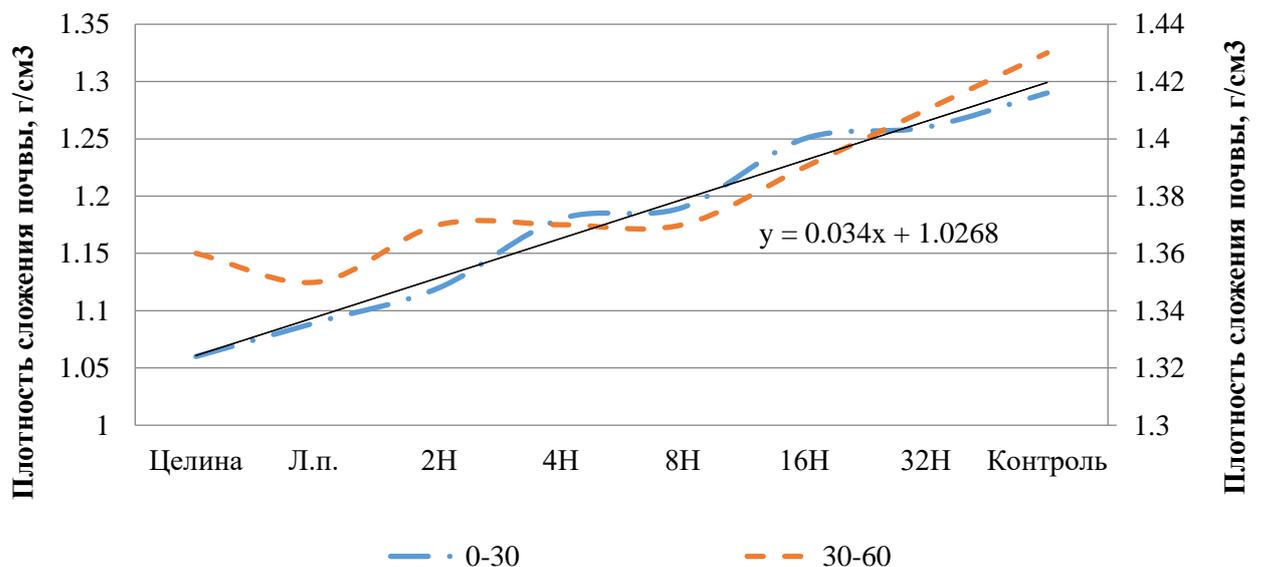


Рисунок 4.9. Изменение плотности сложения почвы в зоне влияния лесных насаждений в ландшафте на черноземе обыкновенном

Для почвенного профиля чернозема южного на 17,5% плотнее целинного участка. В слое почвы 0-10 см ($P=0,93 \text{ г/см}^3$). Показатель плотности по мере углубления увеличивается в слое почвы 40-60 см до ($P=1,45 \text{ г/см}^3$). (рисунок 4.10).

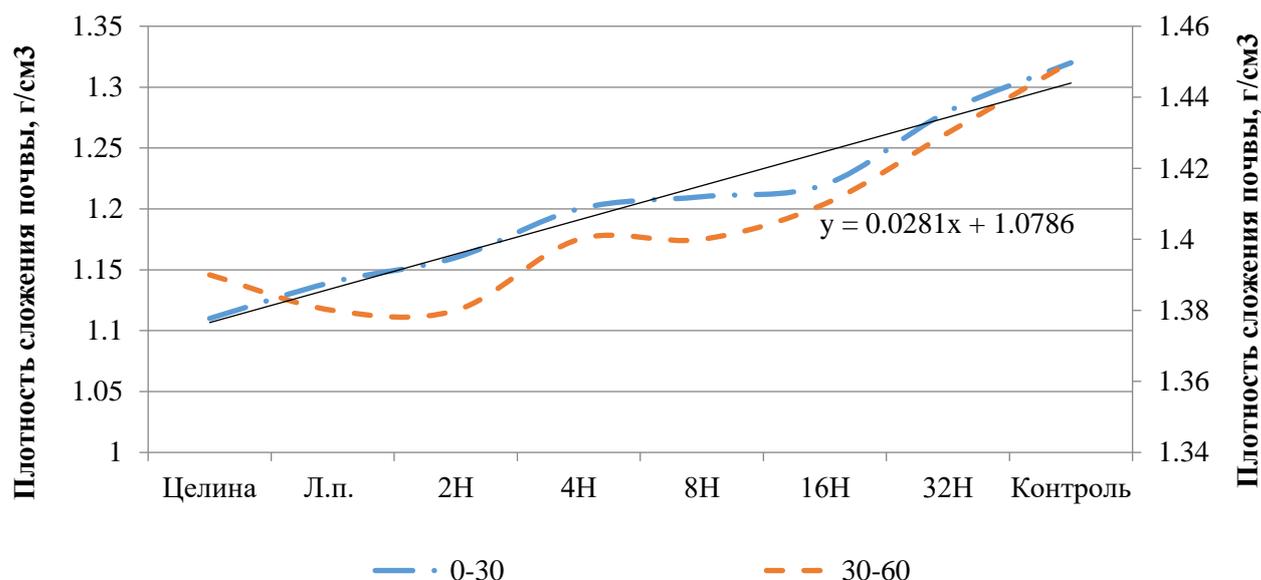


Рисунок 4.10 Изменение плотности сложения почвы в зоне влияния лесных насаждений в ландшафте на черноземе южном

Для почвенного профиля каштановой почвы на 15,46% плотнее целинного участка. В слое почвы 0-10 см ($P=0,97 \text{ г/см}^3$). Показатель плотности по мере углубления увеличивается в слое почвы 40-60 см до ($P=1,46 \text{ г/см}^3$)

В межполосном пространстве почва в процессе систематического механического воздействия уплотнялась. По мере оседания, высыхания, сжатия поверхности и под действием ходовых частей сельскохозяйственных машин, плотность сложения почвы увеличивалась до $1,05 - 1,24 \text{ г/см}^3$ для чернозема обыкновенного, до $1,11 - 1,3 \text{ г/см}^3$ чернозема южного и до $1,12 - 1,32 \text{ г/см}^3$ на каштановой почве. В межполосном пространстве на расстоянии от лесной полосы 32Н на систематически обрабатываемой пашне плотность сложения почвы по сравнению с лесной полосой увеличивается в слое 0-10 см –

до $1,37 \text{ г/см}^3$, в слое почвы 10-20 см – до $1,44 \text{ г/см}^3$, в слое почвы 20-30 см она составила $1,49 \text{ г/см}^3$ (рисунок 4.11).

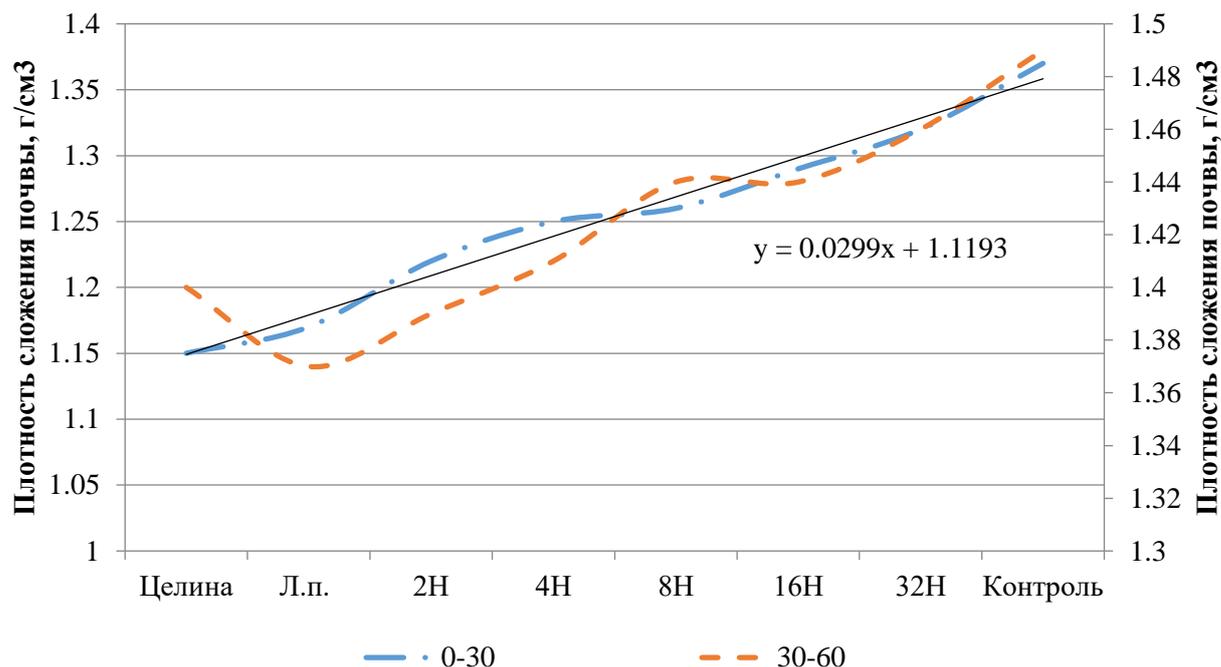


Рисунок 4.11. Изменение плотности сложения почвы в зоне влияния лесных насаждений в ландшафте на каштановой почве

Корреляционный анализ связи между плотностью сложения почвы и общей порозностью почвы свидетельствует о том, что коэффициент корреляции имеет обратный знак и равен ($r=-0,69$), чем выше плотность почвы, тем меньше показатель ее порозности. Коэффициент корреляции между плотностью сложения почвы и гранулометрическим составом почвы равен ($r=0,97$) и показывает сильную положительную взаимосвязь.

Таким образом, наименьшая плотность сложения приурочена к верхнему, наиболее гумусированному слою почвы, что обусловлено количеством поступающей органической массы в почву. С глубиной показатель плотности сложения повышается и достигает своего максимума в слое 40-60 см. По мере удаления от лесных насаждений плотность сложения почвы увеличивалась до $1,05 - 1,24 \text{ г/см}^3$ для чернозема обыкновенного, до $1,11 - 1,3 \text{ г/см}^3$ для чернозема южного и до $1,12 - 1,32 \text{ г/см}^3$ для каштановой почвы. В среднем по ландшафтам плотность сложения гумусового слоя (0-30

см) была на 37,6 % ниже, чем в горизонте ВС, увеличиваясь с 1,05 г/см³ до 1,43 г/см³

«Пористость один из важнейших показателей водно-физических свойств почвы, который в значительной мере определяет водоудерживающую способность почв, движение влаги и минеральных солей в почвенном профиле, доступность влаги растениям, содержание в почве воздуха. Общая порозность почвы тесно взаимосвязана, прежде всего, с гранулометрическим составом, ее плотностью и структурным состоянием» [167].

«Утрата почвой уровня агрегированности приводит к уменьшению порового пространства и нарушению благоприятного соотношения между порами различного характера. Наибольшему сокращению подвергаются поры обеспечивающие инфильтрацию влаги в почву, создавая, таким образом, предпосылки для снижения водоудерживающей способности почвы» [168].

Наблюдения показали, что в среднем по всем анализируемым ландшафтам порозность гумусового слоя (56,3%) (0-30 см) была на 10,3 % выше, чем в горизонте ВС (46%) что согласно классификации Н.А. Качинского находится на хорошем уровне.

Под лесными насаждениями (58,4%) порозность почвы почвенного профиля по всем ландшафтам меньше, чем на целинном участке (46,5%) в среднем на 9-12%. В зоне 1-8Н (39,2%) на 7% меньше чем порозность почвы под лесными насаждениями. В зоне 16-32Н (36,3%) меньше 10% под лесными насаждениями.

В среднем максимальное влияние лесные насаждения оказывают на порозность почвы в ландшафте для чернозема обыкновенного порозность почвы под лесной полосой (54,7%) на 4,05% ниже, чем на целинном участке (58,8%). При удалении от лесных насаждений на расстояние 1-8Н показатель порозности уменьшается и достигает 52,1% что больше чем на контроле (49,2%)

на 2,9%. При удалении на 16-32Н падает до 50,6% на 1,7% что больше на 1,4% чем на контроле (таблица 4.4).

Таблица 4.4.

Порозность почвы по генетическим горизонтам в зоне влияния лесных насаждений разных ландшафтов, в среднем за три года, (г/см³)

Название почвы ***	Слой почвы **	Место отбора *							
		Целина	Л.п.	2Н	4Н	8Н	16Н	32Н	Контроль
Чернозем обыкновенный	0-10	72,1	62,1	59,7	56,4	54,4	53,9	51,7	53,4
	10-20	55,7	58,7	58,1	55,8	55,9	53,4	52,1	50,4
	20-30	53,4	55,8	51,2	51,6	53,6	50,7	50,1	46,2
	30-40	50,7	50,6	50,2	50,2	50,1	48,7	48,5	46,3
	40-60	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,2	46,2	45,6
Чернозем южный	0-10	64,2	58,6	58,1	54,6	50,8	55,8	53,6	50,1
	10-20	55,5	58,2	55,7	55,8	55,8	53,4	50,7	46,7
	20-30	51,6	51,2	51,6	52,1	52,3	52,3	50,1	46,7
	30-40	50,2	50,8	50,3	46,7	46,7	46,2	49,2	46,1
	40-60	45,6	45,6	45,7	45,6	45,7	45,6	45,6	45,5
Каштановая почва	0-10	62,1	58,2	55,4	53,3	53,6	52,4	50,3	49,9
	10-20	55,8	55,7	53,3	53,6	52,6	50,7	50,3	46,5
	20-30	50,7	53,4	52,7	50,6	50,7	50,2	46,7	44,6
	30-40	50,4	52,6	50,3	48,2	48,1	48,1	43,2	42,8
	40-60	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	43,6	41,7	41,7
Фактор. А*	НСР _{0,5}	0,430	F _{факт.}	900541,124			F _{теор.}	4,2	
Фактор. В**		0,287		202463,120				2,6	
Фактор. С***		0,156		262501,450				2,6	
Взаимосвязь факторов АВС		0,621		67177,562				6,7	

- достоверно на 5%-ном уровне значимости

В среднем в ландшафте для чернозема южного порозность почвы под лесной полосой (52,8%) на 0,6% ниже, чем на целинном участке (53,4%). При удалении от лесных насаждений на расстояние 1-8Н показатель порозности уменьшается и достигает 50,5% что больше чем на контроле (47,4%) на 3,1%. При удалении на 16-32Н падает до 50,9% на 1,7% что больше на 3,5% чем на контроле. В среднем в ландшафте для каштановой почвы порозность почвы под лесной полосой (53,8%) на 0,9% ниже, чем на целинном участке (52,9%). При удалении от лесных насаждений на расстояние 1-8Н показатель порозности уменьшается и достигает 50,1% что больше чем на контроле (45,1%) на 5%. При удалении на 16-32Н падает до 45,6% что больше на 0,5% чем на контроле.

За счет процессов гумусообразования и ежегодного поступления органических остатков в почву в самих лесных насаждениях и в зоне их влияния показатель порозности прогрессивно увеличивается и почти достигает уровня целинного аналога. При проведении регрессионного анализа получена зависимость плотности и пористости почвы в зоне действия лесных насаждений, которая описывается уравнением вида: $Z = 12,3517 + 0,0125 * x + 28,0799 * y$, где, z – плотность почвы ($\text{г}/\text{см}^3$); x – расстояние от лн. (м); y – пористость почвы (%) (рисунок 4.12).

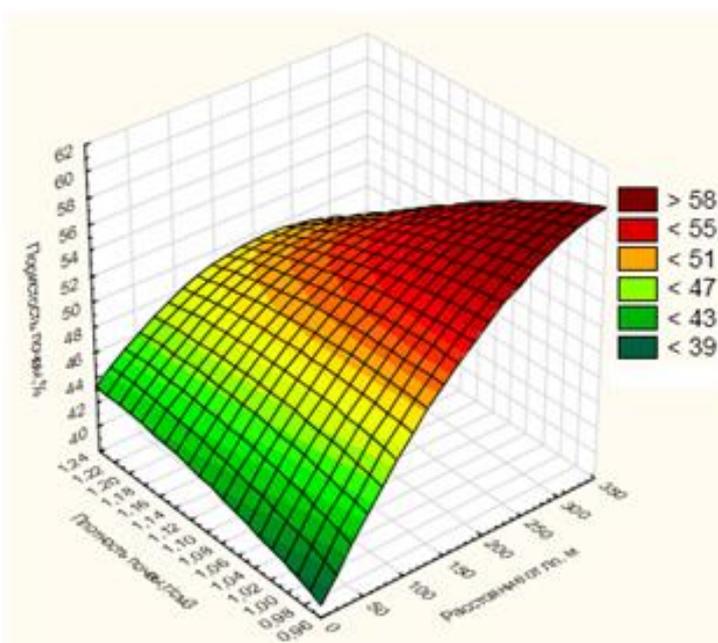


Рисунок 4.12. Зависимость плотности и пористости почвы в зоне действия лесных насаждений

Таким образом, наибольшая порозность почвы приурочена к верхнему, наиболее гумусированному слою почвы, что обусловлено количеством поступающей органической массы в почву. С глубиной показатель порозности почвы падает и достигает своего минимума в слое 40-60 см. По мере удаления от лесных насаждений порозность почвы уменьшается на 9,6% для чернозема обыкновенного, на 5,8% для чернозема южного и на 7,9% для каштановой почвы.

4.5. Изменение твердости почвы ландшафта

«Среди агрофизических свойств почвы ее твердость является важным производственным показателем, с помощью которого характеризуют физико-механические свойства - сопротивление почвы росту корней либо сопротивление, которое нужно преодолеть почвообрабатывающему рабочему органу в процессе ее обработки» [172]. «Твердость почвы - незаменимый показатель для оценивания условий прорастания семян и их развития на первых этапах онтогенеза, в том числе оценивания способности корневых волосков осваивать не только меж-, но и внутриагрегатное пространство» [169]. Г.И. Казакова выявил, «при уменьшении влажности почвы твердость резко повышается, при влажности равной ВУЗ и ниже она достигает 50 кг/см² и выше» [113].

Исследования проводились 2016-2019 гг. совместно с измерение плотности сложения и порозности почвы в летний период. В среднем за годы исследования по всем ландшафтам сопротивление пенетрации корнеактивного слоя почвы (рисунок 4.13).

Твердость почвы определялась пенетрометром (твердомером), измеряющим сопротивление почвы, или усилие, необходимое для проникновения зонда в почву. Наблюдения проводились в летний период. Измерение производили послойно по глубинам 0-10, 10-20, 20-30 см, равномерно по диагонали делянки в трехкратной повторности.

В среднем за три года исследований во всех ландшафтах диапазон показателей твердости почвы изменяется от сравнительно невысокого оптимального значения (не более 20 кгс/см²) в лесных насаждениях и в зоне влияния 1-16Н до значений, явно вредных, затрудняющих их рост и функционирование в пределах 23-30 кгс/см² в зоне 32Н и на контроле.



Рисунок 4.13. Определение сопротивления пенетрации почвы

В среднем наименьшие показатели отмечены в ландшафте на черноземе обыкновенном на целинном участке ($13,4 \text{ кгс/см}^2$) в лесных насаждениях ($15,3 \text{ кгс/см}^2$) постепенно увеличиваясь в зоне 1-8Н до ($19,6 \text{ кгс/см}^2$) и наибольшую твердость почва обрела ($22,1 \text{ кгс/см}^2$) в зоне 16-32Н. В ландшафте на черноземе южном твердость почвы отмечена похожая закономерность на целинном участке ($15,4 \text{ кгс/см}^2$) в лесных насаждениях ($16,5 \text{ кгс/см}^2$) постепенно увеличиваясь в зоне 1-8Н до ($20,6 \text{ кгс/см}^2$) и наибольшую твердость почва обрела ($25,1 \text{ кгс/см}^2$) в зоне 16-32Н. В ландшафте на каштановой почве твердость почвы на целинном участке ($18,4 \text{ кгс/см}^2$) в лесных насаждениях ($18,1 \text{ кгс/см}^2$) постепенно увеличиваясь в зоне 1-8Н до ($22,6 \text{ кгс/см}^2$) и наибольшую твердость почва обрела ($25,5 \text{ кгс/см}^2$) в зоне 16-32Н (таблица 4.5).

Таблица 4.5.

Твердость почвы в слое почвы 0-30см. в зоне влияния лесных насаждений разных ландшафтов, в среднем за три года (кгс/см²)

Почвы	Слой п.	Место отбора *								Сред 1-32Н	Разн. с К
		Ц.	Лн	2Н	4Н	8Н	16Н	32Н	К.		
Ч _о	0-10	13,4	15,3	19,3	19,6	20,1	20,6	21,4	23	19,4	3,6
	10-20	14,1	16,2	20,6	20,3	20,8	21,8	22,4	23,7	20,4	3,4
	20-30	15,9	17,4	21,8	21,7	21,9	22,8	23,7	24,8	21,6	3,3
Ч _ю	0-10	15,4	16,5	18,7	19,5	20,6	22,1	23,4	25,2	20,1	5,1
	10-20	18,5	18,6	22,8	23,2	23,7	24,2	25,5	27,3	23,0	4,3
	20-30	19,8	22,5	22,7	23,9	24,8	26,4	28,4	29,2	24,8	4,4
К	0-10	18,4	18,1	18,7	18,8	22,2	22,6	23,1	25,3	20,6	4,7
	10-20	21,3	21,6	21,6	24,7	24,9	25,5	25,3	26,2	23,9	2,3
	20-30	22,7	23,4	23,8	24,1	24,5	24,9	26,4	27,6	24,5	3,1
Фактор. А*	НСР 0,5	0,103		F факт.	2874,058			F теор.	3,18		
Фактор. В**		0,103			260,442				3,18		
Фактор. С***		0,146			944,334				2,4		
Взаим. АВС		0,439			44,519				1,74		

- достоверно на 5%-ном уровне значимости

В среднем в лесных насаждениях твердость почвы в горизонте по слоям 0-10, 10-20 и 20-30 см составляла соответственно (16,6; 18,8; 21,1 кгс/см²), в зоне влияния 1-8Н (20,9; 23,1; 23,7 кгс/см²). Максимальная твердость почвы отмечается на контроле (24,5; 25,7; 27,2 кгс/см²). Высокая твердость почвы объясняется низкой влажностью почвы, что связано с использованием влаги на формирование большой вегетативной массы.

Таким образом, результаты исследований показали, что характер изменения твердости почвы различен как с глубиной так и с удалением от лесных насаждений. В среднем по ландшафтам твердость почвы пахотного слоя черноземных и каштановой почвы находится в пределах 14,7-17,1 кг/см². По мере удаления от лесных насаждений твердость почвы увеличивалась до 21,4-23,2 кг/см² для чернозема обыкновенного, до 23,3-25,3 кг/см² для чернозема южного и до 23,3- 26,5 кг/см² для каштановой почвы.

Глава 5. Роль листового опада в формировании почвенного плодородия

5.1. Количественное распределение листового опада лесных насаждений в ландшафте

«Многочисленные исследования, начало которым положил В.И. Вернадский, показали, что все основные процессы превращения вещества и энергии в экосистемах связаны с образованием и превращением биологической продукции» [56].

«В свою очередь, образование и накопление гумуса напрямую зависит от количества и распределения листового опада по территории» [54].

Лесные насаждения представлены полезащитными лесными полосами возрастом 57-69 лет, 134-139 лет, состоят из 12 рядов, ажурно-продуваемой конструкции, шириной 50-53 м. Схема смешения лесных насаждений на ландшафте на черноземе обыкновенном: Кл_о-Д_ч-Д_ч-Д_ч-Д_ч-Д_ч-Д_ч-Д_ч-Д_ч-Д_ч-Д_ч-Д_ч-Кл_о. Средняя высота дуба (Д_ч) – 11,3 м, средний диаметр – 54,1 см. Число стволов на 1 га – 1524 шт., сохранность – 78 %. Средняя высота клена остролистного (Кл_о)– 10,1 м, средний диаметр – 30,2 см, число стволов на 1 га – 605 шт., сохранность – 87 % (рисунок 5.1).

Схема смешения лесных насаждений на ландшафте на черноземе южном: Яс_з-Кл_т-Кл_т-В-В-В-Кл_т-Кл_т-Кл_т-В-Кл_т-Яс_з. Средняя высота вяза приземистого (Яс_з) – 10,8 м, средний диаметр – 19,8 см. Число стволов на 1 га – 593 шт., сохранность – 56 %. Средняя высота клена татарского (Кл_т) – 11,0 м, средний диаметр – 16,9 см, число стволов на 1 га – 602 шт., сохранность – 66 %. Средняя высота вяза приземистого (В) – 10,3 м, средний диаметр – 25,8 см. Число стволов на 1 га – 1290 шт., сохранность – 62 % (рисунок 5.2).

Схема смешения лесных насаждений на ландшафте на каштановой почве: Ак_б-Ак_б-В-Ак_б-Ак_б-В-Ак_б-Ак_б-В-Ак_б-Ак_б-Ак_б. Средняя высота акации белой (Ак_б) – 9,2 м, средний диаметр – 25,8 см. Число стволов на 1 га – 2396 шт., сохранность – 46 %. Средняя высота вяза приземистого (В) – 9,5 м,

средний диаметр – 24,6 см. Число стволов на 1 га – 515 шт., сохранность – 51 % (рисунок 5.3).



Рисунок 5.1. Лесные насаждения на черноземе обыкновенном



Рисунок 5.2. Лесные насаждения на черноземе южном



Рисунок 5.3. Лесные насаждения на каштановой почве

Ветровой режим в изучаемых ландшафтах в период листопада показан на розе ветров (рисунок 5.4).

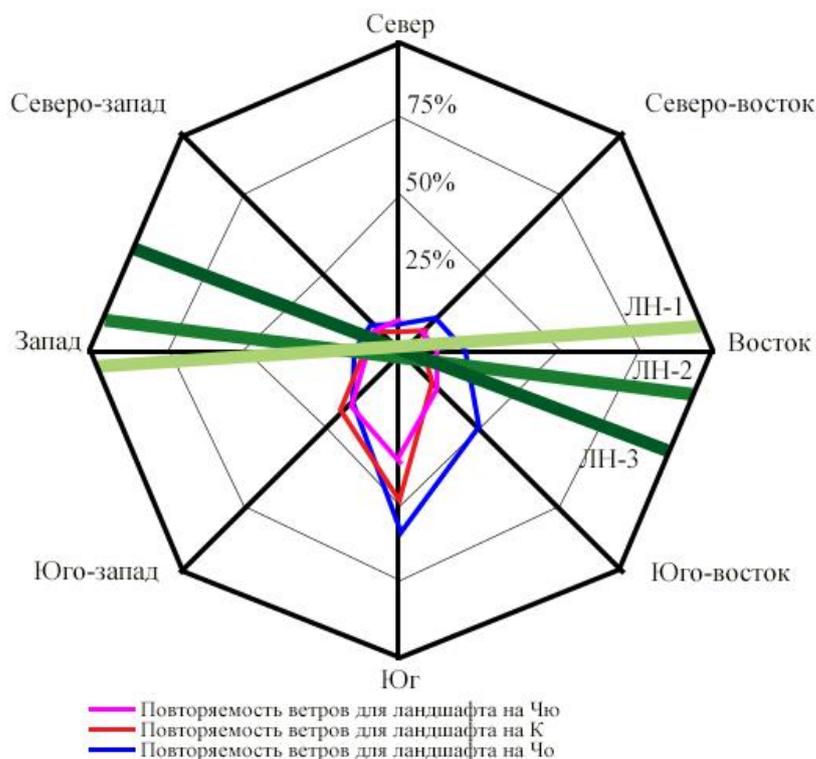


Рисунок 5.4. Повторяемость ветров в период листопада, %

В ландшафте на черноземе обыкновенном лесные насаждения (ЛН-1) расположены с запада на восток. Повторяемость ветров, способствующих переносу листового опада на прилегающую территорию ландшафта в южном направлении, составляет 56 %, а в направлении юго-восточном – 39 %. В 5 % случаев направление ветров было юго-западным, восточным, северо-восточным, северным, северо-западным и западным. В ландшафте на черноземе южном лесные насаждения (ЛН-2) расположены с запада на восток. Повторяемость ветров, способствующих переносу листового опада на прилегающую территорию ландшафта в южном направлении, составляет 46 %, а в направлении юго-западном – 27 %. В 27 % случаев направление ветров было юго-восточным, восточным, северо-восточным, северным, северо-

западным и западным. В ландшафте на каштановой почве лесные насаждения (ЛН-3) расположены с северо-западно-западным на юго-востоко-восток. Повторяемость ветров, способствующих переносу листового опада на прилегающую территорию ландшафта в южном направлении, составляет 51 %, а в направлении юго-западном – 30 %. В 19 % случаев направление ветров было юго-восточным, восточным, северо-восточным, северным, северо-западным и западным,

Повторяемость ветров в западном, северо-западном, юго-западном и в восточном, северо-восточном, юго-восточном направлении приводит к переносу листьев вдоль лесных насаждений и способствует аккумуляции их внутри лесных насаждений. Максимальное расстояние, на которое распространяются листья, зависит от высоты лесных полос. Максимальная масса листового аппарата откладывается на опушке лесных насаждений. С удалением от лесных насаждений масса листьев постепенно уменьшается (рисунок 5.5).

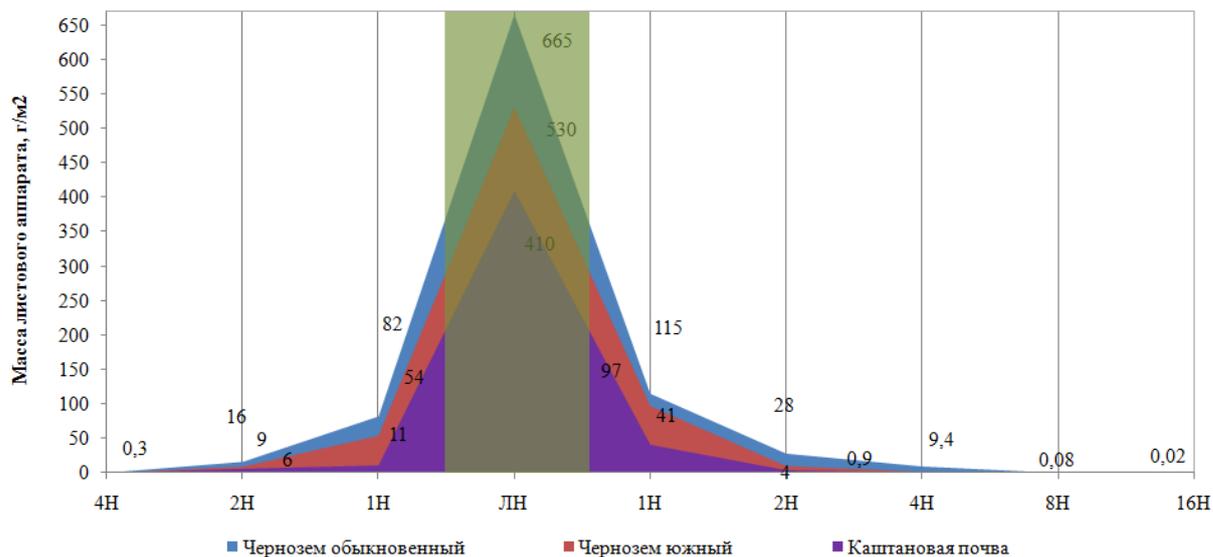


Рисунок 5.5. Распределение листового аппарата в зоне действия лесных насаждений в ландшафте.

Изучаемые лесные насаждения во всех ландшафтах отличаются незначительной величиной высоты (Н). Максимальное расстояние переноса составило 16Н в ландшафте на черноземе обыкновенном. В ландшафте на черноземе южном и на каштановой почве максимальное расстояние переноса

значительно меньше и составляет в 2 раза меньше (8Н). Значение массы листового аппарата с северной и северо-восточной стороны лесных насаждений почти в 2 раза больше, чем с южной, юго-западной. Наибольшее общая масса листового аппарата отмечается в ландшафте на черноземе обыкновенном (9,158 т/га), при этом из лесных насаждений выносилось листьев (27,39 %). В ландшафте на черноземе южном (7,0191 т/га) и выносилось (24,49 %). Минимальное значение общей массы листового аппарата (4,7312 т/га) отмечено в ландшафте на каштановой почве, при этом выносилось (13,34 %) (таблица 5.1).

Таблица 5.1.

Среднее значение массы листового аппарата на один гектар территории ландшафта, в среднем за три года

Почвы	Масса листового аппарата, т/га / Процент от общей массы листового опада, %									
	Расстояние от лесных насаждений, Н									Сумма
	4Н	2Н	1Н	ЛН	1Н	2Н	4Н	8Н	16Н	
Чо	0,003/ 0,03	0,16/ 1,75	0,82/ 8,95	6,65/ 72,61	1,15/ 12,56	0,28/ 3,06	0,094/ 1,03	0,0008/ 0,01	0,0002/ 0,0	9,158/ 100
Чю	0,001/ 0,01	0,16/ 1,28	0,54/ 7,69	5,3/ 75,51	0,97/ 13,82	0,1/ 1,42	0,018/ 0,26	0,0001/ 0,0	0,0/ 0,0	7,0191/ 100
К	0,001/ 0,02	0,16/ 1,27	0,11/ 2,32	4,1/ 86,66	0,41/ 8,67	0,04/ 0,85	0,009/ 0,19	0,0012/ 0,03	0,0/ 0,0	4,7312/ 100

Таким образом, распределение листового аппарата на прилегающих к лесным насаждениям территориям ландшафта зависит от повторяемости общих ветров. В основном направленность ветров во всех ландшафтах южная. Максимальное расстояние переноса составило 16Н в ландшафте на черноземе обыкновенном. В ландшафте на черноземе южном и на каштановой почве максимальное расстояние переноса значительно меньше и составляет в 2 раза меньше (8Н). Наибольшее общая масса листового аппарата отмечается в ландшафте на черноземе обыкновенном (9,158 т/га), на черноземе южном (7,0191 т/га), и наименьшая (4,7312 т/га) на каштановой почве.

5.2. Гумус как стабилизатор экологического равновесия в ландшафте

«Гумус почв является незаменимым условием существования биогеоценозов. Гумусовые кислоты определяют почвенное плодородие. При разложении гумуса под действием микроорганизмов питательные вещества становятся доступными для растений» [60]. «Содержание гумуса существенно влияет на водный и тепловой режимы почвы, ее биологическую и биохимическую активность, миграцию в почвенном профиле продуктов почвообразования и др. Количество гумуса в почве – характерный генетический и классификационный признак для определения типов почв. Вместе с тем каждому типу почвы свойственен определенный качественный состав гумуса» [99]. «Органическое вещество почвы – один из главнейших накопителей и хранителей, энергетических и пищевых ресурсов, а уровень его содержания является интегральным показателем плодородия почв» [108].

«Образование гумуса – функция живых организмов, продуктивная деятельность которых зависит от количества поступающей в почву свежей органической массы растительных или других остатков, а также абиотических условий местности» [147]. «Основным источником образования гумуса почвы служат органические остатки растительного происхождения» [60,147,149].

Профильный анализ гумуса показал, что даже в пределах ландшафта в силу различной интенсивности процессов поступления органических остатков на различном расстоянии от лесных насаждений развивается различный по мощности гумусовый слой почвы (таблица 5.2).

Таблица 5.2

Содержание гумуса в почве в зоне влияния лесных насаждений, в среднем за три года

Место отбора	Чернозем обыкновенный				Чернозем южный				Каштановая почва			
	Горизонт	Глубина, см	Гумус		Горизонт	Глубина, см	Гумус		Горизонт	Глубина, см	Гумус	
			%	т/га			%	т/га			%	т/га
Целина	A ₁	32	5,6	142,6	A ₁	24	4,1	92,0	A ₁	17	3,2	52,3
	AB	26	4,1	122,4	AB	18	3,7	76,9	B1+B2	21	2,8	70,0
	B _к	31	2,6	100,7	B _к	26	2,1	66,6	B _к	34	1,0	44,3
	C _к	32	1,4	58,6	C _к	42	1,1	58,2	C _к	39	0,2	11,0
		95*	3,45**	424,32*		92*	2,73**	293,65*		90*	1,79**	177,5*
Лп	A ₁	32	4,8	151,2	A ₁	24	4,2	109,1	A ₁	17	3,0	57,9
	AB	26	4,1	116,8	AB	18	3,6	72,6	B1+B2	21	2,7	64,6
	B _к	31	3,5	129,9	B _к	26	2,2	69,0	B _к	34	1,3	53,1
	C _к	32	2,1	86,4	C _к	42	1,0	53,5	C _к	39	0,6	30,2
		95*	3,64**	484,19*		92*	3,24**	304,12*		90*	1,9**	205,85*
В зоне влияние	A _{пах}	32	3,6	134,0	A _{пах}	24	3,4	96,9	A _{пах}	17	2,7	56,9
	AB	26	2,8	84,9	AB	18	3,0	64,7	B1+B2	21	1,0	26,5
	B _к	31	1,0	39,1	B _к	26	1,0	34,3	B _к	34	0,2	10,1
	C _к	32	0,3	14,4	C _к	42	0,2	11,9	C _к	39	0,1	6,0
		95*	1,93**	272,37*		92*	1,92**	207,79*		90*	1,01**	99,42*
Контроль	A _{пах}	32	2,4	96,8	A _{пах}	24	3,0	93,9	A _{пах}	17	2,4	54,8
	AB	26	1,3	44,9	AB	18	1,8	42,8	B1+B2	21	0,9	25,7
	B _к	31	0,8	35,2	B _к	26	0,5	15,7	B _к	34	0,1	5,4
	C _к	32	0,1	6,3	C _к	42	0,1	7,2	C _к	39	0,1	4,0
		95*	1,19**	183,23*		92*	1,34**	159,51*		90*	0,88**	89,85*

Особенно заметные различия по содержанию гумуса отмечены на черноземах обыкновенных и каштановой почве. По результатам наших исследований меньшее содержание гумуса на пахотных угодьях по сравнению с целинными отмечено на всех изучаемых ландшафтах. Максимальное содержание гумуса по всем ландшафтам наблюдается в верхнем «дневном» A_1 и $A_{\text{пах}}$ горизонтах соответственно. Содержание гумуса в целинных обыкновенных черноземах оценивается как низкое. На пашне потери гумуса в слое 0-30 см этих почв составили – 57,14% , в слое 30-60 см – 70,37%. Для чернозема южного на целине характерно повышенное (в слое 0-30 см – 4,1%) содержание гумуса. Потери гумуса за период использования в верхнем слое 0 – 30 см составили –26,82%, в слое 30-60 см – 65,21%. Содержание гумуса в каштановых почвах целинного участка низкое – 3% в слое 0-30 см. За период сельскохозяйственного освоения содержание гумуса в верхнем слое 0-30 см уменьшилось на 43,33%, в слое 30-60 см – 69,23%

Анализ данных показал, что во всех исследуемых ландшафтах интенсивное гумусонакопление происходит в зоне влияния лесных насаждений и в почве под лесными насаждениями.

В среднем содержание гумуса в почве под лесными насаждениями в 1,6 раз, а в зоне 1-32Н в 0,6 раз больше чем на контроле. В зоне действия лесных полос характер потери гумуса уменьшается. Для чернозема обыкновенного содержание гумуса в почве под защитой лесной полосы в слое 0-30 см составляет 3,6 % и для слоя 30-60 см – 1,4%, что выше аналога в открытом поле на 33,6% для слоя 0-30см и на 42,85% для слоя 30-60 см соответственно. Для чернозема южного содержание гумуса в почве под защитой лесной полосой в слое 0-30 см составляет 3,4% и для слоя 30-60 см – 1,4%, что выше аналога в открытом поле на 11,7% для слоя 0-30см и на 42,85% для слоя 30-60 см соответственно. Для каштановой почвы содержание гумуса в почве под защитой лесной полосы в слое 0-30 см составляет 1,9 % и для слоя 30-60 см – 0,4%, что выше аналога в открытом поле на 10,52% для слоя 0-30см и на 1,2% для слоя 30-60 см соответственно (рисунок 5.6).

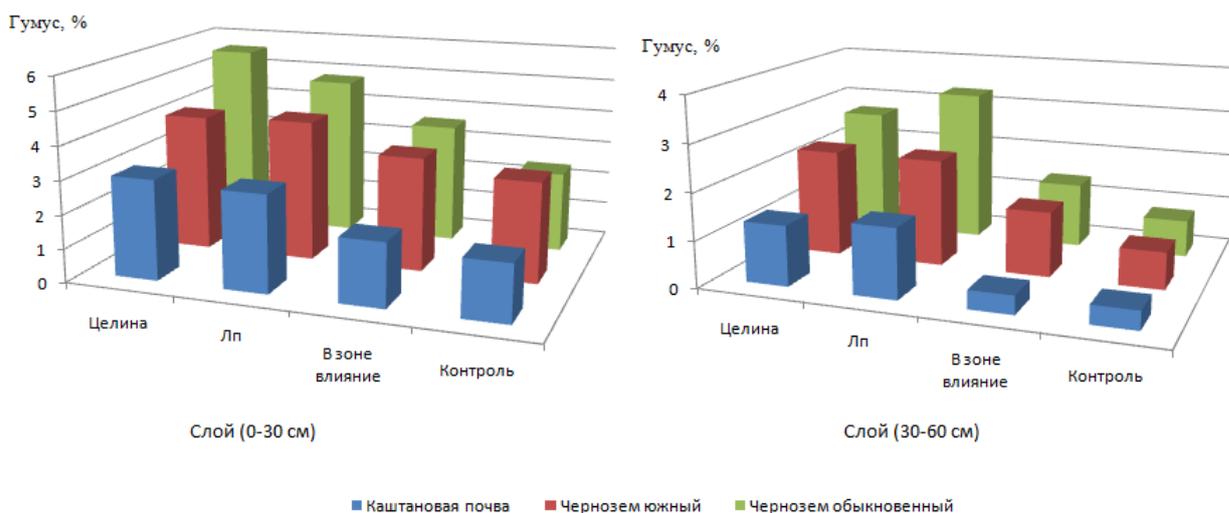


Рисунок 5.6. Изменение содержания гумуса для исследуемых ландшафтов

«Длительная распашка почвы приводит к изменению группового и фракционного состава, а в отдельных случаях - к значительным потерям всех групп гумусовых веществ» [153,179]. Изучение группового состава гумуса почв ландшафтов показало, что, как и для целинного, так и для пахотного участка характерен гуматный тип гумуса (рисунок 5.7).



Рисунок 5.7. Определение группового состава гумуса почв ландшафтов

Основная причина различий в характере размещения запасов углерода гуминовых и фульвокислот и их соотношения – уровень поступления в почву влаги и растительных остатков. Для чернозема обыкновенного установлено максимальное значение отношения $С_{гк}/С_{фк}=3,41$ на целине, для пашни в открытом поле соотношение падает до 3,11. Растет доля группы

фульвокислот и снижается доля гуминовых кислот. Содержание гуминовых кислот в почвах целинного участка чернозема южного достаточно высокое, но меньше, чем в черноземе обыкновенном. Незначительно снижается и доля фульвокислот, изменяя качество гумуса и максимальное значение Сгк/Сфк составляющее 3,16 на целине и 2,57 на пашне соответственно (таблица 5.3).

Таблица 5.3

Изменение группового состава почвы в зоне действия лесных насаждений в изучаемых ландшафтах, в среднем за три года

Точка отбора	Гумус, %	Сгк, % от углерода	Сфк, % от общего	Сгк/Сфк	С общий %
Чернозем обыкновенный					
Целина	5,6	38,5	11,3	3,41	2,3
В зоне действия лн	3,6	36,9	11,9	3,1	2,4
Контроль	2,4	36,5	11,7	3,11	2,1
Чернозем южный					
Целина	4,1	36,4	11,5	3,16	1,6
В зоне действия лн	3,4	35,9	11,3	3,17	1,7
Контроль	3	33,7	13,1	2,57	1,5
Каштановая почва					
Целина	3	24,6	13,5	1,82	1,2
В зоне действия лн	1,9	21,7	13,3	1,64	1,2
Контроль	1,7	20,1	14,4	1,4	1,0

Для каштановой почвы установлено максимальное значение отношения $S_{гк}/S_{фк}=1,82$ на целине, для пашни в открытом поле соотношение подает до 1,4. Растет доля группы фульвокислот и снижается доли гуминовых кислот.

«Накопление гумуса и его закрепление в почвенном профиле зависит от дисперсности почвенных частиц. С увеличением крупности гранулометрических фракций доля закрепляемого ими гумуса заметно снижается» [179].

«Одной из существенных причин увеличения водоустойчивости агрегатов почвы в зоне действия лесных насаждений - увеличение содержания в них гумуса, основного “клеящего” вещества. Приращение гумуса, хотя и в малых дозах, способствует увеличению числа водопрочных агрегатов» [60,179].

Таким образом, анализ данных показал, что во всех исследуемых ландшафтах интенсивное гумусонакопление в почве под лесными насаждениями и в зоне их влияния 1-32Н. Наиболее гумусированной является почва в ландшафте на черноземе обыкновенном, запасы гумуса оцениваются как высокие. Запасы гумуса чернозема южного оцениваются как средние и запасы гумуса на каштановой почве оцениваются как низкие. Запасы гумуса в зоне влияния лесных насаждений существенно уступают целинным и почве под лесными насаждениями. С удалением от лесных насаждений содержание гумуса постепенно снижается. Тип гумусообразования в почвах исследуемых ландшафтах в основном гуматный. Основная причина различий в характере размещения запасов углерода гуминовых и фульвокислот и их соотношения – уровень поступления в почву влаги и растительных остатков.

5.3. Формирование доступных элементов питания почвы

«Ежегодное поступление листового аппарата в почву постепенно восстанавливает и стабилизирует уровень ее плодородия» [127]. «Индикаторами состояния почвенной системы по уровню плодородия, наряду с уровнем ежегодной урожайности биомассы, являются содержание в почве минерального азота, подвижные формы фосфора и калия» [183].

«Важную роль в формировании яровой пшеницы и в конечном итоге на ее урожайность играют почвенно-экологические условия и прежде всего уровень обеспеченности и соотношения между основными элементами почвенного плодородия» [183]. «В питании растений большую роль играют подвижные и легкоусвояемые формы азота, количество которых в почве определяется многими факторами: влагой, накоплением и размещением по горизонтам почвенного профиля растительных остатков. Сельскохозяйственное использование почв является мощным фактором

антропогенной нагрузки, оказывающим влияние на все аспекты функционирования почвенной системы» [90].

Исследованиями выявлено, что лесные насаждения оказывают существенное влияние на содержание основных элементов питания. В среднем по ландшафтам минимальное содержание нитратного азота в слое почвы 0-30см отмечается на целине (1,4 мг/кг) и под лесными насаждениями (2,4 мг/кг), что ниже на 26% и на 36% чем в почве на контроле. Отмечается постепенный рост с удалением от лесных насаждений. В отличие от нитратного азота максимальное содержание доступного фосфора в почве отмечается на целине (35,4 мг/кг), что ниже на 59,2%, чем в почве в зоне влияния лесных насаждений, на 15% чем на контроле. Минимальное значение отмечается в почве под лесными насаждениями (13,4 мг/кг). С удалением от лесных насаждений постепенно увеличивается. Исследуемые почвы отличаются высокой обеспеченностью подвижными формами калия. Минимальное содержание отмечено на целине (202,1 мг/кг) и под лесными насаждениями (207,8 мг/кг), что ниже на 22,8% и на 23,6% в почве в зоне действия лесной полосы и на контроле (таблица 5.4).

В целинных участках и в почве под лесными насаждениями отмечается наименьшее содержание нитратного азота в ландшафте, на черноземе обыкновенном (2,5 мг/кг), на черноземе южном (1,5 мг/кг) и на каштановой почве (0,2мг/кг), что в среднем ниже на 60,1% и 30,8% по сравнению с почвой на контроле и с почвой в зоне влияния лесных насаждений. В зоне действия лесных насаждений содержание нитратного азота в ландшафте на черноземе обыкновенном меньше на 18 %, на черноземе южном, на 7 % и на каштановой почве на 12% чем на контроле. Максимальное содержание доступного фосфора отмечается целинных участках и в почве под лесными насаждениями в ландшафте на черноземе обыкновенном (25,8 мг/кг), на черноземе южном (45 мг/кг) и на каштановой почве (24,6 мг/кг), что в среднем выше на 9,2% и 5,1% по сравнению с почвой на контроле и с почвой в зоне влияния лесных насаждений.

Влияние лесных насаждений на содержание питательных элементов в слое
почве 0-30 см. в изучаемых ландшафтах, в среднем за три года

Питательные Элементы*	К.	Расстояние от лесных насаждений**						Среднее 1-32Н	ЛН	Ц.	
		1Н	2Н	4Н	8Н	16Н	32Н				
Чернозем обыкновенный***											
N-NO ₃	9,6	6,7	7,2	8,8	7,5	8,9	9,2	8,1	5,4	2,5	
P ₂ O ₅	21,8	16,2	20,7	23,9	22,6	24,1	24,4	22,0	20,7	25,8	
K ₂ O	289,0	255,4	260,3	271,6	266,3	274,6	281,0	268,2	245,0	237,2	
Чернозем южный											
N-NO ₃	6,6	5,1	6,1	5,8	5,4	6,2	6,4	5,8	2,8	1,5	
P ₂ O ₅	38,1	19,2	30,4	33,7	35,0	38,1	37,8	32,4	14,1	45,0	
K ₂ O	237,5	200,6	217,5	218,0	218,5	225,0	225,3	217,5	182,2	180,0	
Каштановая почва											
N-NO ₃	2,8	2,1	2,1	2,7	2,4	2,7	2,8	2,5	1,9	0,2	
P ₂ O ₅	16,4	6,7	11,4	13,6	13,2	14,7	15,0	12,4	5,4	24,6	
K ₂ O	250,0	200,0	211,6	230,0	216,0	223,0	236,0	219,4	196,2	189,0	
Фактор. А*	НСР 0,5		0,206	F теор.		4,0		F факт.		440,541	
Фактор. В**			0,176			3,6				67,381	
Фактор. С***			0,358			3,1				131,626	
Взаим. АВС			0,362			2,6				289,477	

- достоверно на 5%-ном уровне значимости

В зоне действия лесных насаждений содержание фосфора в ландшафте на черноземе обыкновенном больше на 1,2 %, на черноземе южном, на 17,5 % и на каштановой почве на 22% чем на контроле. Отмечается наименьшее содержание подвижных форм калия в почве на целине и в почве под лесными насаждениями в ландшафте, на черноземе обыкновенном (237,2 мг/кг), на черноземе южном (180 мг/кг) и на каштановой почве (189 мг/кг), что в среднем ниже на 36,6% и 24,7% по сравнению с почвой на контроле и с почвой в зоне влияния лесных насаждений.

5.3.1. Нитрифицирующая способность почвы в зоне влияния лесных насаждений

«В условиях фитоценозов аэробные и анаэробные бактерии способствуют разложению азота и его органической формы в доступное для растений состояние (процесс аммонификации). При этом, в почве, где наблюдаются нежелательные процессы, такие как переувлажнение, изменения её аэрации, антропогенные нагрузки, рН ниже 6,0, приводят к снижению количества нитратов и тем самым азотного режима» [114,127]. «Определённое оптимальное количество нитратов способствует формированию продуктивных экосистем» [106,114,127].

Исследования проведены в зоне влияния лесных насаждений в изучаемых ландшафтах в период 2016-2019 гг. (таблица 5.5)

Таблица 5.5

Нитрифицирующая способность почвы в зоне действия лесных насаждений, в среднем за три года, мг/кг

Почва*	Слой, см**	Место измерений***			Разница с Контролем	
		ЛН	8Н	Контроль		
Чо	0-10	48,3	39,2	33,7	5,5	
	20-30	48,6	39,1	33,4	5,7	
Чю	0-10	44,8	42,6	31,2	11,4	
	20-30	43,9	41,9	30,7	11,2	
К	0-10	41,6	38,4	35,1	3,3	
	20-30	41,4	38,1	35,2	2,9	
Фактор А*	НСР 0,5	0,035	F факт	7936,777	F теор.	3,59
Фактор В**		0,029		331837,125		4,45
Фактор С***		0,035		29260,039		3,59
Взаим. ABC		0,086		7159,953		2,96

- достоверно на 5%-ном уровне значимости

Создавая особый микроклимат, лесные насаждения влияют на накопление нитратов в почве прилегающей территории. В ландшафте на черноземе обыкновенном в слое почвы 0-10см в зоне влияния лесных насаждений (8Н), показатель нитрифицирующей активности почвы равен

(39,2 мг/кг), когда для почвы под лесными насаждениями он равен (48,3 мг/кг), что на 23,2 % меньше; и больше чем показатель нитрифицирующей активности почвы на контроле (33,7 мг/кг) на 16,3 %. В среднем разница с контролем составляет в слое почвы 0-10 см (5,5 мг/кг), в слое почвы 20-30 см (5,7 мг/кг)

В ландшафте на черноземе южном тенденция повторяется, в слое почвы 0-10 см в зоне влияния лесных насаждений (8Н), показатель нитрифицирующей активности почвы равен (42,6 мг/кг), когда для почвы под лесными насаждениями он равен (44,8 мг/кг), что на 6,6 % меньше; и больше чем показатель нитрифицирующей активности почвы на контроле (31,2 мг/кг) на 44,2 %. В среднем разница с контролем составляет в слое почвы 0-10 см (3,3 мг/кг), в слое почвы 20-30 см (2,9 мг/кг). В ландшафте на каштановой почве тенденция, в слое почвы 0-10см в зоне влияния лесных насаждений (8Н), показатель нитрифицирующей активности почвы равен (38,4 мг/кг), когда для почвы под лесными насаждениями он равен (41,6 мг/кг), что на 9,4% меньше; и больше чем показатель нитрифицирующей активности почвы на контроле (35,1 мг/кг) на 18,8 %. В среднем разница с контролем составляет в слое почвы 0-10 см (11,4 мг/кг), в слое почвы 20-30 см (10,3 мг/кг).

Таким образом, лесные насаждения способствуют образованию нитратов в поверхностном слое почве прилегающей территории. Увеличивая показатель нитрифицирующей способности почвы в зоне влияния лесных насаждений на черноземе обыкновенном на (5,5 мг/кг), на черноземе южном на (11,4 мг/кг), на каштановой почве (3,3 мг/кг). В слое почвы 20-30 см. нитрифицирующая способность почвы незначительно снижается.

5.4. Роль лесных насаждений в аккумуляции тяжелых металлов в почве

«Среди веществ, загрязняющих систему почва-растение, ведущее место принадлежит соединениям тяжелых металлов. К этой группе металлов относят элементы с атомной массой более 50» [36].

«Почва, как подсистема в любой экосистеме, является приемником и аккумулятором всех техногенных загрязнителей» [14,15]. «Химические элементы и их соединения, попадая на поверхность почвы в экосистеме, претерпевают ряд изменений, рассеиваются или накапливаются в зависимости от характера геохимических барьеров » [15].

«Тяжелые металлы способны образовывать также сложные комплексные соединения с органическим веществом почвы, поэтому при высоком содержании гумуса они менее доступны для поглощения растениями» [21].

«Полезащитные лесные полосы, как типовые элементы ландшафта, служат экологическим барьером на пути ветровых и водных миграционных потоков тяжелых металлов» [82].

«Аккумуляция тяжёлых металлов в почве обусловлена малой подвижностью металлосодержащих компонентов и зависит от геохимического фона, рельефа, климата, системы ведения сельскохозяйственного производства» [82].

При анализе географической изменчивости тяжелых металлов (ТМ) наибольшее содержание в среднем по всем ландшафтам в слое почвы 0-30 см отмечается в самих лесных насаждениях и зонах 1Н-4Н. Наименьшее содержание тяжелых металлов (ТМ) отмечается на контроле. Основная причина повышенного содержания ТМ обусловлена количеством поступающей органической массы в почву и высоких показателях гумуса почвы (таблица 5.6).

Географическая изменчивость содержания ТМ в пахотном слое в зоне влияния лесных насаждений в среднем за три года

Точка отбора	Подвижные формы / Кислорастворимые формы, мг/кг					Сред. содер ТМ.
	Ni	Pb	Cd	Zn	Cu	
Чернозем обыкновенный						
ЛН	0,37/89,00	0,99/15,52	0,04/0,21	1,02/43,86	0,11/10,43	0,51/31,80
1Н-4Н	0,17/59,16	0,93/14,10	0,04/0,24	0,59/41,87	0,06/7,57	0,36/24,59
4Н-16Н	0,78/90,52	0,85/9,52	0,03/0,32	0,52/34,77	0,06/4,65	0,45/27,96
Контроль	0,87/94,30	0,71/6,23	0,03/0,14	0,47/33,81	0,06/3,65	0,43/27,63
Среднее	0,44/79,56	0,92/13,05	0,04/0,26	0,71/40,17	0,08/7,55	0,44/28,12
Чернозем южный						
ЛН	1,33/40,56	0,32/12,11	0,04/0,21	0,19/29,19	0,12/11,9	0,40/18,80
1Н-4Н	0,85/44,04	0,51/11,88	0,02/0,23	0,11/33,32	0,11/12,2	0,32/20,34
4Н-16Н	1,69/42,81	0,28/12,88	0,05/0,25	0,27/29,43	0,09/11,7	0,47/19,42
Контроль	1,12/39,55	0,48/11,71	0,06/0,27	0,09/27,66	0,09/11,4	0,36/18,13
Среднее	1,29/42,47	0,37/12,29	0,036/0,23	0,19/30,64	0,10/11,9	0,39/19,52
Каштановая почва						
ЛН	0,52/80,59	1,50/11,73	0,08/0,35	1,47/35,91	0,14/10,22	0,74/27,76
1Н-4Н	0,28/63,95	1,27/12,17	0,07/0,31	1,01/45,18	0,12/7,63	0,55/25,84
4Н-16Н	0,28/55,97	1,35/11,87	0,05/0,24	0,52/33,47	0,11/12,63	0,46/22,83
Контроль	0,17/52,36	0,56/11,74	0,05/0,27	0,42/33,99	0,09/10,52	0,25/21,77
Среднее	0,36/66,83	1,37/11,92	0,06/0,33	1,01/38,18	0,12/10,16	0,58/25,48
ПДК	4,00/54,00	6,00/32,00	0,50/2,00	25,00/58,00	3,00/34,00	-

При анализе не выявлено превышения ПДК по всем анализируемым показателям кроме Ni в кислорастворимой форме в ландшафте на черноземе обыкновенном на 35,0 мг/кг в лесных насаждениях, на 5,6 мг/кг в зоне 1-4Н и на 36,65 мг/кг в зоне 4-16Н (таблица 5.7).

Таблица 5.7

Содержание ТМ в листовом аппарате по ландшафтам в среднем за три года

Почва	Подвижные формы / Кислорастворимые формы, мг/кг					Сред. содер ТМ.
	Ni	Pb	Cd	Zn	Cu	
Чо	4,33/12,10	3,18/12,5	0,09/0,20	17,4/37,86	1,83/7,38	5,36/14,00
Чю	1,33/4,31	1,91/9,68	0,07/0,10	19,20/42,16	1,02/2,61	4,70/11,77
К	3,84/10,09	4,17/17,2	0,10/0,17	18,02/41,87	1,09/5,29	5,44/14,92
ПДК	4,00/54,00	6,00/32,00	0,50/2,00	25,00/58,00	3,00/34,00	-

В ландшафте на каштановой почве на 26,59 мг/кг в лесных насаждениях, на 9,95 мг/кг в зоне 1-4Н и на 1,97 мг/кг в зоне 4-16Н. При анализе листового аппарата на тяжелые металлы (ТМ) выявлено, что наибольшее содержание (ТМ) отмечается в ландшафте на каштановой почве, меньшее содержание (ТМ) в ландшафте на черноземе обыкновенном и минимальное в ландшафте на черноземе южном. Превышения ПДК по всем анализируемым показателям не выявлено кроме Ni в подвижной форме в ландшафте на черноземе обыкновенном на 0,33 мг/кг. При анализе влияния возраста лесных насаждений на содержание тяжелых металлов (ТМ) в листовом аппарате, отмечается, что лесные насаждения возрастом 120 лет активнее аккумулируют тяжелые металлы (таблица 5.8).

Таблица 5.8

Содержание ТМ в листовом аппарате в зависимости от возраста лесных насаждений в среднем за три года

Возраст ЛН	Подвижные формы / Кислорастворимые формы, мг/кг					Сред. содер ТМ.
	Ni	Pb	Cd	Zn	Cu	
60 лет	2,69/5,36	0,80/10,63	0,07/0,15	0,07/30,03	0,62/3,54	0,85/9,94
120 лет	4,62/8,91	3,85/25,87	0,05/0,21	0,11/36,04	0,29/1,61	1,78/14,52
ПДК	4,00/54,00	6,00/32,00	0,50/2,00	25,00/58,00	3,00/34,00	-

Превышения ПДК по всем анализируемым показателям не выявлено кроме Ni в подвижной форме в лесных насаждениях возрастом 120 лет, на 0,62 мг/кг.

Таким образом, лесные насаждения по всем изучаемым ландшафтам влияют на аккумуляцию тяжелых металлов в почве. Наименьшее содержание тяжелых металлов (ТМ) отмечается на контроле, наибольшее под лесными насаждениями и в зоне 1-4Н. Основная причина повышенного содержания ТМ обусловлена количеством поступающей органической массы в почву и высокими показателях гумуса почвы. При анализе не выявлено превышения ПДК по всем анализируемым показателям кроме Ni в кислорастворимой форме

Глава 6. Эколого-энергетический потенциал облесенных ландшафтов

6.1 Продуктивность яровой пшеницы культурного ценоза в зоне действия лесных насаждений

«Пространственное влияние лесных насаждений на прилегающие ландшафты выражается в снижении мелиоративного эффекта по мере удаления от лесной полосы. В результате, в пределах межполосного пространства условия произрастания возделываемых культур оказываются неоднородными, что приводит к пестроте урожая» [94,144,145,].

Наиболее существенным экологическим параметром формирования продуктивности яровой пшеницы является гидротермические условия вегетационного периода. В средне - засушливый 2018 год средняя продуктивность яровой пшеницы на 1Н-32Н по ландшафтам была на 5,7 т/га ниже в черноземе южном, на 2,87 т/га ниже в черноземе обыкновенном, на 3,59 т/га ниже на каштановой почве, чем во влажные 2016-2017 годы (рисунок 6.1).



Рисунок 6.1. Отбор образцов на биологическую урожайность методом линейных метров

Таблица 6.1

Продуктивность яровой пшеницы в зоне влияния лесных насаждений, т/га

Годы	Расстояние от ЛП						Контроль	Прибавка по сравнению с контролем, т/га	Прибавка по сравнению с контролем, %	
	1Н	2Н	4Н	8Н	16Н	32Н				
Чернозем обыкновенный										
2016	0,81	2,42	3,14	3,27	3,26	2,90	2,64	0,36	13,6	
2017	1,24	3,71	4,53	5,72	4,65	4,41	4,32	0,28	6,5	
2018	0,76	2,96	3,60	4,28	3,68	3,54	3,34	0,27	8,1	
Среднее	0,93	3,03	3,76	4,42	3,86	3,62	3,43	0,30	9,4	
Чернозем южный										
2016	0,45	1,17	1,42	1,70	1,63	1,32	1,28	1,70	13,1	
2017	0,43	1,76	1,92	2,63	2,43	2,14	2,04	1,40	6,6	
2018	0,39	1,45	1,80	2,21	2,21	1,76	1,70	1,90	10,9	
Среднее	0,42	1,46	1,71	2,18	2,09	1,74	1,67	1,60	10,2	
Каштановая почва										
2016	0,60	1,48	1,62	1,98	1,78	1,60	1,52	1,70	11,3	
2017	0,63	1,94	2,10	2,43	2,41	2,29	2,04	1,90	9,3	
2018	0,78	2,44	2,65	2,68	2,54	2,29	1,94	5,80	29,9	
Среднее	0,67	1,95	2,12	2,36	2,24	2,06	1,83	3,10	16,8	
Фактор А	НСР _{0,5}			0,061	F теор.		2,4	F факт.		184950,844
Фактор В				0,043			3,18			20907,055
Фактор С				0,043			3,18			4968,595
Взаим. АВ				0,106			2,02			17856,67
Взаим. АС				0,106			2,02			2225,688
Взаим. ВС				0,075			2,56			681,332

- достоверно на 5%-ном уровне значимости

В зоне влияния лесных насаждений 1Н-32Н формируется более благоприятный микроклимат, что влияет на увеличения продуктивности яровой пшеницы. За период проведения исследований наиболее высокий уровень продуктивности (3,27 т/га) яровой пшеницы в ландшафте на черноземе обыкновенном получен в 2016 году на расстоянии от лесной полосы 8Н (таблица 6.1).

В среднем за три года исследования уровень продуктивности яровой пшеницы на контроле в ландшафте на черноземе обыкновенном был на 9,4% ниже, чем уровень продуктивности в зоне влияния лесных насаждений. В ландшафте на черноземе южном на 10,2% ниже, чем уровень продуктивности в зоне влияния лесных насаждений. Для ландшафта на каштановой почве на 16,8% ниже, чем уровень продуктивности в зоне влияния лесных насаждений.

В ходе исследования выявлено при удалении на 16Н от лесных насаждений продуктивность яровой пшеницы несколько снижается в среднем по ландшафтам на 0,51 т/га.

На примере ландшафта, на черноземе обыкновенного установлено, что возраст лесных насаждений оказывает влияние на продуктивность яровой пшеницы. За три года исследований 120-летние лесные насаждения повышают ее в среднем в зоне влияния 1Н-32Н на 3,46 т/га по сравнению с 60-летними лесными насаждениями. Максимальная продуктивность отмечается как у 120 -летних (5,28 т/га) так и у 60-летних(4,42 т/га) лесных насаждений на расстоянии 8Н. При этом в среднем за три года исследований продуктивность яровой пшеницы в зоне 1Н-32Н выше на 0,3 т/га у 60 – летних лесных насаждений, а у 120-летних на 0,49 т/га, чем биопродуктивность на контроле (таблица 6.2).

Таблица 6.2

Продуктивность яровой пшеницы в зоне влияния лесных насаждений в зависимости от возраста лесных насаждений, т/га

Годы	Расстояние от ЛП							Прибавка по сравнению с контролем, т/га	Прибавка по сравнению с контролем, %
	1Н	2Н	4Н	8Н	16Н	32Н	Контроль		
60 лет									
2016	0,81	2,42	3,14	3,27	3,26	2,90	2,64	0,35	13,2
2017	1,24	3,71	4,53	5,72	4,65	4,41	4,32	0,28	6,57
2018	0,76	2,96	3,60	4,28	3,68	3,54	3,34	0,27	8,14
Среднее	0,93	3,03	3,76	4,42	3,86	3,62	3,43	0,30	9,3
120 лет									
2016	1,22	2,81	3,05	3,39	3,35	3,04	2,64	0,48	18,48
2017	1,27	3,95	4,71	5,28	4,75	4,76	4,32	0,37	8,56
2018	0,92	3,24	4,25	4,79	3,94	3,62	3,34	0,62	18,8
Среднее	1,13	3,33	4,00	4,48	4,01	3,80	3,43	0,49	15,28
Фактор А	НСР _{0,5}		0,768	F теор.		758,623	F факт.		3,5
Фактор В			0,768			682,523			4,45
Фактор С			0,256			544,608			3,84
Взаим. АВС			0,406			723,125			2,68

- достоверно на 5%-ном уровне значимости

В 1Н зоне непосредственно прилегающей к лесным насаждениям отмечается снижение продуктивности яровой пшеницы в средне-засушливый 2018 год на 1,41 т/га, во влажные 2016-2017 годы на 2,1 т/га, по сравнению с 2Н-32Н. Это связано с недостатком доступной для растений влаги в сухие годы и переувлажнением почвы во влажные годы. Негативное влияние оказывает недостаточная освещенность, а также повышенное количество вредителей и болезней.

Различия продуктивности яровой пшеницы в зависимости от степени влияния лесных насаждений подтверждаются ее корреляционными связями с изучаемыми экологическими параметрами.

Таким образом, исследованиями установлено, что лесные насаждения оказывают влияние на продуктивность яровой пшеницы на прилегающей территории по всем ландшафтам. В среднем за три года исследования уровень продуктивности яровой пшеницы в ландшафте на черноземе обыкновенном был на 9,4% выше чем уровень продуктивности контроле. В ландшафте на черноземе южном на 10,2% чем чем уровень продуктивности контроле. В ландшафте на каштановой почве на 16,8% выше чем уровень продуктивности контроле. При удалении на 16Н от лесных насаждений продуктивность яровой пшеницы несколько снижается в среднем по ландшафтам на 0,51 т/га. На примере ландшафта на черноземе обыкновенном установлено, что возраст лесных насаждений оказывает влияние на продуктивность яровой пшеницы. За три года исследований 120 - летние лесные насаждения повышают ее в среднем в зоне влияния 1Н-32Н на 3,46 т/га по сравнению с 60 - летними лесными насаждениями. Максимальная продуктивность отмечается как у 120 - летних (5,28 т/га) так и у 60 – летних(4,42 т/га) лесных насаждений на расстоянии 8Н. Негативное влияние лесных полос отмечается на расстоянии до 1Н, это связано с недостатком доступной для растений влаги в сухие годы и переувлажнением почвы во влажные годы. Негативное влияние оказывает недостаточная освещенность, а также повышенное количество вредителей и болезней.

6.2. Эколого-энергетический потенциал ландшафта

«В условиях истощения земельных ресурсов, рациональное природопользование должно основываться на экологически сбалансированных ландшафтах» [39,58].

«Природно-ресурсный потенциал определяется почвенными, растительными и климатическими ресурсами и формируется в результате круговорота веществ и потоков энергии в агросистемах и экосистемах» [98]. «Почвенные и растительные ресурсы как составная часть природно-ресурсного потенциала отражают экологическую емкость территории ландшафта и структуру его биоэнергетического потенциала» [117].

«Экологическая емкость ландшафта – это способность принять и трансформировать определенное количество веществ и энергии при устойчивом его функционировании» [129,174].

Благодаря влиянию лесных насаждений происходит неравномерное распределение энергии в облесенном ландшафте. В среднем за три года исследования энергия надземной фитомассы ($ОМР_{урожай}$) яровой пшеницы в зоне 2Н-32Н увеличивается в ландшафте на черноземе обыкновенном на 5,62 ГДж/га или на 3,92 %, на черноземе южном – на 5,86 ГДж/га или на 2,35 %, на каштановой почве – на 3,05 ГДж/га или на 1,05 %, чем показатели энергии на контроле. Максимальное значение энергии фитомассы ($ОМР_{урожай}$) сосредоточено на расстоянии в 8Н от лесной полосы в ландшафте на черноземе обыкновенном (82,70 ГДж/га) что больше на 18,52 ГДж/га или на 15,32 %, чем показатели энергии на контроле (64,18 ГДж/га). Для ландшафта на черноземе южном (44,16 ГДж/га) что больше на 9,92 ГДж/га или на 4,38 %, чем показатели энергии на контроле (34,24 ГДж/га). На каштановой почве (40,79 ГДж/га) что больше на 9,54 ГДж/га или на 3,89 %, чем показатели энергии на контроле (31,25 ГДж/га). Наибольший суммарный объем энергии фитомассы яровой пшеницы выявлен в ландшафте на черноземе

обыкновенном (413,30 ГДж/га), среднее на черноземе южном (235,00 ГДж/га) и наименьший на каштановой почве (202,82 ГДж/га) (таблица 6.3).

Таблица 6.3

Энергия надземной фитомассы ($ОМР_{\text{урожай}}$) яровой пшеницы в зоне влияния лесных насаждений, в среднем за три года, ГДж/га

Почва	ОМР урожай, ГДж/га							Сумма
	Расстояние от ЛП							
	1Н	2Н	4Н	8Н	16Н	32Н	Контроль	
Ч _о	25,61	56,50	70,16	82,70	72,22	67,54	64,18	413,30
Ч _ю	19,27	36,48	39,67	44,16	41,91	38,54	34,24	235,00
К	18,20	27,32	31,99	40,79	38,92	32,56	31,25	202,82

Распределение энергии листового аппарата ($ОМР_{\text{листовой аппарат}}$) от лесной полосы происходит неравномерно. С наветренной стороны от лесной полосы энергия аккумулируется в зоне 1Н-4Н, максимальное сосредоточение по всем изучаемым ландшафтам наблюдается в зоне 1Н. В ландшафте на черноземе обыкновенном 176,13 ГДж/га, что больше на 24,95 ГДж/га, чем в зоне 2Н и больше на 153,80 ГДж/га, чем в зоне 4Н. В ландшафте на черноземе южном 144,09 ГДж/га, что больше на 15,07 ГДж/га, чем в зоне 2Н и больше на 103,37 ГДж/га, чем в зоне 4Н. В ландшафте на каштановой почве 113,85 ГДж/га, что больше на 17,13 ГДж/га, чем в зоне 2Н и больше на 96,15 ГДж/га, чем в зоне 4Н. Максимальное сосредоточение с подветренной стороны от лесных насаждений происходит в зоне 1Н-16Н для ландшафта на черноземе обыкновенном и в зоне 1Н-8Н для ландшафтов на черноземе южном и каштановой почве. В ландшафте на черноземе обыкновенном 199,45 ГДж/га, что больше на 41,39 ГДж/га, чем в зоне 2Н -4Н и больше на 197,05 ГДж/га, чем в зоне 8Н. В зоне 16Н аккумулируется минимальное количество энергии 0,17 ГДж/га. В ландшафте на черноземе южном 180,04 ГДж/га, что больше на 43,63 ГДж/га, чем в зоне 2Н -4Н и больше на 163,83 ГДж/га, чем в зоне 8Н. В ландшафте на каштановой почве 140,98 ГДж/га, что больше на 6,29 ГДж/га, чем в зоне 2Н -4Н и больше на 127,58 ГДж/га, чем в зоне 8Н.

Наибольший суммарный объём энергии листового аппарата в лесных насаждениях выявлен в ландшафте на черноземе обыкновенном (608,17 ГДж/га), среднее на каштановой почве (532,58 ГДж/га) и наименьший на черноземе южном (522,27 ГДж/га). Суммарный объём энергии с наветренной и подветренной стороны от лесных насаждений выявлен в ландшафте на черноземе обыкновенном (349,64/518,13 ГДж/га), среднее на черноземе южном (313,83/471,07 ГДж/га) и наименьший на каштановой почве (228,27/423,75 ГДж/га) (таблица 6.4).

Таблица 6.4

Энергия листового аппарата (ОМР _{листовой аппарат}) в зоне влияния лесных насаждений, в среднем за три года, ГДж/га

Почва	ОМР _{листовой аппарат} , ГДж/га											
	Расстояние от ЛП											ЛП
	(ЗСЗ) наветрен. от ЛП			Сумма	(ВЮВ) подветрен. От ЛП					Сумма		
	4Н	2Н	1Н		1Н	2Н	4Н	8Н	16Н			
Ч _о	22,33	151,18	176,13	349,64	199,45	176,95	139,16	2,40	0,17	518,13	608,17	
Ч _ю	40,72	129,02	144,09	313,83	180,04	167,33	105,49	18,21	0,00	471,07	522,27	
К	17,70	96,72	113,85	228,27	140,98	129,19	140,18	13,40	0,00	423,75	532,58	

Энергопотенциал почвы является важной характеристикой при оценке эффективности плодородия почв, продуктивности культур и результатов антропогенного воздействия, выражается в количестве органического вещества и зависит от его запаса и ежегодного приращения. Величина его меняется в зависимости от типа почвы, а также от степени влияния лесных насаждений. Максимальный суммарный объём выявлен в ландшафте на черноземе обыкновенном (31435,91 ГДж/га). Энергопотенциал почвы в ландшафте на черноземе обыкновенном в лесных насаждениях (11158,45 ГДж/га) больше на 6935,62 ГДж/га или на 164,28% больше чем на контроле. В зоне влияния (6276,77 ГДж/га) больше на 2054,23 ГДж/га или на 48,65% больше чем на контроле. На природном участке энергопотенциал составляет (9778,45 ГДж/га) что больше на 5555,91 ГДж/га или на 131,6 % больше чем на контроле. Средний суммарный объём выявлен в ландшафте на черноземе

южном (22240,04 ГДж/га). Энергопотенциал почвы в ландшафте на черноземе южном в лесных насаждениях (7008,45 ГДж/га) больше на 3332,54 ГДж/га или на 90,69 % больше чем на контроле. В зоне влияния (4788,52) больше на 1112,61 ГДж/га или на 30,29 % больше чем на контроле. На природном участке энергопотенциал составляет (6767,16 ГДж/га), что больше на 3091,55 ГДж/га или на 84,14 % больше чем на контроле (таблица.6.5).

Таблица 6.5

Энергопотенциал почвы ландшафтов в среднем за три года, ГДж/га

	Еовп, ГДж/га		
	Чернозем обыкновенный	Чернозем Южный	Каштановая почва
Целина	9778,45	6767,16	4090,72
Лп	11158,16	7008,45	4743,81
В зоне влияние	6276,77	4788,52	2291,13
Контроль	4222,54	3675,91	2070,59
Сумма	31435,91	22240,04	13196,26

Минимальный суммарный объём выявлен в ландшафте на каштановой почве (13196,26 ГДж/га). Энергопотенциал почвы в ландшафте на каштановой почве в лесных насаждениях (4743,81 ГДж/га) больше на 2673,22 ГДж/га или на 129,13 % больше чем на контроле. В зоне влияния лесных насаждений (2291,13 ГДж/га) больше на 220,54 ГДж/га или на 10,68 % больше чем на контроле. На природном участке энергопотенциал составляет (4090,72 ГДж/га), что больше на 2020,13 ГДж/га или на 97,58 % чем на контроле.

«Оценка биоэнергетического потенциала ландшафта позволяет определить ее ресурсное состояние, сравнить экологическую ёмкость и пространственную изменчивость. Биоэнергетический потенциал территории складывается из энергии надземной фитомассы, ее прироста и энергии органического вещества» [175,182] (таблица 6.6).

Таблица 6.6

Биоэнергопотенциал ландшафтов в среднем за три года, ГДж/га

Почва	Зэф	Епэ (лист.апп)	Еовп	БЭПТ
Ч _о	413,30	1475,94	31435,91	33325,20
Ч _ю	235,00	1307,17	22240,04	23782,20
К	202,82	1184,60	13196,26	14583,70

Максимальный биоэнергопотенциал выявлен на ландшафте на черноземе обыкновенном. Здесь значение выше, чем биоэнергопотенциал на черноземе южном на 9542,94 ГДж/га, и выше на 18741,47 ГДж/га, чем биоэнергопотенциал на каштановой почве (таблица 6.7)

Таблица 6.7

Энергия минеральных элементов питания ландшафта, в среднем за три года, ГДж/га

Минеральные элементы питания	Целина	ЛП	В зоне влияния	Контроль	Сумма
Чернозем обыкновенный					
NQ _N	21,36	15,38	27,33	22,92	86,99
RQ _P	10,72	8,6	18,21	18,48	56,01
KQ _K	64,96	67,1	79,15	73,45	284,66
*Емэп	97,04	91,08	124,69	114,85	427,66
Чернозем Южный					
NQ _N	9,96	7,97	18,79	16,51	53,23
RQ _P	18,71	5,86	15,84	13,55	53,94
KQ _K	49,3	49,9	65,05	59,56	223,81
Емэп	77,97	63,73	99,68	89,62	330,98
Каштановая почва					
NQ _N	20,05	5,41	7,97	7	40,43
RQ _P	10,22	2,24	6,81	5,16	24,43
KQ _K	106,54	53,73	68,47	60,1	288,84
Емэп	136,81	61,38	83,25	72,26	353,7

*Емэп- энергия минеральных элементов питания в пахотном слое почвы

N P K -количество азота, фосфора и калия в пахотном горизонте, кг/га

Q_N Q_P Q_K-энергетический эквивалент азота, фосфора и калия, МДж/га

«При учете энергии минеральных элементов питания можно определить эколого-энергетическую емкость агроландшафта. Запасы энергии минеральных элементов питания, способных к трансформации в процессе функционирования агроэкосистем, определяется через их количество и энергетические эквиваленты» [182]. Максимальная энергия минеральных элементов питания в ландшафте на черноземе обыкновенном выявлена в зоне 1Н-32Н (124,69 ГДж/га), что больше чем на контроле (114,85 ГДж/га) на 9,84 ГДж/га или на 3,4% (рисунок 6.2).

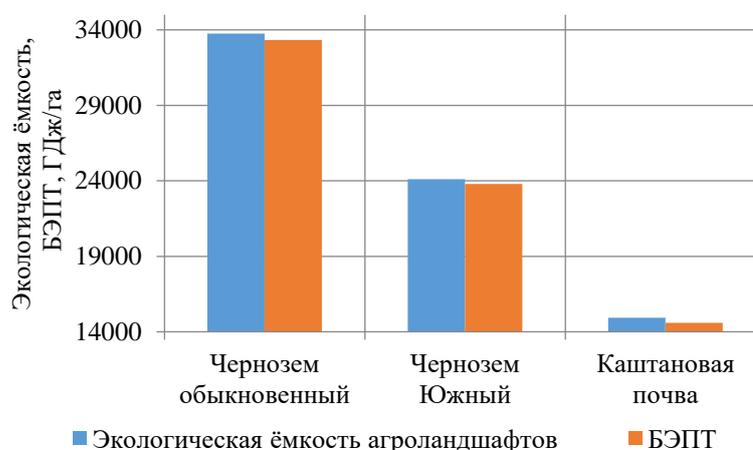


Рисунок 6.2. Экологическая ёмкость ландшафтов, ГДж/га

В ландшафте на черноземе южном максимальная энергия сосредоточена в зоне 1Н-32Н (99,68 ГДж/га), что больше чем на контроле (89,62ГДж/га) на 10,06 ГДж/га или на 6% . В ландшафте на каштановой почве максимальная энергия сосредоточена в зоне 1Н-32Н (99,68 ГДж/га), что больше чем на контроле (89,62ГДж/га) на 10,06 ГДж/га или на 6,2%. Максимальная суммарная энергия минеральных элементов питания выявлена в ландшафте на черноземе обыкновенном (427,66 ГДж/га), среднее количество энергии в ландшафте на каштановой почве (353,7 ГДж/га)и минимальное значение в ландшафте на черноземе южном (330,98 ГДж/га)

Наибольшей экологической ёмкостью обладает ландшафт на черноземе обыкновенном (33752,86 ГДж/га), менее ёмкий ландшафт на черноземе южном (24113,18 ГДж/га), наименьшая экологическая ёмкость в ландшафте на каштановой почве (14937,4 ГДж/га)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лесные насаждения изменяют микроклимат прилегающей территории, изменяя экологические факторы. В среднем дальность эффективного влияния на заветренную сторону составляет до 32Н, а суммарная ветрозащита 59,1%. Наименьшее снижение скорости наблюдается на расстоянии от 2Н до 4Н до 13%. Дальность эффективного влияния лесных насаждений по всем изучаемым ландшафтам на температуру приземистого слоя воздуха составляет 1Н - 32Н. Температура приземистого слоя воздуха в зоне влияния лесных насаждений ниже, чем на контроле на 0,4-0,6С°. Максимальное повышение температуры воздуха в первой половине дня (9:00/12:00 ч.) наблюдается в ландшафте на черноземе южном, минимальное на каштановой почве. Максимальное понижение температуры воздуха в период дневного времени (13:00/15:00 ч.) наблюдается в ландшафте на черноземе южном, минимальное на каштановой почве. В зоне действия защитных лесных насаждений снижается температура поверхности почвы и на глубине 0-30 см по всем ландшафтам в зоне 1Н-32Н, что в среднем меньше на 10,8С° на поверхности и на 5.6 С° на глубине 0-30 см. Наименьшее снижение температуры почвы наблюдается на расстоянии 1Н-2Н в ландшафте на черноземе обыкновенном и каштановой почве и 6-8Н в ландшафте на черноземе южном.

Влажность воздуха в зоне 1Н-32Н в среднем выше 5-8%, чем на контроле. Самое незначительное увеличение влажности воздуха выявлено в ландшафте на каштановой почве, максимальное увеличение отмечается на черноземе южном.

В среднем по ландшафтам высота снежного покрова в зоне влияния лесных насаждений выше на 5 см, что помогает дополнительно накопить 16,3 мм влаги. В среднем за три года, по всем ландшафтам в зоне действия защитных лесных полос промерзание почвы снижалось на 2 см или на 5,7%, чем на контроле. Максимальное влияние лесных насаждений на промерзание

почвы отмечено в 2018 году, минимальное – в 2017 году. Это объясняется высоким уровнем снежного покрова аккумулярованного в зоне действия лесных насаждений.

Лесные насаждения регулируют запас и распределение свободной почвенной влаги в почве в зоне 1Н-32Н. Наибольшее влияние отмечается в весенне-летний и зимний период. Наибольшее количество влаги скапливается в самих лесных насаждениях и в зоне 1Н-4Н, что в среднем выше на 34%, чем на контроле.

Микроклимат, регулируемый лесными насаждениями, отражается на формировании эффективного плодородия почвы. Прирост мощности гумусового горизонта увеличивается по мере приближения к лесным насаждениям в среднем в 1,5 – 2 раза по сравнению с контролем. Одни из важнейших источников увеличения мощности гумусового горизонта выступают лиственный опад лесных насаждений и снежные шлейфы. Максимальное положительное влияние лесные насаждения оказывают на дистанции 1-8Н.

Влияние лесных насаждений приводит к оптимизации гранулометрического состава почвы. В почве зоны действия лесной полосы, по сравнению с почвой открытого поля увеличивается доля органических коллоидов за счет корневых и растительных остатков. Гранулометрический состав верхних горизонтов почвы обогащается структурообразующими фракциями. В среднем по сравнению с контролем доля фракции «физический песок» падает на 13,4%, а доля фракции «физическая глина» увеличивается на 17,4%. Гранулометрический показатель структурности на контроле ниже на 16,45% чем в зоне влияния лесных насаждений (1Н-32Н).

Выявлено что лесные насаждения способствует экологизации структурного состояния почвы. В среднем по мере приближения к лесным насаждениям повышаются коэффициенты структурности на 1,3 раза и водопрочности почвы на 3,7 раза. Возобновляется агрономически ценная структура почвы.

Наименьшая плотность сложения приурочена к верхнему, наиболее гумусированному слою почвы, что обусловлено количеством поступающей органической массы в почву. С глубиной показатель плотности сложения повышается и достигает своего максимума в слое 40-60 см. По мере удаления от лесных насаждений плотность сложения почвы увеличивалась до 1,05 - 1,24 г/см³ для чернозема обыкновенного, до 1,11 - 1,3 г/см³ для чернозема южного и до 1,12 - 1,32 г/см³ для каштановой почвы. В среднем по ландшафтам плотность сложения гумусового слоя (0-30 см) была на 37,6 % ниже, чем в горизонте ВС, увеличиваясь с 1,05 г/см³ до 1,43 г/см³.

По мере удаления от лесных насаждений порозность почвы уменьшается на 9,6% для чернозема обыкновенного, на 5,8% для чернозема южного и на 7,9% для каштановой почвы. Характер изменения твердости почвы различен как с глубиной так и с удалением от лесных насаждений. В среднем по ландшафтам твердость почвы пахотного слоя черноземных и каштановой почвы находится в пределах 14,7-17,1 кг/см². По мере удаления от лесных насаждений твердость почвы увеличивалась до 21,4-23,2 кг/см² для чернозема обыкновенного, до 23,3-25,3 кг/см² для чернозема южного и до 23,3- 26,5 кг/см² для каштановой почвы.

Распределение листового опада на прилегающих к лесным насаждениям территориям ландшафта зависит от повторяемости общих ветров. Максимальное расстояние переноса составило 16Н в ландшафте на черноземе обыкновенном. В ландшафте на черноземе южном и на каштановой почве максимальное расстояние переноса значительно меньше и составляет в 2 раза меньше (8Н). Наибольшая общая масса листового аппарата отмечается в ландшафте на черноземе обыкновенном (9,158 т/га), на черноземе южном (7,0191 т/га), и наименьшая (4,7312 т/га) на каштановой почве. Увеличение возраста лесных насаждений способствует большему поступлению свежего органического вещества в почву. От лесных насаждений возрастом 120 лет ежегодный лиственный опад оказался на 11 % выше, чем от 60 летних. Дальность распространения листового опада на 9,3

% выше. Полезащитные лесные насаждения, за счет поступления ежегодного листового опада оказывают положительное влияние на плодородие почв, тем самым, усиливают экологическую стабильность ландшафта.

Интенсивное гумусонакопление происходит в почве под лесными насаждениями и в зоне их влияния 1-32Н. Наиболее гумусированной является почва в ландшафте на черноземе обыкновенном, запасы гумуса оцениваются как высокие. Запасы гумуса чернозема южного оцениваются как средние и запасы гумуса на каштановой почве оцениваются как низкие. С удалением от лесных насаждений содержание гумуса постепенно снижается. Тип гумусообразования в почвах исследуемых ландшафтах в основном гуматный. В среднем относительное содержание гумуса в пахотном слое почвы по сравнению с контролем увеличилось в зоне 1Н-32Н на 1,2 %. по абсолютным запасом соответственно на 92,3 т/га. Максимальный прирост отмечен в зоне 1Н-4Н (235,1 т/га) что больше контроля на 21,7%.

В среднем по ландшафтам минимальное содержание нитратного азота в слое почвы 0-30см отмечается на целине (1,4 мг/кг) и под лесными насаждениями (2,4 мг/кг), что ниже на 26% и на 36% чем в почве на контроле. Отмечается постепенный рост с удалением от лесных насаждений. В отличие от нитратного азота максимальное содержание доступного фосфора в почве отмечается на целине (35,4 мг/кг), что ниже на 59,2%, чем в почве в зоне влияния лесных насаждений, на 15% чем на контроле. Минимальное значение отмечается в почве под лесными насаждениями (13,4 мг/кг). С удалением от лесных насаждений постепенно увеличивается. Исследуемые почвы отличаются высокой обеспеченностью подвижными формами калия. Минимальное содержание отмечено на целине (202,1 мг/кг) и под лесными насаждениями (207,8 мг/кг), что ниже на 22,8% и на 23,6% в почве в зоне действия лесной полосы и на контроле.

Лесные насаждения способствуют образованию нитратов в поверхностном слое почвы прилегающей территории. Увеличивая показатель нитрифицирующей способности почвы в зоне влияния лесных насаждений на

черноземе обыкновенном на (5,5 мг/кг), на черноземе южном на (11,4 мг/кг), на каштановой почве (3,3 мг/кг). В слое почвы 20-30 см. нитрифицирующая способность почвы незначительно снижается.

Лесные насаждения по всем изучаемым ландшафтам влияют на аккумуляцию тяжелых металлов в слое почвы 0-30 см. Наименьшее содержание тяжелых металлов отмечается на контроле, наибольшее под лесными насаждениями и в зоне 1-4Н. Основная причина повышенного содержания ТМ обусловлена количеством поступающей органической массы в почву и высокими показателями гумуса почвы. При анализе не выявлено превышения ПДК по всем анализируемым показателям кроме Ni в кислорастворимой форме.

В среднем за три года урожайность яровой пшеницы по всем вариантам исследования уменьшалась с запад (Ч₀) на восток (Ч_{ю-К}). Уровень урожайности яровой пшеницы в зоне влияния лесных насаждений в ландшафте на черноземе обыкновенном был на 9,4%, на черноземе южном на 10,2%, на каштановой почве на 16,8%, выше, чем на контроле. При удалении на 16Н от лесных насаждений урожайность яровой пшеницы в среднем по агроландшафтам падает на 0,51 т/га. Лесные насаждения возрастом 120 - лет повышают урожайность яровой пшеницы в зоне влияния 1Н-32Н в среднем на 3,46 т/га по сравнению с 60 - летними лесными насаждениями. Максимальная биопродуктивность отмечается как у 120 - летних (5,28 т/га) так и у 60 – летних(4,42 т/га) лесных насаждений на расстоянии 8Н.

Величина энергии полученной с поступлением листового аппарата распределилась в следующем порядке: ландшафт на черноземе обыкновенном (867,77 ГДж/га), ландшафт на черноземе южном (784,9 ГДж/га), ландшафт на каштановой почве (652,02 ГДж/га). Биоэнергетическая оценка исследуемых ландшафтов показала, что наилучшие показатели получены в ландшафте на черноземе обыкновенном (33752,86 ГДж/га), средние в черноземе южном (24113,18 ГДж/га) и соответственно минимальным в ландшафте на каштановой почве (14937,4 ГДж/га).

Список используемой литературы

1. Агроклиматический справочник по Саратовской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1958. – 227 с.
2. Агролесомелиорация [Текст] / А. В. Альбенский [и др.]. - 4-е изд., перераб. - М.: Лесн. Пром., 1972. - 320 с.
3. Агрэкология. Методология, технологи, экономика. // Под редакции В.А. Черникова, И.Г. Грингофа, В.Т. Емцева. М.: Колос, 2004. - 400 с.
4. Агролесомелиорация [Текст] / Л. И. Абакумова, А. Т. Барабанов, М. Н. Белицкая, О. Н. Белицкая, Ю. И. Васильев, Я. В. Панков [и др.]; под ред. А.Л. Иванова, К. Н. Кулика. - 5-е изд., перераб. и доп. - Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006.-С. - 323-415.
5. Агролесомелиорация в XX веке [Текст]: монография / А. Н. Каштанов [и др.]. - Волгоград : ВНИАЛМИ, 2001. - 366 с.
6. Агролесомелиорация земельных ресурсов [Текст] / Б. В. Кондрашёв [и др.]. - Тамбов, 1990. - 42 с.
7. Агролесомелиорация и плодородие почв [Текст]: монография / под ред.Е. С. Павловского; ВАСХНИЛ, ВНИИ агролесомелиораци. - М.: Агропромиздат, 1991. - 288 с.
8. Агрохимические методы исследования почв [Текст] / Э. Г. Ильковская, Н. П. Бельчикова, Н. А. Панкова, Ф. В. Турчин, Д. М. Хейфец, И. Г. Важенин; Акад. наук СССР, Почв. инстит. им. В. В. Докучаева. - Изд. 4-е, доп. и перераб. - М.:Наука, 1965. - 436 с.
9. Агрэкологическое состояние черноземов ЦЧО / под ред. А.П.Щербакова, И.И.Васенева. Курск, 1996.- с. 380.
10. Агрэкологическая роль лесных полос в преобразовании ландшафтов (на примере Каменной Степи) [Текст]: монография / В. И. Турусов, А. С. Чеканышкин, В. В. Тищенко, С. И. Годунов, И. В. Ялманов. – Каменная Степь, 2012. - 191 с.

11. Агроэнергетическая оценка технологий возделывания сельскохозяйственных культур [Текст] / В. М. Иванов [и др.]. - Волгоград: ВГСХА, 2000. – 32 с.
12. Адерихин, П. Г. Влияние полезащитных лесных полос на структуру обыкновенных черноземов Каменной Степи / П.Г. Адерихин, З.С. Богатырева // Почвоведение. – 1979. - № 2. – С. 71-79.
13. Адерихин, П. Г. Почвенно-климатические районы ЦЧО [Текст] / П. Г. Адерихин // Почвенное районирование СССР. - М, 1960. - Вып. 1. - С. 6-48.
14. Алексахин Р. М., Нарышкин М.А. Миграция радионуклидов в лесных биоценозах. М.: Наука, 1977.144 с.
15. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. М.,1992. - 200 с.
16. Алексеев, Г. И. Влияние защитных насаждений из однородных лесных полос на снегораспределение [Текст] / Г. И. Алексеев // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. - 1989. - № 9. - С. 84 – 88
17. Апарин, Б. Ф.Влияние лесного биоценоза на изменения физико-химических свойств и состава гумуса черноземов обыкновенных Приазовья [Текст] Апарин Б.Ф., Каррыев Б.Б., Жирнова Н.А. // Роль органического вещества в формировании почв и их плодородия. М., 1990. С. 188–126.
18. Ангельев, Д. Д. Влияние системы лесных полос на урожай [Текст] / Д. Д. Ангельев // Лесное хозяйство. - 1986. - № 6. - С. 39-42.
19. Аниканов, А. Т. Защитное лесоразведение и урожайность сельскохозяйственных культур в Ростовской области [Текст] / А. Т. Аниканов, В. А. Мураев // Лесное хозяйство. - 1982. - № 8. - С. 33-35.
20. Антонов, Е. В. Влияние лесных полос на снегоотложение [Текст] / Е. В. Антонов // Лесное хозяйство. - 1977. - № 2. - С. 57-66.
21. Андриевская, Л. П. Накопление тяжелых металлов в агроландшафтах Нижнего Поволжья // ВГСХА, 2004. С. 107-109.

22. Анучин, Н. П. Лесная таксация [Текст] : учебник для вузов. - 5-е изд., доп. / Н. П. Анучин. - М.: Лесн. пром-сть, 1982. - 551 с. 22.
23. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
24. Аристовская, Т. В. Микробиология процессов почвообразования [Текст] / Т. В. Аристовская; АН СССР, Всесоюз. микробиол. о-во. - Л. : Наука, Ленингр. отдние, 1980.-С. 41-45. 24. Астафьев, Н. В. Лес и пашня [Текст] / Н. В. Астафьев // Сельское хозяйство Нечерноземья. - 1 9 8 5 . - № 9 . - С . 21-23.
25. Арманд, А. Д. Самоорганизация и саморегуляция географических систем / А.Д. Арманд. – М.: Наука, 1988. – 264 с.
26. Ахтырцев, Б. П. Влияние полевых защитных лесных полос на свойства чернозёмов типичных Среднерусской возвышенности [Текст] / Б. П. Ахтырцев // «Особая экспедиция» В. В. Докучаева в Каменной степи: тезисы докладов юбилейной конференции. - Воронеж, 1992. - С. 10-11.
27. Баранов, В. А. Агроресоландшафты юго-востока европейской территории России (Теоретические основы оптимизации) [Текст] / В. А. Баранов.- Саратов: Детская книга, 2001. - 102 с.
28. Барабанов А. Т. Комплексная роль лесомелиоративных и агротехнических противоэрозионных мероприятий / А.Т. Барабанов, В.И. Антипов, В.И Козак // Почвозащитная лесомелиорация. – Волгоград, 1987. Вып. 2(51). – С. 17-19.
29. Барышман, Ф. С. Лесные полосы - постоянно действующий фактор [Текст] / Ф. С. Барышман // Лесное хозяйство. - 1974. - № 3 - С. 19-22.
30. Басов, Г. Ф. Итог 50-летнего изучения гидрологической роли лесных полос в Каменной степи [Текст] / Г. Ф. Басов // Почвоведение. - 1948. - № 8. - С. 475-483.
31. Байко, А. С. Воздействие лесных полос на почву Каменной Степи // Вопросы травопольной системы земледелия /А.С.Байко. - М., 1953. - Т П - С. 423-438.

32. Боброва, Л. В. Микроклимат и урожай сельскохозяйственных культур в системе молодых полезащитных полос [Текст] : автореф. ... канд. с.-х. наук : 06.03.04 / Л. В. Боброва. - Волгоград, 1964. - 20 с.
33. Болдырев, В. А. Основные закономерности почвенного покрова Саратовской области: учеб. пособие / В.А. Болдырев. – Саратов, 1997. – 100 с.
34. Болдырев, В. А. Полевые исследования морфологических признаков почв / В. А. Болдырев В.В. Пискунов. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2006. – 56 с.
35. Бондарев, А. Г. Теоретические основы и практика оптимизации физических условий плодородия почв /А.Г.Бондарев // Почвоведение. - 1994. - № 11. - С. 10-15.
36. Бондарев, Л. Г. Ландшафты, металлы и человек. М.: Мысль, 1976. 72 с.
37. Бодров, В. А. Лесная мелиорация [Текст]: учебное пособие / В. А. Бодров. - М.: Сельхоз издат, 1961. - 512 с.
38. Берг, Л. С. Ландшафтно-географические зоны СССР. Ч. 1 / Л.С. Берг. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1931. – 401 с.
39. Булаткин, Г. А. Эколого-Энергетические аспекты продуктивности агроценозов.-Пушино.-АН СССР, 1986.-с. 210
40. Буков, А. С. Изучение влияния лесных полос на микроклимат и урожайность сельскохозяйственных культур в районах орошения [Текст] / 291 А. С. Буков // Агромелиоративные исследования в СССР и Европейских социалистических странах за 1964 г. - Волгоград, 1965. - Вып. 50. - С. 6-7.
41. Бялый, А. М. Лесные насаждения как биологический фактор мелиорации почв / А.М. Бялый //Мелиорация земель Поволжья: докл. Поволж. регион. совещ.– Волгоград, 1971. – С. 142-147.
42. Вадюнина, А. Ф. Методы исследований физических свойств почв и грунтов / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

43. Вершинин, П. В. Почвенная структура и условия ее формирования / П.В. Вершинин. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 187 с.
44. Вайно, Л. А. Агролесомелиоративная роль лесных полос в сухой степи Казахстана [Текст] / Л. А. Вайно // Пути повышения эффективности полезащитного лесоразведения. - М. : Колос, 1979. - С. 59-66.
45. Вернадский, В. И. Биосфера (избранные труды по биогеохимии) [Текст] /В. И. Вернадский. - М.: Мысль, 1967. - 374 с.
46. Вернадский, В. И. Живое вещество /В.И. Вернадский.-М.: Наука, 1979. - 358 с.
47. Винокурова, И. К. Распределение элементов микроклимата в межполосном пространстве [Текст] / И. К. Винокурова // Сборник научных работ НИИСХ ЦЧП им. В. В. Докучаева. - Воронеж, 1953. - С. 255-264.
48. Витер, А. Ф., Если почва уплотнится / А.Ф. Витер, М.А. Шипилов // Сельские зори. - 1981. - №4. - С. 39.
49. Володин, В. М. Экологические основы оценки и использования плодородия почв [Текст] / В. М. Володин. - М.: ЦИНАО, 2000. - 336 с.
50. Володин, В. М. Агроэкологические основы регулирования почвенного плодородия: дис. ... д-ра с.-х. наук в форме науч.докл. / В.М. Володин. – М., 1991. – 59 с.
51. Воронин, А. Д. Основы физики почв / А.Д. Воронин. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. – 244 с.
52. ГОСТ 26462-85. Агролесомелиорация. Термины и определения [Текст]. -Введ. 1985-01-01.-М.: Изд-во стандартов, 1985.-7 с.
53. ГОСТ 28168-89 Почвы. Отбор проб.
54. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО. Переиздано взамен ГОСТ 26213-84. М.: Изд-во стандартов.- 1992. - 6 с.
55. ГОСТ 26207-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. Переиздано взамен ГОСТ 26207-84. М.: Изд-во стандартов. - 1992. - 6 с.

56. ОСТ 56-81-84. Полевые исследования почвы. Порядок и способы проведения работ, основные требования к результатам. М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР. - 1985. - 14 с.

57. Готшалк, Ф. И. Лес как мелиорирующий фактор [Текст] / Ф. И. Готшалк.- Новочеркасск, 1929. - 78 с. 99.

58. Гусев, И. И. Основы научных исследований лесных экосистем [Текст] /И. И. Гусев - Л., 1986.-48 с.102. Данилов, Г. Г. Защитные лесонасаждения в системе земледелия [Текст]Г. Г. Данилов. - М.: Лесн. пром-сть, 1971. - 192 с.103.

59. Данилов, Г. Г. Эффективность агролесомелиорации в Нечернозёмной зоне РСФСР [Текст] / Г. Г. Данилов, Д. А. Лобанов, И. Ф. Каргин. - М.: Лесн. пром-сть, 1980.-169 с.104. Данилов, Г. Г. Агромелиорация лесостепи [Текст] / Г. Г. Данилов, Д. А. Лобанов. - М.: Лесн. пром-сть, 1973. - 116 с.105.

60. Дергачева, М. И. Органическое вещество почв: статика и динамика /М.И. Дергачева. – Новосибирск: Наука, 1984. - 109 с.

61. Дзетовецкий, Б. В. Влияние лесных полос на скорость ветра [Текст] /Б. В. Дзетовецкий // Метеорология и гидрология. - М.: Гидрометео издат. - 1939. -№7-8.-С. 119-124.107.

62. Димо, В. Н. Тепловой режим почв СССР [Текст] / В. Н. Димо. - М.:Колос, 1972.-359 с.108.

63. Дегтярева, Г. В. Рельеф и микроклимат степных районов Поволжья / Г.В. Дегтярева // Почвоводоохранное земледелие в Поволжье. – Саратов, 1985. – С.19-26.

64. Дмитриев, Е. А. Математическая статистика в почвоведении / Е.А. Дмитриев. – М.: Изд-во МГУ, 1972. – 292 с.

65. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) [Текст] / Б. А. Доспехов. - 4-е изд, перераб.и доп. - М.: Колос. 1979. - 416 с.114.

66. Дударев, А. Д. Методика и техника работ на пробных площадях [Текст] / А. Д. Дударев, Н. В. Гладышева, А. Д. Лозовой. - Воронеж, 1978. - С. 5-32.115.

67. Дудорев, М. А. Мелиоративно-экологическая роль лесных насаждений в Поволжье / М.А. Дудорев, А.И. Разаренов, П.Н. Проездов // Вопросы лесного хозяйства, лесомелиорации, экологии, охраны природы. – Саратов, 1992. – С. 27-34.

68. Жиганов, Ю. И. Защитное лесоразведение в странах Европейского континента [Текст] / Ю. И. Жиганов. - М.: 1973. - С. 5-26, 44-52.

69. Житин, Ю. И. Экология [Текст] : учеб. пособие / Ю. И. Житин и [др.]. - Воронеж : ВГАУ, 2002. - 271 с.296

70. Зайченко, К. И. Влияние защитных лесонасаждений на плодородие смытых почв / К.И. Зайченко. – М.: Высш. шк., 1991. – 280 с.

71. Захаров, В. В. Повышение плодородия почв и урожая сельскохозяйственных культур на межполосных полях [Текст] / В. В. Захаров, В.М. Кретинин // Пути повышения эффективности полезащитного лесоразведения. - М.: Колос, 1979.-С. 78-90.

72. Захаров, В. В., Кретинин В.Н. Агролесомелиоративное земледелие. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2005. – 217 с.

73. Захаров, В. В. Принцип дифференциации межполосного пространства на зоны [Текст] / В. В. Захаров // Бюллетень ВНИАЛМИ. - Волгоград, 1971. -Вып. 11 (65).-С. 3-6.

74. Захаров, В. В. Система лесных полос и урожай [Текст] / В. В. Захаров, Ф. С. Барышман, В. К. Горяинов. - М. : Лесн. пром-сть, 1974. - 168 с. 297.

75. Зыков, И. Г. Стабилизация лесоаграрного ландшафта биоинженерными системами в аридной зоне Заволжья / И.Г. Зыков, В.И. Панов // Докл. ВАСХНИЛ. – 1984. - №10. – С.23-34.

76. Зыков, И. Г. Трансформация почвенного покрова в системе противозерозионных лесных полос / И.Г. Зыков, К.И. Зайченко // Экологическая роль защитных лесных насаждений в лесоаграрном ландшафте. - Волгоград, 1982. - С. 89-101.

77. Иванов, В. Д. Мелиоративное почвоведение [Текст] : учебное пособие /В. Д. Иванов, Е. В. Кузнецова. - Воронеж : ФГОУ ВПО ВГАУ, 2006. - 255 с.141

78. Иванова, З. П. Экзогенный морфогенез Саратовского Поволжья / З.П. Иванова. – Саратов: Изд. центр «Наука», 2009. – 161 с.

79. Иванова, Г. Ф. Динамика снежного покрова и промерзание почвы в условиях современного изменения климата на примере Саратова /Н.Г.Левицкая, Ю.А.Скляр, О.В.Шаталова. – Изв. Саратовского университета, новая серия, т.7, 2007, С. 7-11.

80. Ивонин, В. М. Лесные мелиорации ландшафтов [Текст] : учебное пособие / В. М. Ивонин. - Ростов н/Д : Изд-во СКНЦ ВШ, 2001.-188 с.

81. Ивонин, В. М. Лесомелиорация ландшафтов [Текст] : учебник /В. М. Ивонин. - Новочеркасск : НГМА, 2010.-170 с.

82. Игонов, И. И. Динамика содержания тяжелых металлов в процессе длительного использования пашни. // Агрехимический вестник. 2012.-№4.-С.-31-33.

83. Исаченко, А. Г. Прикладное ландшафтоведение. Ч. 1 / А.Г. Исаченко. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1976. – 152 с.

84. Исаченко, А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование.- Высшая Школа, Москва, 1991 г., 366 стр.

85. Ивченко, Н. И. Агрономическая роль защитных лесных полос в Саратовской области [Текст] / Н. И. Ивченко, М. Н. Юнникова // Бюллетень ВНИАЛМИ. - Волгоград, 1979. - Вып. 1 (29). - С. 36-39.

86. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск: Наука, 1991.-151 с.

87. Карузин, Б. В. Лесные полевозащитные полосы и урожай [Текст] /Б. В. Карузин. - М.: Гослестехиздат, 1940. - 56 с.
88. Кауричев, И. С. Практикум по почвоведению [Текст] / И. С. Кауричев. - М. : Колос, 1973.-278 с.
89. Кабанов, П. Г. Погода и поле / П.Г. Кабанов. – Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1975. – 240 с.
90. Каргов, В. А. Лесные полосы и увлажнение полей / В.А. Каргов. – М.: Лесн. пром-ть, 1971. – 120 с.
91. Качинский, Н. А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения / Н.А. Качинский. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 192 с.
92. Качинский, Н. А. Почва, ее свойства и жизнь / Н.А. Качинский. – М. : Наука, 1975. – 295 с.
93. Каштанов, А. Н. Основы ландшафтно-экологического земледелия[Текст] / А. Н. Каштанов, Ф. Н. Лисецкий, Г. И. Швевс. - М. : Колос, 1994. - 127 с.
94. Кёршенс, М. Значение содержания гумуса для плодородия почв и круговорота азота / М. Кёршенс // Почвоведение. – 1992. - №10. – С. 122-130.
95. Колоскова, А. В. Мелиорирующее действие полевозащитных лесных полос на черноземы / А.В. Колоскова // Почвоведение. – 1989. - № 5. – С. 101-108.
96. Константинов, А. Р. Лесные полосы и урожай [Текст] /А. Р. Константинов, Л. Р. Струзер. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 213 с.
97. Ковда, В. А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана /В.А. Ковда. - М.: Наука. - 1981. - 184 с.
98. Копанев, И. Д. Методы изучения снежного покрова [Текст] /И. Д. Копанев. - Л.: Гидрометеиздат, 1971. - 226 с.
99. Кононова, М. М. Органическое вещество почвы / М.М. Кононова. – М.: Наука, 1963. – 314 с.

100. Кирюшин, В. И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин. – М.: Колос, 1996. – 366 с.
101. Кононова, М. М. Формирование гумуса в почве /М.М.Кононова // Успехи микробиологии. - 1976. №11. - С. 134 - 151.
102. Коптев, В. И. Эффективность полевых защитных лесных полос на Украине [Текст] / В. И. Коптев, Н. П. Стонога // Труды ВНИАЛМИ. - Волгоград, 1982. - Вып. 3(77).-С. 17-23.
103. Котлярова, О. Г. Почвозащитная система в интенсивном земледелии Центрально-Чернозёмной зоны [Текст] / О. Г. Котлярова. - Воронеж, 1996. - 267 с.
104. Косолапов, В. М. Управление агроландшафтами для повышения продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных земель России // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2010. № 2. С. 32–35
105. Костычев П. А. Почвы черноземной области России, их происхождение, состав и свойства / П.А. Костычев. – М.: Сельхозгиз, 1949.– 239с.
106. Кретинин, В. М. Агроресомелиорация почв [Текст] / В. М. Кретинин. - Волгоград: ВНИАЛМИ, 2009. - 198 с.
107. Кретинин, В. М. Условия формирования, структура и качество урожая в Поволжье [Текст] / В. М. Кретинин, З. М. Селенин // Влияние лесных полос на качество урожая. - Волгоград, 1984. - Вып. 3 (83). - С. 44-45.
108. Кретинин, В. М., Влияние лесных полос на свойства черноземов Среднего Поволжья [Текст]/ В. М. Кретинин // Бюллетень ВНИАЛМИ. - Волгоград, 1971. -Вып. 11 (65). - С. 13-19.
109. Кузин, А. Н. Лесоаграрное районирование Саратовского Заволжья [Текст] / А. Н. Кузин, О. С. Стукалова, С. С. Синельник, В. А. Савинов // Оптимизация ландшафтов зональных и нарушенных земель : материалы Всероссийской научно-практической конференции. - Воронеж: ВГУ, 2005. -С. 147-150.

110. Кулик К. Н. Защитные лесонасаждения и баланс углерода в аридной зоне России / К.Н. Кулик, В.И. Петров, В.М. Кретинин // Теория и практика агролесомелиорации: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / ВНИАЛМИ. – Волгоград, 2005. – С. 9-16.

111. Лазарев, М. М. Мелиоративные действия систем полезащитных лесных полос [Текст] / М. М. Лазарев // Пути повышения эффективности полезащитного лесоразведения. - М.: Колос, 1979. - С. 13-33.

112. Лазарев, М. М. Микроклимат и урожайность сельскохозяйственных культур на полях в системе полезащитных лесных полос [Текст] / М. М. Лазарев // Бюллетень ВНИАЛМИ. - Волгоград, 1975. - Вып. 3 (13). - С. 30-34.

113. Левицкая, Н. Г. Оценка современных тенденций изменения климата и их последствий для сельскохозяйственного производства в Нижнем Поволжье / Н. Г. Левицкая, О.В. Шаталова, Г.Ф. Иванова // Повышение эффективности использования агроклиматического потенциала Юго-Восточной зоны России. – Саратов, 2005. – С. 273 – 284.

114. Литвинов, Е. А. Влажность почвы и урожай сельскохозяйственных культур под защитой лесных полос, совмещенных с каналами [Текст] /Е. А. Литвинов // Бюллетень ВНИАЛМИ. - Волгоград, 1980. - Вып. 1 (32). - С. 54-55.

115. Матюнин, И. П. Полезащитные лесные полосы и снегонакопление в центральной зоне Ставропольского края / И.П. Матюнин // Тр. Ставропольского СХИ. – 1968. – Вып 27. Земледелие и растениеводство.–С.307-315.

116. Макринов, И. Нитрификация в почве с биологической стороны / И. Макринов // Вестн. бактериол. - агрон. ст. им. В.К. Феррейн. – 1909. - № 15.

117. Матякин, Г. И. Лесные полезащитные полосы и микроклимат. [Текст] /Г. И. Матякин. - М. : Гос географиздат, 1952. - 144 с. Матякин, Г. И. Об эффективности полезащитных лесных полос в повышении урожайности

колхозных полей [Текст] Г. И. Матякин // Лесное хозяйство. - 1955. - № 6. - С. 38-42.222. Мелехов, И. С. Лесоведение [Текст] : учебник / И. С. Мелехов. - М. :Лесн. пром-сть, 1980. - 406 с.

118. Маркина, З. Н. Радиоэкологическое состояние агроландшафтов юго-запада России и их реабилитация: Автореф. дис., д-ра биол. наук. Брянск, 1999. - 42 с

119. Медведев, Н. В. Об энергетической оценке мер по охране почв. Земледелие.-1991. - 22 с.

120. Медведев, В. В. Изменение агрофизических свойств черноземов в условиях интенсивного земледелия / В.В. Медведев // Проблемы почвоведения. – М.,1982. – С.21-28.

121. Медведев В. В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов / В.В. Медведев. – М.: ВО Агропромиздат, 1988. – 158 с.

122. Медведев, И. Ф. ГИС-технологии при почвенно-агрохимическом обследовании почв Саратовской области / И.Ф. Медведев, А.А. Вайгант // Плодородие. – 2007. - №2 (35). – С. 19-21.

123. Медведев, И. Ф. Особенности формирования плодородия черноземных почв в рамках экологического каркаса агроландшафта / И.Ф. Медведев // Проблемы интенсификации и экологизации земледелия России: материалы науч. практ. конф., 14-15 июня 2006 г. – п. Рассвет, 2006.–С.88-92.

124. Медведев, И. Ф. Противозерозионные лесные полосы и их роль в стабилизации экологической обстановки на черноземной пашне Поволжья / И.Ф. Медведев, П.С. Новиков // Агролесомелиорация: проблемы, пути их решения, перспективы: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию ВНИАЛМИ (г. Волгоград, 24-27 сент. 2001 г.) – Волгоград, 2001. – С. 130-131.

125. Медведев, И. Ф. Современное состояние биосферных процессов в Агроландшафтах Поволжья / И.Ф. Медведев, Н.Г. Левицкая, Д.И. Губарев, А.А. Бочков // Модели автоматизированного проектирования адаптивно-

ландшафтных систем земледелия: сб. докл. Всерос. науч.-практ. конф., г. Курск, 14-16 сент. 2010 г. – Курск, 2010. – С. 211-214.

126. Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе / ВНИИЗиЗПЭ. – Курск, 1999. –47с.

127. Методика определения экологической ёмкости и биоэнергетического потенциала территории агроландшафта [Текст] / В. М. Володин, Р. Ф. Ерёмкина, А. Е. Федорченко, А. А. Ермакова. - Курск, 2000. - 32 с.

128. Методика эколого-экономической оценки ландшафтной системы земледелия / РАСХН. – М., 1995.–65с.

129. Мокин, Н. Наблюдения над накоплением и движением нитратов в четырёхпольном севообороте / Н. Мокин //Изв. по опыт. делу Дона и Сев. Кавказа. – 1926. - № 9.

130. Молчанов, А. А. Влияние леса на окружающую среду. М.: Наука, 1973.-359 с.

131. Морозов, Н. Н. Экологизация степного природопользования. С чего начать? Земледелие.-1992.-№1.

132. Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе [Текст] / В. М. Володин, Р. Ф. Ерёмкина, А. Е. Федорченко, А. А. Ермакова. - Курск : Изд-во ЮМЭКС, 1999. - 48 с.305

133. Методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов [Текст]- М. : ВАСХНИЛ, 1985. - 112 с.229.

134. Михин, В. И. Агролесомелиорация ландшафтов Среднерусской возвышенности [Текст] / В. И. Михин, А. Т. Барабанов, М. М. Бондарев // Лес. Наука. Молодежь - 2006 : сборник материалов по итогам научно-исследовательских работ молодых ученых в 2005-2006 гг. / ВГЛТА. - Воронеж, 2006.-С. 142-145.

135. Михин, В. И. Агроэкологическая роль защитных лесных насаждений на чернозёмах юго-запада ЦЧР [Текст] / В. И. Михин //

Природные ресурсы Воронежской области, их воспроизводство, мониторинг и охрана: сборник Воронежского облсовета ВООП : тезисы докладов научно-практической конференции. - Воронеж, 1995. - С. 61 - 63.

136. Нащекин, Ю. М. Агрэкономическая эффективность ползащитных лесных полос в Даниловском районе Волгоградской области [Текст] / Ю. М. Нащекин // Вопросы экономики защитного лесоразведения. - Волгоград, 1982.-Вып. 3(77). - С . 48-50.

137. Нерпин, С. В. Физика почв / С.В. Нерпин, А.Ф. Чудновский. – М.: Наука, 1967. – 584 с.

138. Нехаев, А. Д. Влияние лесных полос на скорость и порыв ветра [Текст] / А. Д. Нехаев // Бюллетень ВНИАЛМИ. - Волгоград, 1973. - Вып. 12 (66). - С. 59-60.

139. Никитин, П. Д. Влияние системы лесных полос на микроклимат межполосного поля [Текст] / П. Д. Никитин, М. И. Долгилович // Агролесомелиоративные исследования в СССР. - Волгоград, 1977. - Вып. 11 (67). - С . 1-6.

140. Никитин, П. Д. Методика по изучению влияния системы ползащитных лесных полос на микроклимат и урожай сельскохозяйственных культур [Текст] / П. Д. Никитин, М. М. Лазарев. - Волгоград, 1973. - 55 с.

141. Новицкий, З. В. Температурный режим почв, защищенных лесными полосами [Текст] / З. В. Новицкий // Повышение эффективности сельскохозяйственного производства. - Ташкент, 1979. - С. 176-178.

142. Товарищество науч. изд. КМК, 2006. - 281 с.296. ОСТ 56-69-83. Площадки пробные лесоустроительные. Метод закладки[Текст].-М., 1984.-60 с.

143. Павловский, Е. С. Агролесомелиорация и плодородие почв / Е.С. Павловский, Ю.И. Васильев, К.И. Зайченко. – М., 1991. – 282 с.

144. Павловский, Е. С. Лесные полосы - защитники полей / Е.С. Павловский // Степные просторы. – 1980. - №3. – С.30-31.

145. Пестряков, В. К. Изменение агрофизических свойств дерново-подзолистых почв в процессе их сельскохозяйственного использования / В.К. Пестряков // Физика и биофизика почв. – Л., 1969. – С. 170-181.

146. Петров, Н. Г. Лесоаграрные ландшафты и урожай [Текст] /Н. Г. Петров, П. Г. Петров, В. Д. Тунякин // Каменная Степь – лесоаграрные ландшафты. - Воронеж: ВГУ, 1992. - С. 115-122.

147. Петров, Н. Г., Зерновые культуры под защитой лесных полос [Текст] /Н. Г. Петров. - М.: Россельхозиздат, 1985. - 70 с.

148. Почвы Саратовской области. Т. 1 / МСХ РСФСР, Всерос. об-ние Росземпроект, Сарат. фил. Южгипрозем. – Саратов, 1981. – 267 с.

149. Приходько, В. Е. Содержание и запасы гумуса в почвах Волгоградской области / В.Е. Приходько // Почвоведение. – 1994. - №10. – С. 65-74.

150. Проездов, П. Н. Закономерности влияния лесных полос различной конструкции на формирование экологических факторов среды и урожайность яровой пшеницы в степи Приволжской возвышенности / П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков, Л.В. Кузнецова // Нива Поволжья. – 2009.– №4.–С. 92–95.

151. Пронько, В. В. Трансформация запасов гумуса в каштановых почвах Саратовского Заволжья / В.В. Пронько, В.С. Левина // Тр. Кубанского ГАУ «Энтузиасты аграрной науки». – Краснодар, 2009. – Вып. 9. – С. 207 – 210.

152. Писарцев, В. Г. Прибавка урожая от мелиоративного влияния полезащитных лесных полос в Украинском Полесье [Текст] / В. Г. Писарцев // Бюллетень ВНИАЛМИ. - Волгоград, 1980. - Вып. 2 (23). - С. 60-62.

153. Ревут, И. Б. Физика почв / И.Ф. Ревут. – Л.: Колос, 1972. – 368 с.

154. Рекомендации по методике проведения наблюдений и исследований в полевом опыте / НИИСХ Юго-Востока. – Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1973. – 226 с.

155. Реус, А. Г. Лесные полосы как резерв интенсификации земледелия в лесостепи Нечерноземной зоны РСФСР [Текст] / А. Г. Реус // Бюллетень ВНИАЛМИ. - Волгоград. 1988.-Вып. 1 (53).-С. 17-21.
156. Рэуце К. Борьба с загрязнением почвы. Под ред. В.К. Штефана М. М., 1986. – 221 с.
157. Роде, А. А. Основы учения о почвенной влаге. Т. 2. Методы изучения водного режима почв / А.А. Роде. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 287 с.
158. Родин, А. Р. Лесомелиорация ландшафтов [Текст] : учеб. пособие /А. Р. Родин, С. А. Родин, С. Л. Рысин. - М. : МГУЛ, 2002. - 127 с.
159. Самусев, Ф. Ф. Микроклимат и урожай в системе лесных полос [Текст]/ Ф. Ф. Самусев, В. С. Чернобыль // Агролесомелиоративные исследования в СССР за 1971-1975 гг. - Волгоград, 1977. - Вып. 11 (67). - С. 98-99.
160. Самсонов, Е. В. Воздействие лесных полос противозерозионного комплекса на почвенные факторы и урожайность сельскохозяйственных культур в степи Приволжской возвышенности: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Е.В. Самсонов. – Саратов, 2006. – 19 с.
161. Свалов, Н. Н. Вариационная статистика [Текст] / Н. Н. Свалов. - М. :Лесн. промсть, 1977. - 176 с.
162. Смалько, Я. А. Ветрозащитные особенности лесных полос разных конструкций. [Текст] /Я. А. Смалько. - Киев : Урожай, 1963. - 190 с.
163. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. - Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1978. - 319с.
164. Соколов, А. В. Руководство по составлению почвенных и агрохимических карт [Текст] / А. В. Соколов. - М. : Колос, 1964. - С. 244-290.
165. Солнцев Н.А. Учение о ландшафте. Избранные труды. - М.: МГУ, 2001. - 384 с.

166. Соловьёв, П. Е. Влияние лесных насаждений на почвообразующий процесс и плодородие степных почв / П. Е. Соловьёв. - М. : МГУ, 1967. - . С. 24

167. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2020 года [Текст] / К. Н. Кулик [и др.]. - Волгоград : ВНИАЛМИ, 2008. - 34 с.

168. Степанов, А. М. Полезащитное лесоразведение и его эффективность / А.М. Степанов // Агролесомелиорация: проблемы, пути их решения, перспективы: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / ВНИАЛМИ. – Волгоград, 2001. – С.21-23.

169. Сыроегин, Ю. В. Влажность почвы в системе лесных полос [Текст] / Ю. В. Сыроегин // Вопросы агрометеорологии и климатологии : сборник работ (Горьковская, Волжская, Рыбинская гидрометеорологические обсерватории). - Л.: Гидрометеиздат, 1977. - Вып. 13. - С. 109-116.

170. Танюкевич, В. В. Продуктивность и мелиоративная роль лесных полос степных агролесоландшафтов [Текст] : монография / В. В. Танюкевич. - Новочеркасск : Лик, 2012. - 175 с.

171. Тарасенко, В. П. Лесная мелиорация. [Текст] / В. П. Тарасенко, В. И. Шошин. - Брянск : Клинцовская городская типография, 1999. – 258 с.

172. Титова, В. Г. Лесные полосы и урожайность сельскохозяйственных культур [Текст] / В. Г. Титова, И. А. Бурка // Лесное хозяйство. - 1982. - № 8. - С. 35-37.

173. Трибунская, В. М. Агроэкономическая эффективность защитных лесных насаждений [Текст] : монография / В. М. Трибунская, Н. Ф. Костина, Л. Б. Щербакова. - М. : Лесн. пром-сть, 1974. - 112 с.

174. Троц, В. Б. Агроэкологическое влияние полезащитных лесных полос // Известия Оренбургского ГАУ. - 2016, №4 (60). - С. 189-192.

175. Трибунская, В. М. Мелиоративное влияние полезащитных лесных полос на урожай основных сельскохозяйственных культур [Текст] /В.

М. Трибунская // Пути повышения эффективности защитного лесоразведения.- М, 1979.-С. 85-93.

176. Турчак, Ф. Н. Эффективность полезащитных лесных полос разного породного состава в Левобережной лесостепи [Текст] / Ф. Н. Турчак // Лесохозяйственная информация. - 1991. - № 4. - С. 35-36.

177. Усов, Н. И. Влияние полосных лесных насаждений на чернозёмы и каштановые почвы в условиях юго-востока СССР [Текст] / Н. И. Усов // Почвоведение. - 1938. - № 3. - С. 416-436.

178. Усов, Н.И. Почвы Саратовской области. Ч.1. Правобережье / Н.И. Усов.– Саратов: Облгиз., 1948. – 288 с.

179. Устиновская, Л. Т. Экономическая эффективность полезащитных лесных полос в зависимости от породного состава [Текст] / Л. Т. Устиновская - М. :МСХ СССР, 1958.-С. 3-13.

180. Федоров, В. Д. Экология [Текст] / В. Д. Федоров, Т. Г. Гильманов. - М.:МГУ, 1980. - 464 с.

181. Черников, В.А. Структурно-групповой состав гумуса / В.А. Черников // Почвоведение. – 1992. - №10. – С.62-69.

182. Хазиев, Ф. Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв [Текст] / Ф. Х. Хазиев. - М.: Наука, 1982. - 203 с.

183. Харченко, Н. А. Экология [Текст]: / Н. А. Харченко, Ю. П. Лихацкий ; М-во образования Рос.Федерации, Воронеж, гос. лесотехн. акад. - М. : МГУЛ, 2003. - 399 с.

184. Фокин, А.Д. О роли органического вещества в функционировании природных и сельскохозяйственных систем. // Почвоведение, 1994.-№4 с. 40-45.

185. Шаталов, В. Г. Лесные мелиорации [Текст] : учебник / В. Г. Шаталов. -Воронеж : Квадрат, 1997. - 220 с.

186. Шеин, Е.В. Курс физики почв / Е.В. Шеин. – М.: Колос, 1967. – 335 с.

187. Шпаков, А. С. Агрolandшафтно - экологические основы конструирования агросистем и принципы управления ими [Текст] / А. С. Шпаков, И. А. Трофимов // Вестник РАСХН. - 2002. - №4. - С. 31-33.
188. Щеглов, Д. И. Чернозёмы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов [Текст]: автореф. ... д-ра биол. 325 наук / Д. И. Щеглов. - Воронеж, 1995. - 46 с.
189. Юдин, М. И. Влияние лесных полос на турбулентный обмен и оптимальная ширина полос [Текст] / М. И. Юдин // Доклады АН СССР. - 1950. - Т. 71, № 4. - С. 40-44.
190. Якушевская И.В. Микроэлементы в природных ландшафтах. М., 1973. 100 с.
191. Daniel, K. Research and Development Activities in Pasture and Forage Crops, Kulmsa, Ethiopia [Text] / K. Daniel. - 1987. - 27 с.
192. Roger, A. Foreststo Off set the Green house Effect. Journal of Forestry July. 1989. №129. - 36с.
193. Swaine, D. Trace element distribution in soil profiles // Soil Science 1960. Vol. 11. № 2. P. - 346.
194. Gnosen, S. Praktiske aspekten i forbindelse med planthing of lahend [Text] /S. Gnosen // Ugeskrift for aromomer, honotonomer, forstkandidator og liceniater. -1976. - Н. 121, b. 20. - S.440-442.
195. Kyrtz, J. The economic effectiveness of agro forest farms in Missori [Text] /J. Kyrtz //Agro forest Sist. -1998. № 5 . - P. 155-157.
196. Naveh, Z. Landscape ecology: Theory and application / Z. Naveh, A.S. Lieberman. – N.Y.: Springer Verlag. 1994. – 356 p.
197. Noqueira, F. E. Alternatives agro florestais para a microbacia do correjo Taqura Branca, Sumare. - SP [Text] / F. E. Noqueira, K. P. Choji, C Laercio // Rev. Arvore / SIF. - 1997., №3. - P. 435 - 446.
198. Pickett, S.T.A. Landscape ecology: spatial heterogeneity in ecological systems / S.T.A. Pickett, M.L. Cadenasso // Sc. – 1995. –Vol. 269. – P. 331–334.

199. Scott, D. F. Impacts of Forest Plantations on Stream flow D. F. Scott, L. A. Bruijnzeel // Elsevier Ltd. All Rights Reserved. – 2004. - 557c.

200. Trimble, S. Weirich FH, and Hoag BL Reforestation and the reduction of water yield on the southern Piedmont since circa 1940. Water Resources Research 23: 425–437.

201. Trimble, S. Weirich FH, and Hoag BL Reforestation and the reduction of water yield on the southern Piedmont since circa 1940. Water Resources Research 23: 425–437.

202. Dye, P. Climate, forest and stream flow relationship in South African afforested catchments. Commonwealth Forestry Review №75: 31–38.

Приложения

Приложение 1

Температура, осадки, относительная влажность воздуха (М.С. Саратов Ю.-В.)

Годы	Месяцы												Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Температура воздуха, С°													
2016	-9,4	-1,2	1,9	10,6	16,1	21	23,6	24,8	13,2	5,8	-1,9	-8	8,0
2017	-7,4	-6,3	0,5	8	13,9	18	21,7	22,4	15,0	6,5	0,7	-3,1	7,5
2018	-8,9	-10,5	-7,6	7,5	18,3	20	23,6	23,1	14,5	6,1	0,2	-2,8	7,0
Среднее	-8,6	-6,0	-1,7	8,7	16,1	19,7	23,0	23,4	14,2	6,1	-0,3	-4,6	
Осадки, мм													
2016	85	64	24	45	74	8	28	9	99	18	36	28	43,2
2017	18	40	18	82	93	67	50	3	30	104	47	54	50,5
2018	61	48	71	30	27	14	85	6	42	24	46	28	40,2
Среднее	54,7	50,7	37,7	52,3	64,7	29,7	54,3	6	57	48,7	43	36,7	
Относительная влажность, %													
2016	85	84	79	61	63	53	54	49	70	72	74	79	68,6
2017	82	76	74	58	57	61	62	57	68	79	86	90	70,8
2018	86	86	77	63	47	47	60	52	52	65	84	82	66,8
Среднее	84,3	82	76,7	60,7	55,7	53,7	58,7	52,7	63,3	72	81,2	83,7	

Приложение 2

Температура, осадки, относительная влажность воздуха (М.С. Росташа)

Годы	Месяцы												Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Температура воздуха, С°													
2016	-9,7	-1,2	2,1	9,8	14,8	19,2	21,6	23	12	5,2	-2,5	-8,7	7,1
2017	-7,9	-7,5	1	6,8	13	16,3	20,2	21,2	14,1	5,7	-0,2	-1,8	6,7
2018	-7,9	-9,7	-8,1	6,4	17,3	18,4	21,9	22,1	15	6,1	-1,3	-3	6,4
Среднее	5,7	-6,1	-1,7	7,7	15	18	21,2	22,1	13,7	5,7	-1,3	-4,5	
Осадки, мм													
2016	52	51	39	59	122	48	70	14	97	26	67	31	56,3
2017	19	24	16	60	68	55	74	9	86	57	40	42	45,8
2018	28	52	58	59	21	8	63	45	10	28	16	61	37,4
Среднее	33,0	42,3	37,7	59,3	70,3	37,0	69,0	22,7	64,3	37,0	41,0	44,7	
Относительная влажность, %													
2016	78	81	80	62	57	53	70	62	51	56	63	77	65,8
2017	93	78	67	68	53	48	65	38	56	91	93	90	70,0
2018	92	81	79	59	51	45	53	59	77	90	93	88	72,3
Среднее	87,7	80,0	75,3	63,0	53,7	48,7	62,7	53,0	61,3	79,0	83,0	85,0	

Температура, осадки, относительная влажность воздуха (М.С. Красный Кут)

Годы	Месяцы												Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Температура воздуха, С°													
2016	-9.9	-1.7	1,9	10,6	16,3	20,9	23,5	24,9	13	5,7	-2.5	-10	7,7
2017	-8.7	-7.7	0.2	8,1	14,3	17,9	22,8	24	16	6,7	1	-3.7	7,6
2018	-9.4	-12.3	-8.6	7	18,1	20,4	25,3	20,5	17,6	4,6	1,8	-1.2	15,5
Среднее	9,3	7,2	1,9	8,6	16,2	19,7	23,9	23,1	15,5	5,7	1,4	-10,0	
Осадки, мм													
2016	57	34	23	26	22	9	66	35	84	10	36	34	36,3
2017	24	34	14	47	50	70	31	0.3	15	49	20	41	35,9
2018	25	39	50	15	8	3	22	11	28	42	74	39	29,7
Среднее	35,3	35,7	29	29,3	26,7	27,3	39,7	23	42,3	33,7	43,3	38	
Относительная влажность, %													
2016	82	88	83	60	71	68	69	72	58	76	86	82	73,9
2017	70	81	79	46	56	47	49	37	57	53	85	78	60,0
2018	61	83	67	42	28	24	27	38	51	62	73	68	50,5
Среднее	71,0	84,0	76,3	49,3	51,7	46,3	48,3	49,0	55,3	63,7	81,3	76,0	

Скорость ветра в зоне влияния лесных насаждений, м/с.

Почва	Годы	Расстояние от лесных насаждений, Н								Контроль
		Наветренная сторона	ЛН	Заветренная сторона						
				1Н	2Н	4Н	8Н	16Н	32Н	
Чернозем обыкновенный	2016	1,7	0,9	0,21	1,39	1,62	1,71	1,89	2,1	2,18
	2017	1,64	1,1	0,3	1,42	1,64	1,67	2,18	2,16	2,31
	2018	1,8	1,38	0,43	1,47	1,66	1,78	2,11	2,36	2,53
	Среднее	1,71	1,12	0,31	1,42	1,64	1,72	2,06	2,2	2,34
Чернозем южный	2016	1,98	1,88	0,98	1,21	1,52	1,99	2,19	2,3	3,01
	2017	2,17	2,02	1,04	1,24	1,6	1,98	2,29	2,33	2,8
	2018	2,46	2,28	1,11	1,29	1,63	1,98	2,44	2,4	3,22
	Среднее	2,2	2,06	1,04	1,24	1,58	1,98	2,3	2,34	3,01
Каштановая почва	2016	2,54	2,03	0,97	1,52	1,58	1,77	2,6	2,66	3,12
	2017	2,59	2,42	1,21	1,68	1,7	1,99	2,6	2,84	3,2
	2018	2,74	2,6	1,48	1,84	2,63	2,42	2,6	3,41	3,55
	Среднее	2,62	2,35	1,22	1,68	1,97	2,06	2,6	2,97	3,29

Температура воздуха в зоне влияния насаждений, С⁰.

Почва	Годы	Высота, м	Расстояние от лесных насаждений, Н						Контроль	
			1Н	2Н	4Н	8Н	16Н	32Н		
Чернозем обыкновенный	2016	1,5	19	18,7	17,7	19,3	21,9	22	22,6	
		0,5	23,3	22,2	22,1	23,8	23,9	24,3	25,4	
	2017	1,5	22,4	21,9	21,9	22,5	22,7	24	23,9	
		0,5	23,9	23,3	23,5	24	24,9	24,9	25,4	
	2018	1,5	24,6	23,6	23,4	25,4	23,8	26	26,7	
		0,5	24,2	24,7	23,7	24,5	25,9	27,3	26,9	
	Среднее	1,5	22	21,4	21	22,4	22,8	24	24,4	
		0,5	23,8	23,4	23,1	24,1	24,9	25,5	25,9	
	Чернозем южный	2016	1,5	23,1	23,1	24,3	24,7	25	27,3	29,3
			0,5	23,8	23,3	24,8	25	26,5	27,5	29,5
2017		1,5	26	25,1	25,2	25,6	27,4	29,3	29,9	
		0,5	26,8	26	27	27,9	27,8	29,5	30,1	
2018		1,5	25,6	25,9	24,9	25,9	26,8	28	29,9	
		0,5	26,5	26	25,6	26	27	28,2	30,1	
Среднее		1,5	24,9	24,7	24,8	25,4	26,4	28,2	29,7	
		0,5	25,7	25,1	25,8	26,3	27,1	28,4	29,9	
Каштановая почва		2016	1,5	15	14,7	14,6	14,2	13,8	14,3	16
			0,5	16	15,2	15,1	14,6	14,5	14,8	16,6
	2017	1,5	15,2	15,5	14,9	14,2	14	15,2	16	
		0,5	16,1	15,8	16	15,4	15,4	15,6	16,8	
	2018	1,5	15,4	15,6	15,2	14,8	14,2	15,8	16	
		0,5	16,2	16,1	16	15,6	15,4	16,4	17	
	Среднее	1,5	15,2	15,1	14,9	14,4	14	15,1	16	
		0,5	16,1	15,7	15,7	15,2	15,1	15,6	16,8	

Влияние лесных насаждений на снегоотложение, см

Почва	Годы	Расстояние от лесных насаждений, Н								
		Наветренная сторона	ЛП	Заветренная сторона						
				1Н	2Н	4Н	8Н	16Н	32Н	Контроль
Чернозем обыкновенный	2016	29,9	36,4	40,8	37	36,2	33,3	32,8	31,2	28,4
	2017	28,6	34,1	36,6	36	35,9	33,2	32,6	30,4	28,2
	2018	27,3	29,7	32,1	32	30,5	32,8	32,4	26,6	28
	Среднее	28,6	33,4	36,5	35	34,2	33,1	32,6	29,4	28,2
Чернозем южный	2016	27,5	32,8	34,6	38,9	28,8	24,4	24	24	22,1
	2017	27,4	31,6	34,2	37	27,6	24,3	24,1	23,6	21,4
	2018	26,1	30,1	33,2	35,1	26,1	24,2	23,9	23,5	19,5
	Среднее	27	31,5	34	37	27,5	24,3	24	23,7	21
Каштановая почва	2016	29,1	30,2	34,9	30,3	22,8	22,7	24,8	23,4	22,6
	2017	29	30,1	33,8	29,5	22,7	22,3	24,2	22,9	22,4
	2018	26,2	27,3	33,6	27,5	22,6	21,6	23,9	22,4	22,2
	Среднее	28,1	29,2	34,1	29,1	22,7	22,2	24,3	22,9	22,4

Морфологическое строение чернозема обыкновенного

Горизонт	Глубина, см	Описание
A ₀	0-3	Степной войлок мощностью 3-4 см, состоит из стеблей и листьев степных трав.
A	3-40	Гумусовый горизонт мощностью 30-40 см, темно-серый или черный, равномерно окрашенный, рыхлый, сухой, мелкопористый, тяжелосуглинистый, зернистой или комковато-зернистой структуры, пронизан многочисленными корнями, переход в горизонт АВ постепенный, граница языковатая.
АВ	40-82	Гумусовый горизонт мощностью 40-60 см, темно-серый с бурым оттенком, сухой, рыхлый, мелкопористый, тяжелосуглинистый, мало корней, с темными Гумусовыми затеками, комковатой и комковато-призматической структуры; в нижней части этого горизонта наблюдается вскипание, переход в В _к ясный, граница волнистая.
В _к	82-120	Иллювиально-карбонатный горизонт буровато-палевого цвета, призматической структуры; выделения карбонатов в виде псевдомицелия и белоглазки, свежий, рыхлый, мелкопористый, среднесуглинистый, переход в С _к постепенный, граница карманная.
С _к	120 и глубже	Карбонатная материнская порода палевого цвета

Морфологическое строение чернозема южного

Горизонт	Глубина, см	Описание
A ₀	0-3	Степной войлок мощностью 3-4 см, состоит из стеблей и листьев степных трав.
A	3-32	Гумусовый горизонт мощностью 20-30 см, темно-серый с коричневатым оттенком, в целинном состоянии вверху часто обособляется слой в 6-8 см, более светлоокрашенный, слоистый; структура зернистая, при распашке — комковато-пылеватая. Вскипание начинается на нижней границе горизонта, пахотные почвы часто вскипают с поверхности
AB	32-68	Переходный гумусовый горизонт мощностью 30-40 см, однородно окрашенный, буровато-темно-серый, зернисто-комковатой или ореховато-комковатой структуры. Уплотнен, тяжелосуглинистый, единичные корни, переход в горизонт В _к ясный, граница затечная
В _к	68-110	Переходный горизонт, бурый с более темными пятнами и потеками гумуса, ореховато-призматической структуры, уплотнен; выделения карбонатов в виде псевдомицелия, в нижней части в виде белоглазки, могут быть в виде неясных выцветов, мучнистых выделений, сильно уплотнен, тяжелосуглинистый, мелкопористый переход в горизонт С постепенный, граница ровная
С _к	110 и глубже	Слабо измененная или не измененная почвообразованием материнская порода, карбонатная, палевого цвета, призматической структуры

Морфологическое строение каштановой почвы

Горизонт	Глубина, см	Описание
A ₀	0-2	Степной войлок мощностью 3-4 см, состоит из стеблей и листьев степных трав.
A	2-25	Гумусовый горизонт мощностью 20-25 см, каштановый, буровато- или коричнево-серый, комковато-порошистой структуры; на старопахотных и целинных землях в верхней части горизонта А обособляется осветленный под горизонт неясной чешуйчато-слоевой структуры; вскипание отмечается с поверхности или на некоторой глубине в горизонте А, среднесуглинистый, мелкопористый, рыхлый, пронизан многочисленными корнями, переход в В ₁ постепенный, граница волнистая.
B ₁	22-48	Переходный горизонт мощностью 15-20 см, каштановый, светлее предыдущего, но более яркой бурой окраски, призмовидно-крупно-комковатой структуры, граница часто резко языковатая, вскипает; в солонцеватых почвах горизонт уплотнен, по граням структурных отдельностей отмечается буровато-коричневая глянцевая корочка, рыхлый, тяжелосуглинистый, единичные корни, переход в горизонт В ₂ ясный, граница затечная
B ₂	48-74	Переходный горизонт мощностью до 40 см, неоднородно окрашен, палево-бурый с отдельными гумусовыми затеками, крупнокомковато-призмовидной структуры, уплотнен, мелкопористый, тяжелосуглинистый, единичные корни переход в горизонт В ₂ ясный, граница волнистая.
B _к	74-93	Иллювиально-карбонатный горизонт, начало его отмечается на глубине 40-80 см, буровато-палевого цвета, сильно уплотнен, тяжелосуглинистый, мелкопористый, призмовидной структуры с обильными выделениями карбонатов в виде белоглазки, переход в горизонт С постепенный, граница ровная
С	93 и глубже	Карбонатная материнская порода с выделениями гипса на глубине 100-150 см, рыхлее предыдущего и несколько влажнее.

Корреляционная матрица основных микроклиматических параметров чернозема обыкновенного

$*S_{\text{от ЛН}} / V_{\text{ветра}}$	$V_{\text{ветра}} / t_{\text{воздуха}}$	$t_{\text{воздуха}} / \varphi_{\text{воздуха}}$	$\varphi_{\text{воздуха}} / t_{\text{почвы}}$	$t_{\text{почвы}} / C$	C / Π	$\Pi / \varphi_{\text{почвы}}$
0,68	-0,73	-0,77	0,04	0,06	-0,92	-0,01
$S_{\text{от ЛН}} / t_{\text{воздуха}}$	$V_{\text{ветра}} / \varphi_{\text{воздуха}}$	$t_{\text{воздуха}} / t_{\text{почвы}}$	$\varphi_{\text{воздуха}} / C$	$t_{\text{почвы}} / \Pi$	$C / \varphi_{\text{почвы}}$	$S_{\text{от ЛН}} / \varphi_{\text{почвы}}$
-0,81	0,66	0,68	-0,03	-0,15	-0,01	-0,67
$S_{\text{от ЛН}} / \varphi_{\text{воздуха}}$	$V_{\text{ветра}} / t_{\text{почвы}}$	$t_{\text{воздуха}} / C$	$\varphi_{\text{воздуха}} / \Pi$	$t_{\text{почвы}} / \varphi_{\text{почвы}}$	$S_{\text{от ЛН}} / \Pi$	$V_{\text{ветра}} / \varphi_{\text{почвы}}$
-0,90	-0,32	-0,24	0,0	-0,14	0,84	0,00
$S_{\text{от ЛН}} / t_{\text{почвы}}$	$V_{\text{ветра}} / C$	$t_{\text{воздуха}} / \Pi$	$\varphi_{\text{воздуха}} / \varphi_{\text{почвы}}$	$S_{\text{от ЛН}} / C$	$V_{\text{ветра}} / \Pi$	$t_{\text{воздуха}} / \varphi_{\text{почвы}}$
0,83	0,19	0,10	0,21	-0,95	0,12	-0,45
	– положительная корреляционная связь					
	– отрицательная корреляционная связь					

* $S_{\text{от ЛН}}$ – Расстояние от лесных насаждений, Н;

$V_{\text{ветра}}$ – Скорость ветра, м/с;

$t_{\text{воздуха}}$ – Температура воздуха, С°;

$\varphi_{\text{воздуха}}$ – Влажность воздуха, %

$t_{\text{почвы}}$ – Температура почвы, С°;

C – Снегоотложение, см;

Π - Промерзание почвы, см;

Корреляционная матрица основных экологических параметров чернозема обыкновенного

$S_{от\ ЛН} / d_v$	d_v / d	$d / P_{общ}$	$P_{общ} / \varphi_{почвы}$	$P_{общ} / Y$	$\varphi_{почвы} / \Gamma$	Γ / H	H / Y	$S_{от\ ЛН} / Y$
0,85	0,92	-0,62	0,21	0,45	0,30	0,11	-0,25	-0,82
$S_{от\ ЛН} / d$	$d_v / P_{общ}$	$d / \varphi_{почвы}$	$P_{общ} / \Gamma$	$S_{от\ ЛН} / \varphi_{почвы}$	$\varphi_{почвы} / H$	Γ / Y	$S_{от\ ЛН} / H$	d_v / Y
0,71	-0,81	0,12	0,53	0,37	-0,36	0,46	0,12	-0,46
$S_{от\ ЛН} / P_{общ}$	$d_v / \varphi_{почвы}$	d / Γ	$P_{общ} / H$	d_v / Γ	$\varphi_{почвы} / Y$	$S_{от\ ЛН} / \Gamma$	d_v / H	d / Y
-0,67	-0,1	-0,78	-0,27	-0,90	0,62	-0,50	-0,37	-0,43
	– положительная корреляционная связь							
	– отрицательная корреляционная связь							

* $S_{от\ ЛН}$ – Расстояние от лесных насаждений, Н;

d_v – Плотность сложения почвы, г/см²;

d – твердость почвы, С^о;

Γ – Гранулометрический состав почвы, %

$\varphi_{почвы}$ – Влажность почв, %;

$P_{общ}$ – Порозность почвы, %;

Γ – Гумус почвы, %;

Y – Урожайность, т/га;

H – Нитрификационная способность почвы, см;

Корреляционная матрица основных микроклиматических параметров чернозема южного

$*S_{\text{от ЛН}} / V_{\text{ветра}}$	$V_{\text{ветра}} / t_{\text{воздуха}}$	$t_{\text{воздуха}} / \varphi_{\text{воздуха}}$	$\varphi_{\text{воздуха}} / t_{\text{почвы}}$	$t_{\text{почвы}} / C$	$C / П$	$П / \varphi_{\text{почвы}}$
0,41	-0,55	-0,63	0,10	0,09	-0,85	-0,01
$S_{\text{от ЛН}} / t_{\text{воздуха}}$	$V_{\text{ветра}} / \varphi_{\text{воздуха}}$	$t_{\text{воздуха}} / t_{\text{почвы}}$	$\varphi_{\text{воздуха}} / C$	$t_{\text{почвы}} / П$	$C / \varphi_{\text{почвы}}$	$S_{\text{от ЛН}} / \varphi_{\text{почвы}}$
-0,87	0,61	0,60	-0,12	-0,28	-0,10	-0,72
$S_{\text{от ЛН}} / \varphi_{\text{воздуха}}$	$V_{\text{ветра}} / t_{\text{почвы}}$	$t_{\text{воздуха}} / C$	$\varphi_{\text{воздуха}} / П$	$t_{\text{почвы}} / \varphi_{\text{почвы}}$	$S_{\text{от ЛН}} / П$	$V_{\text{ветра}} / \varphi_{\text{почвы}}$
-0,78	-0,42	-0,26	0,01	-0,15	-	0,01
$S_{\text{от ЛН}} / t_{\text{почвы}}$	$V_{\text{ветра}} / C$	$t_{\text{воздуха}} / П$	$\varphi_{\text{воздуха}} / \varphi_{\text{почвы}}$	$S_{\text{от ЛН}} / C$	$V_{\text{ветра}} / П$	$t_{\text{воздуха}} / \varphi_{\text{почвы}}$
0,80	0,06	0,06	0,42	-0,69	0,06	-0,55
	– положительная корреляционная связь					
	– отрицательная корреляционная связь					

* $S_{\text{от ЛН}}$ – Расстояние от лесных насаждений, Н;

$V_{\text{ветра}}$ – Скорость ветра, м/с;

$t_{\text{воздуха}}$ – Температура воздуха, С°;

$\varphi_{\text{воздуха}}$ – Влажность воздуха, %

$t_{\text{почвы}}$ – Температура почвы, С°;

C – Снегоотложение, см;

П - Промерзание почвы, см;

Корреляционная матрица основных экологических параметров чернозема южного

$S_{от\ ЛН} / d_v$	d_v / d	$d / P_{общ}$	$P_{общ} / \varphi_{почвы}$	$P_{общ} / Y$	$\varphi_{почвы} / \Gamma$	Γ / H	H / Y	$S_{от\ ЛН} / Y$
0,67	0,42	-0,60	0,14	0,37	0,01	0,34	-0,15	-0,90
$S_{от\ ЛН} / d$	$d_v / P_{общ}$	$d / \varphi_{почвы}$	$P_{общ} / \Gamma$	$S_{от\ ЛН} / \varphi_{почвы}$	$\varphi_{почвы} / H$	Γ / Y	$S_{от\ ЛН} / H$	d_v / Y
0,49	-0,92	0,10	0,63	0,41	-0,22	0,52	0,10	-0,87
$S_{от\ ЛН} / P_{общ}$	$d_v / \varphi_{почвы}$	d / Γ	$P_{общ} / H$	d_v / Γ	$\varphi_{почвы} / Y$	$S_{от\ ЛН} / \Gamma$	d_v / H	d / Y
-0,68	-0,25	-0,62	-0,33	-0,62	0,34	-0,39	-0,55	-0,28
	– положительная корреляционная связь							
	– отрицательная корреляционная связь							

* $S_{от\ ЛН}$ – Расстояние от лесных насаждений, Н;

d_v – Плотность сложения почвы, г/см²;

d – твердость почвы, С^о;

Γ – Гранулометрический состав почвы, %

$\varphi_{почвы}$ – Влажность почв, %;

$P_{общ}$ – Порозность почвы, %;

Γ – Гумус почвы, %;

Y – Урожайность, т/га;

H – Нитрификационная способность почвы, см;

Корреляционная матрица основных микроклиматических параметров каштановой почвы

$*S_{\text{от ЛН}} / V_{\text{ветра}}$	$V_{\text{ветра}} / t_{\text{воздуха}}$	$t_{\text{воздуха}} / \varphi_{\text{воздуха}}$	$\varphi_{\text{воздуха}} / t_{\text{почвы}}$	$t_{\text{почвы}} / C$	$C / П$	$П / \varphi_{\text{почвы}}$
0,43	-0,81	-0,47	0,12	0,07	-0,85	-0,12
$S_{\text{от ЛН}} / t_{\text{воздуха}}$	$V_{\text{ветра}} / \varphi_{\text{воздуха}}$	$t_{\text{воздуха}} / t_{\text{почвы}}$	$\varphi_{\text{воздуха}} / C$	$t_{\text{почвы}} / П$	$C / \varphi_{\text{почвы}}$	$S_{\text{от ЛН}} / \varphi_{\text{почвы}}$
-0,94	0,44	0,62	-0,02	-0,22	-0,02	-0,34
$S_{\text{от ЛН}} / \varphi_{\text{воздуха}}$	$V_{\text{ветра}} / t_{\text{почвы}}$	$t_{\text{воздуха}} / C$	$\varphi_{\text{воздуха}} / П$	$t_{\text{почвы}} / \varphi_{\text{почвы}}$	$S_{\text{от ЛН}} / П$	$V_{\text{ветра}} / \varphi_{\text{почвы}}$
-0,71	-0,06	-0,04	0,01	-0,27		0,12
$S_{\text{от ЛН}} / t_{\text{почвы}}$	$V_{\text{ветра}} / C$	$t_{\text{воздуха}} / П$	$\varphi_{\text{воздуха}} / \varphi_{\text{почвы}}$	$S_{\text{от ЛН}} / C$	$V_{\text{ветра}} / П$	$t_{\text{воздуха}} / \varphi_{\text{почвы}}$
0,47	0,60	0,04	0,34	-0,96	0,10	-0,34
	– положительная корреляционная связь					
	– отрицательная корреляционная связь					

* $S_{\text{от ЛН}}$ – Расстояние от лесных насаждений, Н;

$V_{\text{ветра}}$ – Скорость ветра, м/с;

$t_{\text{воздуха}}$ – Температура воздуха, С°;

$\varphi_{\text{воздуха}}$ – Влажность воздуха, %

$t_{\text{почвы}}$ – Температура почвы, С°;

C – Снегоотложение, см;

П - Промерзание почвы, см;

Корреляционная матрица основных экологических параметров каштановой почвы

$S_{от\ ЛН} / d_v$	d_v / d	$d / P_{общ}$	$P_{общ} / \varphi_{почвы}$	$P_{общ} / Y$	$\varphi_{почвы} / \Gamma$	Γ / H	H / Y	$S_{от\ ЛН} / Y$
0,63	0,74	-0,64	0,43	0,34	0,40	0,01	-0,45	-0,47
$S_{от\ ЛН} / d$	$d_v / P_{общ}$	$d / \varphi_{почвы}$	$P_{общ} / \Gamma$	$S_{от\ ЛН} / \varphi_{почвы}$	$\varphi_{почвы} / H$	Γ / Y	$S_{от\ ЛН} / H$	d_v / Y
0,55	-0,66	0,26	0,41	0,26	-0,61	0,74	0,03	-0,35
$S_{от\ ЛН} / P_{общ}$	$d_v / \varphi_{почвы}$	d / Γ	$P_{общ} / H$	d_v / Γ	$\varphi_{почвы} / Y$	$S_{от\ ЛН} / \Gamma$	d_v / H	d / Y
-0,92	-0,01	-0,83	-0,12	-0,87	0,46	-0,41	-0,23	-0,44
	– положительная корреляционная связь							
	– отрицательная корреляционная связь							

* $S_{от\ ЛН}$ – Расстояние от лесных насаждений, Н;

d_v – Плотность сложения почвы, г/см²;

d – твердость почвы, С^о;

Γ – Гранулометрический состав почвы, %

$\varphi_{почвы}$ – Влажность почв, %;

$P_{общ}$ – Порозность почвы, %;

Γ – Гумус почвы, %;

Y – Урожайность, т/га;

H – Нитрификационная способность почвы, см;