

На правах рукописи

АВТОНОМОВ Алексей Николаевич

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ
СОЗДАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЛЕСОСТЕПНОЙ
ЗОНЕ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ**

06.03.03 – Агролесомелиорация, защитное лесоразведение и озеленение населённых пунктов, лесные пожары и борьба с ними

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Саратов – 2022

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова»

Научный консультант: **Маштакوف Дмитрий Анатольевич**
доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Официальные оппоненты: **Манаенков Александр Сергеевич**,
доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», главный научный сотрудник

Сабиров Айрат Тагирзянович,
доктор биологических наук, профессор, института проблем экологии и недропользования ГНБУ «Академия наук Республики Татарстан», старший научный сотрудник

Михин Вячеслав Иванович,
доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Лесные культуры, селекция и лесомелиорация» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»

Защита состоится «___» _____ 2022 года в ___ часов на заседании диссертационного совета Д 220.061.08 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова по адресу: 410012, г. Саратов, ул. Советская, д. 60, ауд.325 им. А.В. Дружкина.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет и на сайте www.sgau.ru

Отзывы на автореферат просим высылать по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная пл., д.1, E-mail: dissovet01@sgau.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Татьяна Анатольевна
Панкова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. За всю историю защитного лесоразведения в России на сельскохозяйственных землях было посажено 5,2 млн. га защитных лесных насаждений (ЗЛН). К настоящему времени в силу различных причин их площадь уменьшилась до 2,74 млн. га, что в 3 раза меньше научно обоснованных норм облесения, из них около 1,4 млн. га, нуждаются в срочном лесохозяйственном уходе, улучшении их санитарного состояния и повышении агролесомелиоративной эффективности. Более 50 тыс. га не удовлетворяют необходимым требованиям по состоянию или по составу деревьев и кустарников и подлежат реконструкции, около 10 тыс. га старовозрастных насаждений нуждаются в рубках возобновления. Проблема создания высокоэффективных насаждений на склонах в условиях лесостепной зоны Приволжской возвышенности обусловлена отсутствием адаптированных технологий и слабой разработанностью агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений с учетом их устойчивости к экстремальным условиям среды. Использование ассортимента древесных и кустарниковых пород при создании защитных лесных насаждений без учета их биологических особенностей и требований к почвенно-климатическим условиям приводит к массовому усыханию посадок, особенно на солнечных экспозициях склона.

Успешность роста защитных лесных насаждений зависит от того, насколько полно удовлетворяются потребности древесных растений в основных факторах условий среды обитания. Сложные агроклиматические условия на склонах не позволяют успешно формировать полноценные насаждения с максимальным использованием их защитных функций, что снижает эффективность лесомелиоративных мероприятий. Поэтому разработка агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений, применяемой техники, ассортимента древесно-кустарниковой растительности с использованием испытанных и акклиматизированных растений в лесостепной зоне Приволжской возвышенности является актуальным и востребованным в современных условиях.

Степень разработанности темы. Результаты диссертационных исследований, фактические данные по исследованию роста и развития древесных растений, зонирование склонов по лесопригодности и совершенствование агротехники создания защитных лесных насаждений на них в лесостепной зоне Приволжской возвышенности, продолжают идеи и разработки Н.И. Суса (1949), А.С. Козменко (1954), Г.Н. Высоцкого (1962), Г.А. Черемисинова (1972), И.А. Кузника (1974), Г.П. Сурмача (1976, 1992), А.В. Соколова и Н.П.Розова (1976), Н.П. Калиниченко (1978, 1985), С.С. Соболева (1980), А.Х. Газизуллина (1993), Н.Ф. Ганжара (2001), П.Н. Проедова (2002, 2010, 2016), Е.П. Проценко (2005), Я.Н. Ишутина (2006), В.И. Михина (2006, 2011), В.Н. Анопина и Ю.В. Бондаренко (2007), К.Н. Кулика (2009, 2012), С.Н. Крючкова (2014), А.Т. Барабанова (2015), А.Т. Сабирова (2014, 2016), Д.А.

Маштакова (2015), В.В. Танюкевича (2018), А.С. Манаенкова (2018), В.М. Ивонина (2020), Н.Н. Дубенка (2020), А.С. Рулева (2020) и других ученых.

Цель исследования – повышение устойчивости и эффективности защитных лесных насаждений на склоновой территории путем совершенствования ассортимента древесно-кустарниковых растений и агротехники их создания в лесостепи Приволжской возвышенности.

Задачи исследований:

- разработать концепцию создания защитных лесных насаждений в лесостепной зоне Приволжской возвышенности;

- установить основные критерии, определяющие выбор агротехнических приемов при создании защитных лесных насаждений на склонах солнечных и теневых экспозиций;

- провести детализацию и уточнение границ почвенно-климатических районов;

- выявить особенности почвенно-климатических условий склонов разных экспозиций с выделением типов условий местопроизрастания для выбора агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений;

- изучить зависимость видового разнообразия, роста и состояния травянистой растительности от экспозиции и почвенно-климатических условий склонов;

- определить закономерности роста и развития древесных пород на склонах разных экспозиций и в разных типах условий местопроизрастания;

- усовершенствовать агротехнику создания защитных лесных насаждений на склонах разной крутизны и экспозиций с учетом взаимовлияния древесных и кустарниковых пород и их приуроченности к почвенным условиям склонов;

- оценить экономическую и энергетическую эффективность усовершенствованной агротехники создания защитных лесных насаждений.

Научная новизна исследований. Сформирована научная концепция выбора агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений, методология и структурная схема типов условий местопроизрастания склоновых земель. Усовершенствована основа выбора агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений по результатам дифференциации склонов разных экспозиций на основе исследования видового разнообразия травянистых растений и величины формирования наземной и подземной вегетативной массы растений. Модифицирована классификация типов условий местопроизрастания на склонах. Разработана математическая модель, позволяющая прогнозировать накопление вегетативной массы травянистых растений на разных высотных уровнях склона. На основе исследования хода роста древесных пород установлено соответствие их состава, структуры и роста в защитных лесных насаждениях типам условий местопроизрастания склонов и на их основе составлен ассортимент применяемых древесных и кустарниковых растений. На основе предложенной концепции, усовершенствованы агротехнические приемы создания защитных лесных насаждений на склонах, заключающиеся в применении настилов из растительных материалов по подготовленным площадкам и использовании разработанного лесопосадочного агрегата.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретические положения, методические подходы и результаты исследований использованы при разработке агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений на склонах. Усовершенствованная агротехника создания защитных лесных насаждений на склонах на основе разработанной концепции является вкладом в теорию агролесомелиорации и противоэрозионного земледелия.

Результаты математического моделирования роста и развития деревьев, накопления вегетативной массы надземных и подземных органов растений могут быть использованы при разработке технологических карт проектирования и выращивания защитных лесных насаждений. Теоретические разработки позволяют решать ряд научно-прикладных задач, связанных с повышением устойчивости, долговечности и защитной функции лесных насаждений, в установлении закономерности роста древесных пород в зависимости от почвенно-климатических условий склона в лесостепной зоне Приволжской возвышенности.

Практическая значимость работы обосновывается усовершенствованной агротехникой создания защитных лесных насаждений на склонах с использованием специальных настилов из растительных остатков. Научные разработки по восстановлению естественных склоновых земель использованы при разработке проектов районной планировки территории сельских поселений Чувашской Республики и Ульяновской области путем создания биоэкологического каркаса территории по гидрографическим и овражно-балочным сетям, что подтверждается актами внедрения. Материалы диссертации представлены в монографии «Защитные лесные насаждения в лесостепи Приволжской возвышенности» (Чебоксары, 2018).

Отдельные положения диссертации подтверждены патентами: Патент РФ на изобретение № RU 2340480 С1 «Устройство для сбора и прессования опавшей листвы», опубликован 10.12. 2008 г., Патент РФ на изобретение № RU 2389177 С1 «Комбинированный агрегат для облесения крутых задернованных склонов оврагов и балок», зарегистрирован 20.05. 2010 г., Патент РФ на изобретение № 2336679 С1 «Устройство для обрезки стержневого корня семянцев», опубликован 27.10.2008 г. Предложенные практические рекомендации по агротехнике создания защитных лесных насаждений позволили получить положительный экономический эффект.

Методология и методы исследования. Методологическую основу исследований в защитном лесоразведении на склонах составляет система методов, заимствованных из разных наук (лесоведение, агролесомелиорации, почвоведения, гидрологии, физики, химии, математики, геологии, географии, ГИС и др.), модифицированных и адаптированных в соответствии с поставленными целями и задачами. Прикладные и теоретические исследования выполнены с применением положений и методов классической лесной мелиорации и лесоводства, использованы стандартные и частные методики проведения экспериментов и методов их планирования. В исследованиях были использованы: системный подход анализа и синтеза; классификация; аналитическое моделирование и испытание (мелкоделяночные, лабораторные и

вегетационные почвенные опыты); методы: обобщение, интерполяция, наблюдение, сравнение, описание, картографический, ГИС, вариационная и математическая статистика (с применением пакетов прикладных программ Statistica, Microsoft Excel, Curve Expert).

Положения, выносимые на защиту:

- концептуальные основы создания защитных лесных насаждений в лесостепной зоне Приволжской возвышенности;
- критерии, определяющие выбор агротехнических приемов при размещении защитных лесных насаждений на склонах теневых и солнечных экспозиций;
- детализация и уточнение границ районов в лесостепной зоне Приволжской возвышенности по почвенно-климатическим условиям;
- учет типов условий местопроизрастания при выборе агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений на склонах;
- дифференциация склонов разных экспозиций для выбора агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений;
- исследования закономерности роста и развития древесных пород на склонах разных экспозиций и в разных типах условий местопроизрастания;
- агротехнические приемы создания защитных лесных насаждений и ассортимент древесно-кустарниковых пород на склонах разной крутизны и экспозиций;
- экономическая и энергетическая эффективность агротехники создания защитных лесных насаждений.

Степень достоверности и апробации результатов подтверждаются результатами статистического анализа с использованием современных программных средств. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, подкреплены убедительными фактическими данными, наглядно представленными в приведенных таблицах и рисунках.

Подготовка, статистический анализ и интерпретация полученных результатов проведены с использованием современных методов обработки информации и статистической обработки. Основные положения и материалы работы доложены на международных, всероссийских, региональных научно-практических конференциях: «Агроэкологические проблемы сельскохозяйственного производства» (Пенза, 2007), «Проблемы биоэкологии и пути их решения» (Саранск, 2008), «Изучение растительных ресурсов Волжско-Камского края» (Чебоксары, 2008), «Экологические проблемы промышленных городов» (Саратов, 2009), «Современные проблемы теории и практики лесного хозяйства» (Йошкар-Ола, 2009), «Эффективное природопользование на региональном, городском и муниципальных уровнях» (Чебоксары, 2011), «Современное общество: наука, техника, образование» (Нефтекамск, 2016).

Публикации: По материалам диссертационных исследований было опубликовано 35 научных работ, объемом 34,5 п. л., из них 12,9 п. л. – авторские, в том числе 7 статей в изданиях, рекомендованных ВАК России для публикации материалов докторских и кандидатских диссертаций, объемом 2,72 п. л., из них 2,2 п. л. – авторские, 1 монография, получены 3 патента.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 7 глав, заключения и рекомендаций. Работа изложена на 470 страницах машинописного текста, содержит 81 таблицу, 109 рисунков и 15 приложений. Список использованной литературы представлен 369 наименованиями, из них 65 на иностранных языках.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследований, методология и методы исследований, теоретическая и практическая значимость работы, основные положения, выносимые на защиту; указаны научная новизна, подтверждена достоверность полученных результатов и выводов.

В первой главе «Опыт создания защитных лесных насаждений на склоновых землях» проведен анализ литературных источников по рассматриваемой теме. Приведен анализ широко применяемых и научно-обоснованных агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений в различных почвенно-гидрологических и лесорастительных условиях. Особое внимание было направлено на предпосадочную подготовку почвы в условиях степи и лесостепи, где основная причина ухудшения качества защитных лесных насаждений и их гибель связана с конкуренцией со стороны сорной растительности и недостатком влаги в зоне расположения корневой системы растений. Проведен анализ применения агротехнических приемов на склонах, крутизной до 12° и 12°-35° с применением напашного и выемочно-насыпного террасирования. Проведенный анализ позволил обоснованно выбрать агротехнические приемы для создания защитных лесных насаждений на склонах в лесостепной зоне Приволжской возвышенности

Во второй главе «Концепция создания защитных лесных насаждений в лесостепной зоне Приволжской возвышенности» определены научные проблемы создания ЗЛН и на их основе предложена концепция создания защитных лесных насаждений в лесостепи Приволжской возвышенности. Основные научные проблемы создания защитных лесных насаждений:

1. Повышение устойчивости и долговечности защитных лесных насаждений с учетом комплекса экологических, биологических, технологических и агротехнических мероприятий, базирующихся на анализе агроэкологических условий места их произрастания;

2. Отсутствие адаптированных технологий создания защитных лесных насаждений на склонах полярных экспозиций в лесостепной зоне Приволжской возвышенности;

3. Слабая разработанность агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений с учетом их устойчивости к экстремальным условиям среды;

4. Использование ассортимента древесных и кустарниковых пород при создании защитных насаждений без учета их биологических особенностей и требований к почвенно-климатическим условиям.

Необходимость разработки концепции создания защитных лесных насаждений для лесостепи Приволжской возвышенности продиктована исследованиями естественных лесных массивов. Защитные лесные насаждения – это, прежде всего лесные полосы вдоль бровок балок или оврагов естественного, или искусственного происхождения для защиты склонов от размыва и повышения продуктивности прилегающих земель. Сами склоны оврагов и балок,

как правило, не облесённые, подвержены водной и ветровой эрозии, особенно склоны солнечной экспозиции.

«Концепция создания защитных лесных насаждений» в лесостепи Приволжской возвышенности раскрывает принципиальные подходы к созданию лесных насаждений на крутых и средней крутизны склонах и включает следующие положения:

1. Основными критериями при выборе агротехники создания защитных лесных насаждений являются экспозиция и крутизна склонов.

2. Рост и состояние древесных пород в защитных лесных насаждениях на склонах солнечных экспозиций зависит от влажности почвы и температуры поверхности почвы.

3. Типы условий места произрастания определяют видовой состав, структуру и форму защитных лесных насаждений на склонах

4. Смещение древесных и кустарниковых пород с учетом их взаимовлияния и приуроченности к почвенным условиям склоновых участков.

Критериями при выборе агротехники создания защитных лесных насаждений на склонах являются экспозиция, крутизна, гранулометрический состав почвы, ее влажность и температура поверхности склона. Ведущими критериями являются экспозиция и крутизна склона. Исследования крутых и средней крутизны склонов теневых и солнечных экспозиций позволили установить, что с увеличением крутизны склона ухудшаются водно-физические свойства почв, что является важным параметром при выборе агротехники создания защитных лесных насаждений. В сочетании с различными климатическими показателями гранулометрический состав во многом определяет естественную влажность почв на участках склона.

Важным условием успешности создания и выбора агротехники создания защитных лесных насаждений являются почвы. В лесостепи Приволжской возвышенности на склонах преобладающими являются серые лесные почвы, частично - дерново-подзолистые, а в южной части встречаются выщелоченные черноземы. В зависимости от литологической основы, почвы отличаются по механическому составу – от песчаных до глинистых. По степени увлажнения почвы отнесены к группам: 0 – очень сухие – присклоновые (участки солнечных экспозиций); 0–1 – сухие (срединные участки солнечных и присклоновые участки теневых экспозиций); 1 – суховатые (срединные участки теневых экспозиций); 1–2 – свежеватые (низовые участки солнечных экспозиций); 2 – свежие (низовые участки теневых экспозиций); 3 – влажные (низовые участки теневых экспозиций с конусом выноса); 4 – сырые (низовые участки солнечных и теневых экспозиций при придонном сбросе талых и дождевых вод и заболачивании в результате оползня или обвалов).

Основой для разработки агротехники создания защитных лесных насаждений являются исследования агроэкологических условий почв на склонах. Реакции корней растений в ответ на условия среды обитания определяют рост, развитие и устойчивость в целом растительного организма. Установлено, что тип корневой системы и характер ее развития на разных участках склона в значительной степени зависят от физических свойств почвы. Выявленная зависимость приуроченности травянистых растений по типам корневых систем к определённым участкам склона показывает отношение растений к изменяющимся факторам среды. В условиях склонового ландшафта, особенно на склонах солнечных экспозиций, возможность создания природных аналогов типов леса затруднена и ограничена ввиду постоянно меняющихся почвенно-

экологических условий под влиянием аккумулятивно-эрозионного процесса и агроклиматических условий. В концепции создания защитных лесных насаждений в лесостепи Приволжской возвышенности выделены следующие типы местоположения склоновых участков: периферический или низовой, обогащенный более крупным обломочным материалом; срединный, отличающийся более отчетливой слоистостью, связанный с неустойчивым режимом стока; присклоновый сложенный наиболее тонким наносным материалом.

На склоновых землях также выполняется закон единства организма и среды обитания. На склонах теневых экспозиций на глинистых почвах растут лесные насаждения, в основном, из Дуба черешчатого, Ели европейской с сопутствующими породами: Кленом остролистным, Липой мелколистной, Вязом шершавым, Вязом гладким, а в долинной части склонов – Ольхой серой, Ивой ломкой. Склоны солнечных экспозиций, как правило, пологие и заняты низкопродуктивными насаждениями из Сосны обыкновенной, Ели европейской, Дуба черешчатого, Липы мелколистной, Березы повислой, расположенных в основном в средней и нижней части склонов.

Верхние части склонов преимущественно лишены древесной растительности и покрыты травянистой растительностью. Состав и структура сформированных насаждений не являются результатом механического совмещения древесных и кустарниковых растений на склонах. Они сформировались в результате взаимного влияния и при соответствии условий произрастания требованиям именно этих видов растений. Основываясь на закономерности жизни защитных лесных насаждений на склонах теневых и солнечных экспозиций, сделан вывод, что их видовой состав и конфигурация определяется типами условия местопроизрастания.

В третьей главе «Программа, методика и объекты исследования» дается характеристика лесостепной части Приволжской возвышенности в пределах изученных участков, которая охватывает территории республик: Чувашии, Татарстана, Марий Эл и Мордовии, Ульяновской области. При изучении основных экологических факторов уделено внимание на специфику природных условий исследуемых регионов: природно-климатические, геолого-геоморфологические особенности развития современного рельефа исследуемого объекта. Исследования проводились на пробных площадях, размером до 0,5 га, закладываемых согласно ОСТ 56-69-83 «Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки». На каждой пробной площади закладывались от 5 до 10 почвенных разрезов для установления структуры почвы по генетическим горизонтам (В.В. Докучаев, 1899). Мощность лесной подстилки, гумусового горизонта определяли, как среднеарифметическое из 25 прикопок, из них формировали смешанные почвенные образцы по генетическим горизонтам (Л.Г. Богатырев, 1990). Запас лесной подстилки определяли по шаблону 0,1 м² у каждого почвенного разреза. На пробных площадках проводили геоботанические исследования, в древостоях изучали таксационные показатели, на луговых ценозах проводили исследования фитоценоза. Мера разнообразия травянистой растительности на склонах определяли по индексу Макинтоша (R.P. McIntosh, 1967). Для измерения разнообразия травянистой растительности разных участков склона рассчитывали коэффициенты сходства или индексы общности Жаккара (P. Jaccard, 1901) и Серенсена – Чекановского (Т.А. Sørensen, 1948). Анализ гранулометрического состава почв и грунтов проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 12536-2014 «Грунты. Методы

лабораторного определения гранулометрического и микроагрегатного состава». Отбор образцов почвы был осуществлен по ГОСТ 17.4.4.02.2017 с глубины 0–10 см, 10–20 см, 20–40 см. Гумус в почвах определяли по ГОСТ 26213-91 «Почвы. Методы определения органического вещества», основанный на окислении органического вещества бихроматом калия, экологические факторы склонов (температура, скорость ветра, склоновый сток) определялись в основном в соответствии с «СП 11-103-97 Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства».

Экспериментальные исследования проводились на крутых и средней крутизны склонах теневых и солнечных экспозиций в различных почвенно-климатических подрайонах лесостепи Приволжской возвышенности на территории Чувашской Республики, Республики Татарстан, Республики Марий Эл, и Ульяновской области (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Расположение объектов исследований

■ 1- Объекты исследований

Объект 1 Склоны солнечной экспозиции около д. Кочино Мариинско-Посадского района Чувашской Республики. Объект характеризуется холмистой поверхностью, сильно расчленённый долинами реки Большой Цивиль и других малых рек, а также овражной сетью. Пробные площади были заложены на солнечном склоне около д. Кочино Мариинско-Посадского района Чувашской Республики.

Объект 2– Склоны теневой и солнечной экспозиций в Мариинско-Посадском районе Чувашской Республики. Склоновые земли лишены древесной растительности, травяной покров представлен разнотравьем и характеризуется неравномерным проективным покрытием. Склон теневой экспозиции более пологий, перепад высот составляет 9 м, протяженность – 74,4 м., уклон – 32°. Склон солнечной экспозиции имеет протяженность 160 м.

Объект 3. Склон теневой экспозиции в окрестностях д. Анаткасси, Вурнарского подрайона Чувашской Республики. Напочвенный покров представлен многолетними травами. Склон однородный, прямой, теневой

экспозиции, протяженность 245 м с уклоном 42°. Почва темно-серая лесная тяжелосуглинистая.

Объект 4. Склоны теневой и солнечной экспозиции в окрестностях с. Вомбакасы Моргаушского района Чувашской Республики.

Объект 5. Козловский участок расположен на восточной окраине г. Козловка Козловского района Чувашской Республики. Опытный участок расположен на склоне теневой экспозиции. В присклоновом ТУМ склона созданы лесные насаждения из главной породы – дуба черешчатого – и сопутствующих пород: липы мелколистной и вяза шершавого. Протяженность склона – 430 м, крутизна – 35°

Объект 6. Склоны теневой и солнечной экспозиции в Мариинско-Посадском районе Чувашской Республики. Склоновые земли лишены древесной растительности, травяной покров представлен разнотравьем и характеризуется неравномерным проективным покрытием. Склон теневой экспозиции протяженностью – 74,4 м., крутизной – 32°. Склон солнечной экспозиции протяженностью 160 м, крутизной 34°.

Объект 7. Склоны солнечной и теневой экспозиций в Присурском подрайоне (Засурский склон теневой и солнечной экспозиции в Ядринском районе Чувашской Республики). Крутизна склона солнечной экспозиции – 29°, длина – 184 м, крутизна теневого склона – 43°, протяженность – 74 м. Склон в нижней части покрыт сплошной плотной дерниной.

Объект 8. Опытный участок на склоне солнечной экспозиции с координатами в районе деревни Сыреси Порецкого района Чувашской республики. Склон, протяженностью 128 м, крутизна склона – 30°. Склон покрыт многолетней травянистой растительностью.

Объект 9. Склон теневой экспозиции в районе д. Кашинка Цильнинского района Ульяновской области. Выпуклая пологая часть склона протяженностью 38 метров имеет крутизну 17°, участок водораздельного плато – до 30°. В присклоновом ТУМ склона созданы искусственные насаждения сосны обыкновенной. Почвы светло-серые лесные.

Объект 10. Массивные защитные лесные насаждения на территории Шемуршинского лесничества в районе с. Карабай Шемурша. Склон солнечной экспозиции, крутизной 32°, протяженность – 78 м. Тип условий местопрорастания (ТУМ) – Д₂.

Объект 11. Опытный участок на территории Вурнарского района Чувашской Республики, рядом с д. Анаткасы. На опытном участке проложена трансекта на склонах теневой и световой экспозиций. Крутизна солнечного склона – 25°. Теневой склон, крутизной 13°, протяженностью 110 м. На опытном участке расположены массивные насаждения из сосны обыкновенной, имеющие схему посадки 3x0,5 м. Средний возраст насаждений – 42 года.

Объект 12. Опытный участок рядом с д. Телешовка Цильнинского района Ульяновской области. На опытном участке расположены массивные насаждения сосны обыкновенной. Схема посадки 1.5x2.5 м. Склон протяженностью 283 метра, крутизной 35°. Почвы серые лесные.

Объект 13. Опытный участок на территории Присурского подрайона, в границах Моргаушского района Чувашской республики и Горномарийского района Республики Марий Эл. Опытные участки на склонах теневых и солнечных экспозициях. На опытных участках расположены массивные защитные насаждения из ели европейской. Схема посадки 2,5x0,7. Возраст насаждений – 44 года.

Объект 14. Опытный участок на склоне теневой экспозиции в западной части д. Лащ-Таяба Яльчикского района Чувашской Республики. На опытном участке расположены массивные насаждения из дуба черешчатого и липы мелколистной. Теневой склон с крутизной 20° , протяженностью 220 м. Возраст насаждения из дуба черешчатого – 38 лет.

Объект 15. Опытный участок рядом с д. Вомбакасы и Новое Чемеево Моргаушского района Чувашской Республики. На опытном участке расположены защитные лесные насаждения из липы мелколистной и дуба черешчатого, клена остролистного возраст- 45 лет. Схема смешения –Лп–Дб–Кл. Склон прямой, с крутизной 15° . Почва светло-серая.

Объект 16. Опытный участок расположен на склонах Опытного лесничества в Заовражной части г. Чебоксары. Крутизна склонов до первой террасы – 24° , протяженность – 64 м, вторая терраса – с крутизной 34° , протяженностью 45 м, третья – с крутизной 26° , протяженность – 82 м.

На склонах расположены массивные защитные насаждения из дуба черешчатого, клена остролистного, ясеня обыкновенного, вяза гладкого, вяза шершавого.

Объекты 18-19-20. Объекты расположены на территории Ильинского участкового лесничества КУ «Опытное лесничество» около д. Кадикасы Моргаушского района Чувашской Республики.

Объект 21. Опытный участок расположен на склонах Зеленодольского района Республики Татарстан (Приволжский подрайон) с координатами $55^{\circ} 43' 02''$ СШ $48^{\circ} 36' 38''$ на правом берегу р. Свияга, имеет солнечную экспозицию, крутизна 22° , протяженность 322 метра.

Экспериментальные данные обрабатывались математико-статистическими методами с использованием компьютерных программ «Excel 2003», «Statistica 10.0», для моделирования использовали программу CurveExpert 1.3.

В четвертой главе «Агроэкологическая оценка склонов лесостепи Приволжской возвышенности» рассматриваются результаты камеральной обработки карт растительных и почвенных карт, аэрокосмических материалов, проведенных полевых почвенных и ботанических исследований склонов. В процессе исследования склонов для систематизации полученных результатов проведена детализация физико-географических районов лесостепи Приволжской возвышенности с выделением и уточнением границ однотипных подрайонов лесостепи Приволжской возвышенности с учетом климатических, геологических, почвенных, лесорастительных, гидрографических особенностей и особенностей экзогенных процессов. В пределах исследованной территории лесостепи Приволжской возвышенности выделены пять подрайонов: Приволжский, Присурский, Центральный, Цивиль-Кубнинский и Кубня-Булинский (Рисунок 2).

Уточнение границ подрайонов в пределах физико-географических районов лесостепи Приволжской возвышенности произведено с целью планирования, проектирования и повышения эффективности создания защитных лесных насаждений на склонах и не противоречит известным в настоящее время районированиям территории лесостепи Приволжской возвышенности.

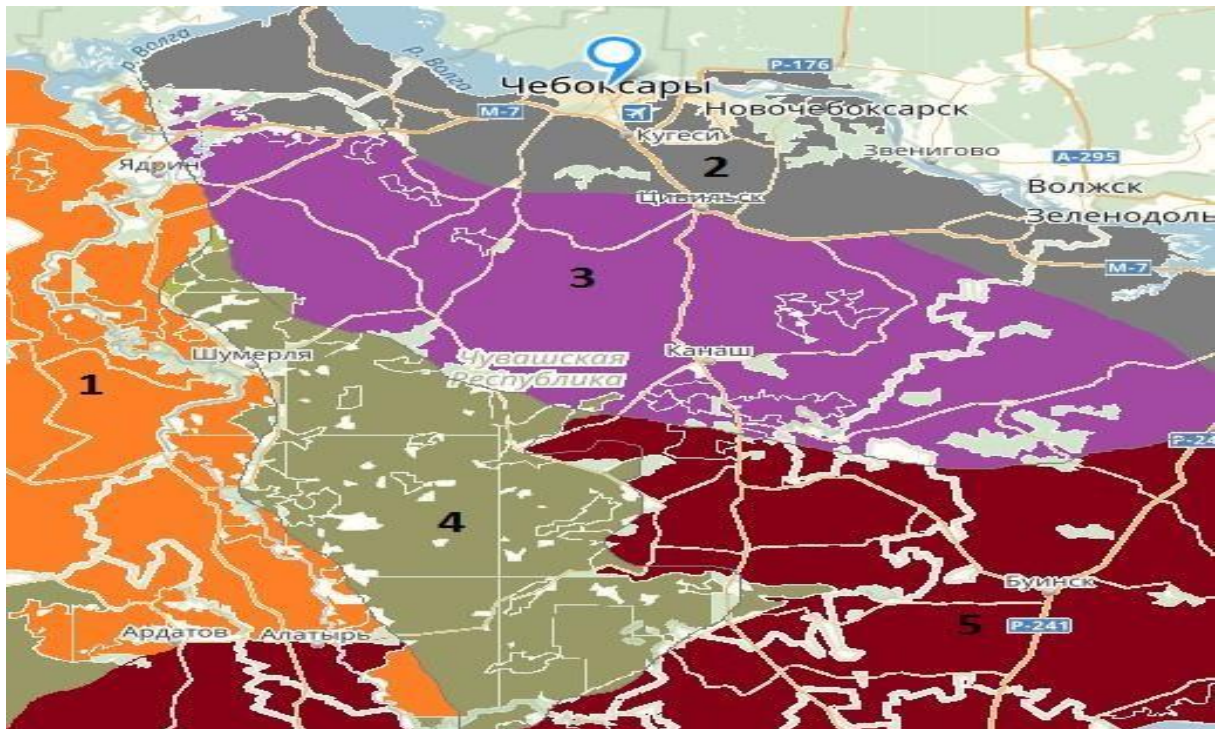


Рисунок 2- Исследованные территории лесостепи Приволжской возвышенности по подрайонам: 1-Присурский;2-Приволжский; 3-Центральный; 4-Цивиль-Кубнинский; 5-Кубня-Булинский

Проведенные почвенные исследования и изучение влияния экспозиции склонов на гидротермический режим почв на различной высоте склонов по почвенно-климатическим подрайонам позволили установить, что гранулометрический состав, влажность, пористость почвогрунтов по генетическим горизонтам зависят от экспозиции и крутизны склона, что, безусловно подтверждает необходимость учета этих факторов при выборе агротехнических приемов создания ЗЛН.

Преобладающим типом почв на объектах исследований в лесостепи Приволжской возвышенности являются серые лесные почвы. Они представлены светло-серыми, серыми, темно-серыми и коричнево-серыми разновидностями, имеют глинистую и тяжелосуглинистую основу. На северо-западе и северо-востоке господствуют серые лесные почвы, а в междуречье Большого и Малого Цивилей – темно-серые лесные почвы. Темно-серые лесные почвы распространены преимущественно в нижних частях склонов. Светло-серые лесные почвы распространены только на водораздельных плато. На юго-востоке и востоке исследованных территорий некоторое распространение имеют слабоподзолистые почвы. В долинах Большого и Малого Цивилей, Кубни, Свяги и других рек распространены аллювиальные (пойменные) почвы. Сравнение морфологической структуры почв на склонах с показателями характерных особенностей светло-серых лесных почв указывает на отсутствие четких границ между почвенными горизонтами и наличие признаков оподзоленности. На ровных участках в основном встречаются светло-серые почвы, на пониженных – темно-серые.

В нижней части склона солнечной экспозиции мощность аккумулятивной зоны составляет в среднем 52 см, в микропонижениях —32-38 см, а местами всего 15-17см, что подтверждает процессы неоднородного выветривания

склоновых земель. Аккумулятивная зона склона теневой экспозиции в сумме составляет от 18 до 28 см, постепенно переходит в цокольную террасу, где мощность зоны начинает варьировать от 12-17 см до 28 см. Результаты описания мощности профилей позволили установить неравномерность гумусово-элювиальной и элювиальной зон на склоне и их зависимость от крутизны и экспозиции склона.

Гумусовый горизонт темно-серых лесных почв на склонах крутизной 20° представлен комковато-зернистой структурой. Доля агрегатов от 0,25 до 10,0 мм составляет 89,0–94,4 %. Серые и светло-серые почвы на склонах характеризуются хорошей оструктуренностью на глубине до 25 см, а темно-серые почвы, представленные на склонах северных экспозиций, – до 30 см. Почвенные агрегаты более 10 мм в основном встречаются в иллювиальных зонах почвы. Содержание гумуса в почве изменяется не только по горизонтам почвы, но и по расположению и протяженности склонов, имея максимальную величину гумуса 3,4 % в долинной части склонов, тогда как в средней части склонов - 2,3 %, в присклоново-верхней части 1,8 %.

В структурной почве создаются оптимальные условия водного, воздушного и теплового режимов, что в свою очередь определяет рост и развитие растений на склонах.

Неоднородность содержания гумуса и плотности сложения почвы по горизонтам объясняется неравномерностью наноса минеральных частиц почвы в процессе смыва и выветривания в микропонижения по рельефу и долинную часть склона. Значения коэффициента дифференциации гумуса почвы (Q) показывает закономерности изменения гумуса по зонам почвенного профиля. Сравнение значений коэффициента дифференциации гумуса на разных участках склона показывает их неоднородность (Таблица 1, 2).

Таблица 1 - Коэффициенты дифференциации гумуса в темно-серых лесных слабосмытых глинистых почв на делювиальных глинах (склон солнечной экспозиции)

Горизонт	Мощность горизонта, см	Гумус, %	Плотность сложения, г/см ³	Q-коэффициент	Мощность горизонта, см	Гумус, %	Плотность сложения, г/см ³	Q-коэффициент
Долина склона				Контроль				
A _п	24	3,3	1,25	0,75 0,82 0,85 0,62 0,56 0,59	24	3,5	1,35	0,54 0,85 0,93 0,59 0,63 0,71
A ₁	18	2,3	1,35		21	1,7	1,5	
AB	28	1,7	1,5		28	1,4	1,55	
B ₁	28	1,4	1,55		20	1,3	1,55	
B ₂	29	0,9	1,5		35	0,8	1,5	
BC	73	0,5	1,5		64	0,5	1,5	
C	33	0,3	1,49		42	0,36	1,47	

Из сопоставления данных физических свойств склоновых почв видно, что аккумулятивный горизонт везде имеет значительные величины скажностей: общей 68–72 % (от объема почвы), капиллярной 51–57 % и некапиллярной 14–17 % в верхней части, а в нижней соответственно 31–32 %, 28–30 %, 2–10 %.

Таблица 2- Коэффициенты дифференциации гумуса в светло-серых среднесуглинистых лесных почвах на делювиальных глинах (склон теневой экспозиции)

Горизонт	Мощность горизонта, см	Гумус, %	Плотность сложения, г/см ³	Q-коэффициент	Мощность горизонта, см	Гумус, %	Плотность сложения, г/см ³	Q-коэффициент
	Верхняя часть				Срединная часть склона			
A _n	27	1,8	1,23	0,89 0,97 0,91 0,80 0,88 0,86	28	2,5	1,25	0,91 0,74 1,03 1,00 0,55 0,866
A ₁	6	1,5	1,32		15	2,1	1,35	
B	31	1,2	1,6		29	1,4	1,5	
B ₁	28	1,1	1,58		16	1,4	1,55	
B ₂	37	0,9	1,55		37	1,4	1,55	
BC	38	0,8	1,54		34	0,8	1,5	
C	26	0,7	1,51		27	0,7	1,48	

Сравнительная характеристика почвенно-грунтовых условий склонов, гидротермических особенностей от экспозиции и крутизны склонов разного почвенно-климатического района позволила выделить типы условий местопроизрастания склонов, что важно при выборе агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений.

Для разработки агротехнических приемов создания ЗЛН выделены следующие типы условий местопроизрастания склоновых участков: периферический или низовой, обогащенный более крупным обломочным материалом; срединный, отличающийся более отчетливой слоистостью, связанный с неустойчивым режимом стока, и присклоновый или верхний, сложенный наиболее тонким наносным материалом (Таблица 3).

Таблица 3 - Классификация типов условий местопроизрастания (ТУМ) на склонах

Степень влажности	Склоны теневых экспозиций	Склоны солнечных экспозиций
	Крутизна 8-35°	
0-очень сухие	Присклоновый ТУМ	Присклоновый и часть срединного ТУМ
0-1-сухие	Выпуклые участки срединных ТУМ	Срединные ТУМ
1-суховатые	Срединный	Вогнутые участки срединных ТУМ
1-2-свежеватые	Вогнутые участки срединных ТУМ	Выпуклые участки срединных ТУМ
2-свежие	Низовые выпуклые	Вогнутые участки срединных ТУМ
3-влажные	Низовые ТУМ с уровнем грунтовых вод до 0,5 м	Низовые выпуклые
4-сырые	Низовые с уровнем грунтовых вод выше 0,5 м.	Низовые ТУМ с уровнем грунтовых вод до 0,5 м
5-мокрые	Низовые-заболоченные	Низовые с уровнем грунтовых вод выше 0,5 м.

В результате полевых исследований соответствия видового состава и структуры растительности условиям склонов, определено видовое разнообразие травянистой растительности на склонах разной экспозиции и крутизны, проведена оценка зависимости массы травянистой растительности от экспозиции

и типов условий местопроизрастания (ТУМ). Определён опадно-подстилочный коэффициент (ОПК) травянистой растительности на разных уровнях и экспозиции склона и приведены результаты исследований влияния экспозиции и крутизны склона на типы корневых систем травянистых растений. Условия местообитания дифференцированы по видам растений: высокая встречаемость у трех видов растений: Тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* E.Mey) (100%), Осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.) (51%), Тмин обыкновенный (*Carum carvi* L.) (46%). Ниже (25 %) встречаемость таких видов, как Зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.), Земляника лесная (*Fragaria vesca* L.), Лапчатка гусиная (*Potentilla anserina* L.), Люцерна посевная (*Medicago sativa* L.), Подорожник промежуточный (*Plantago intermedia* DC.), Черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris* L.) и др. В срединном ТУМ склона солнечной экспозиции высокая встречаемость у Тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* E.Mey) и Мелколепестника канадского (*Erfgeron canadensis* L.). Необходимо отметить, что на склонах солнечных экспозиций встречаются виды, приуроченные к сухим местам обитания: Очиток едкий (*Sedum acre* L.), Полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.), Мелколепестник канадский (*Erfgeron canadensis* L.). Низовой ТУМ склона солнечной экспозиции характеризуется более благоприятными экологическими условиями. Из выявленных видов часто встречаются Тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* E.Mey), Клевер средний (*Trifolium medium* L.), Тмин обыкновенный (*Carum carvi* L.), Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* L.) (встречаемость более 50%). Сравнение видов на трех уровнях склона солнечной экспозиции позволило выявить коэффициенты общности (коэффициент Жаккара), определяемый по формуле:

$$K_j = \frac{2 \cdot c}{(a + b - c)}, \quad (1)$$

где a – количество видов на первой пробной площадке, b – количество видов на второй пробной площадке, c – количество видов, общих для 1-й и 2-й площадок.

Для исследования сходства видов определялся коэффициент Сьеренского и Чекановского по формуле:

$$K_j = \frac{2 \cdot c}{(a + b - c)}, \quad (2)$$

где a – число видов в первом фитоценозе, b – число видов во втором фитоценозе, c – общее число видов. Коэффициент общности K_S и сходства K_j в присклоновом и срединном ТУМ составили: $K_S = 0,39$, $K_j = 0,56$. В срединном и низовом ТУМ $K_S = 0,50$, $K_j = 0,33$. В присклоновом и низовом ТУМ склона солнечной экспозиции коэффициенты общности и сходства составили $K_S = 0,47$, $K_j = 0,30$.

Видовое разнообразие растительности на склонах в значительной степени зависит от почвенно-растительных условий, формируемых на разных участках склона. Мера разнообразия Макинтоша (1967) позволяет рассматривать сообщество растений как точку в S -мерном гиперпространстве с координатами (n_1, n_2, \dots, n_s). Тогда евклидово расстояние такого сообщества от начала координат используется как мера его разнообразия по нижеприведенной формуле:

$$D = \frac{N - U}{N - \sqrt{N}}, \quad (3)$$

где, D – мера разнообразия, N-общее число видов, U – индекс Макинтоша.

Значения встречаемости, общности видов и видового разнообразия зависят от экспозиции и крутизны склонов. Отличия значений полученных коэффициентов подтверждают неоднородность растительных сообществ на разных участках и различия почвенно-грунтовых условий склонов (Таблица 4).

Таблица 4-Встречаемость, общность видов и видовое разнообразие растений на склонах полярных экспозиции и крутизны

ТУМ	Экспозиции склона					
	Солнечная		Теневая		Теневая	
	K _s		K _j		D	
Присклоновый	0,23	0,24	0,36	0,28	0,73	0,75
Срединный, крутизна 8-15°	0,69	0,52	0,8	0,74	0,52	0,56
Срединный, крутизна 15-25°	0,55	0,58	0,7	0,66	0,49	0,54
Срединный, крутизна 25-35°	0,4	0,43	0,57	0,59	0,44	0,49
Низовой	0,21	0,25	0,43	0,47	0,42	0,43

Доминантами на разных участках склона выступают такие виды, как Земляника лесная (*Fragaria vesca* L.), Бедренец камнеломковый (*Pimpinella saxifraga* L.), Лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.), Репешок обыкновенный (*Agrimonia eupatoria* L.), Тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* E.Mey). Регрессионно-корреляционный анализ позволил установить, что на 95 % видовое разнообразие травянистой растительности зависит от расстояния вниз по склону (X).

Разнообразие травянистой растительности на склонах формирует в почве густую сеть многочисленных корней, которые в основном расположены в верхней части почвы и способствуют повышению устойчивости склонов к водной эрозии. Результаты исследований показали, что основная масса корней многолетних трав на склонах располагается в почвенных горизонтах, глубиной от 10 до 30 см. В горизонте почвы (0–10 см) содержится от 12 до 17 % корней многолетних растений независимо от места расположения растения по склону (Таблица 5).

Таблица 5- Масса сухих корней трав на склонах солнечной экспозиции

Глубина почв, см	Масса сухих корней (т/га)							
	Протяженность склона, м							
	12	24	36	48	60	72	84	Среднее значение
Светло-серая лесная почва на тяжелых суглинках								
0-10	1,22	1,60	1,70	0,97	1,13	1,34	1,03	1,28
10-20	2,02	3,56	3,73	1,85	2,98	3,09	2,64	2,84
20-30	3,52	4,18	4,29	2,93	3,04	3,48	3,40	3,50
Всего	6,76	9,34	9,72	5,75	7,15	7,91	7,07	7,62
Темно-серая лесная почва на тяжелых суглинках								
0-10	1,86	2,30	2,45	1,64	1,87	2,04	1,86	2,00
10-20	3,05	4,06	4,57	2,36	3,48	3,74	3,50	3,54
20-30	3,24	4,75	4,79	2,94	4,09	4,27	3,78	3,98
Всего	8,15	11,11	11,81	6,94	9,44	10,05	9,14	9,52

В результате проведенных исследований установлена зависимость изменения массы корневой системы трав от высотного положения на склоне теневой экспозиции (Рисунок 3).

Квадратное уравнение описывает зависимость увеличения массы корневой системы по мере снижения высотной отметки склона. Значение $R^2 = 0,98$ свидетельствует о высоком совпадении кривой с данными, полученными в процессе эксперимента. Накопление корневой массы на разных участках склона свидетельствует о дифференциации участков склонов по условиям местопроизрастания и их приуроченность к определённым участкам склона.

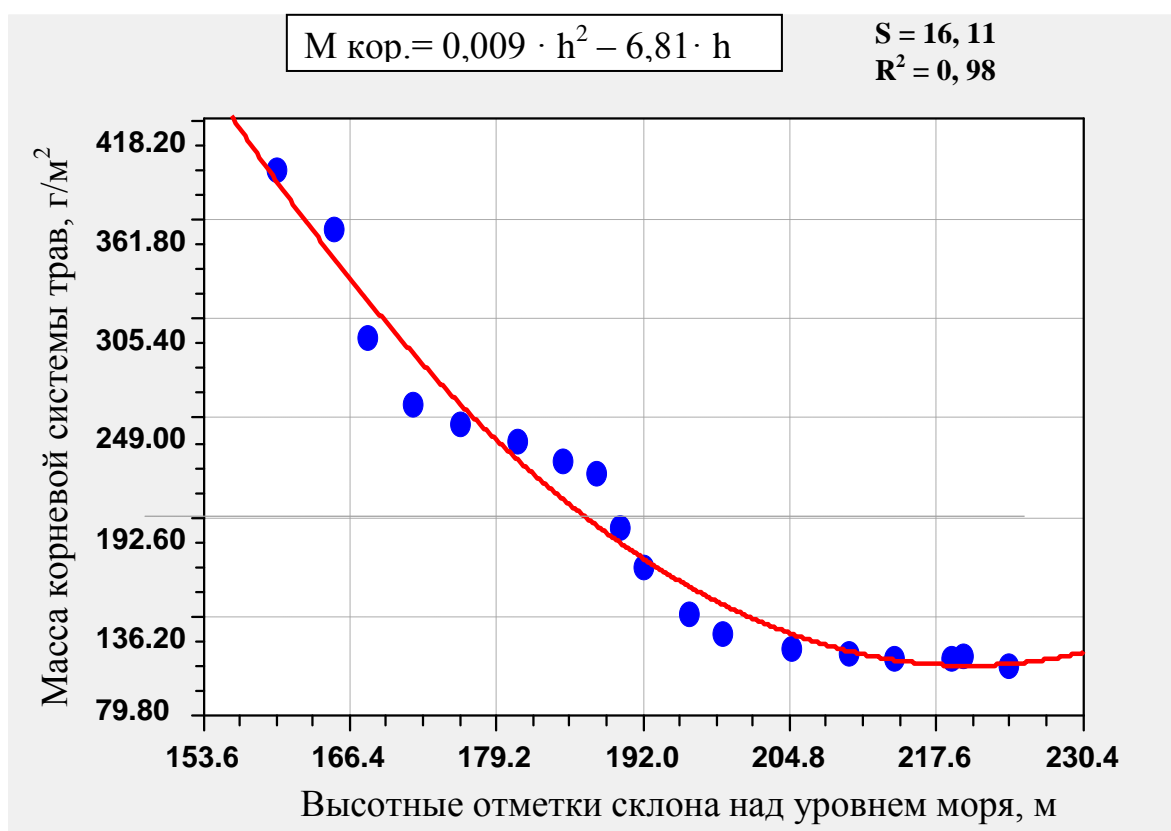


Рисунок 3 – Зависимость массы корневой системы трав от высотного положения на склоне теневой экспозиции

Одним из показателей, характеризующих оптимальные условия для роста и развития растений на склонах, является продуктивность травянистых растений. На склонах теневых экспозиций общая масса трав в 1,2 раза больше, чем на склонах солнечных экспозиции. По всем пробным площадкам четко прослеживается зависимость массы травы от высоты и протяженности склона. Чем ниже пробная площадь по склону, тем масса травы больше по сравнению с верхними участками, что подтверждает более благоприятные агроэкологические условия для роста растений. Исследования показали, что на всех изученных участках в зависимости от высотного положения формируется особый тип подстилки. Для характеристики процессов трансформации подстилки используется показатель опадно-подстилочного коэффициента (ОПК), который определяется отношением массы подстилки к величине наземного опада и является показателем работы растительного вещества по устойчивому функционированию экосистемы.

На склонах теневых экспозиций общая масса подстилки и опада травы в 1,2 раза больше, чем на склонах солнечных экспозиции (Рисунок 4 и 5).

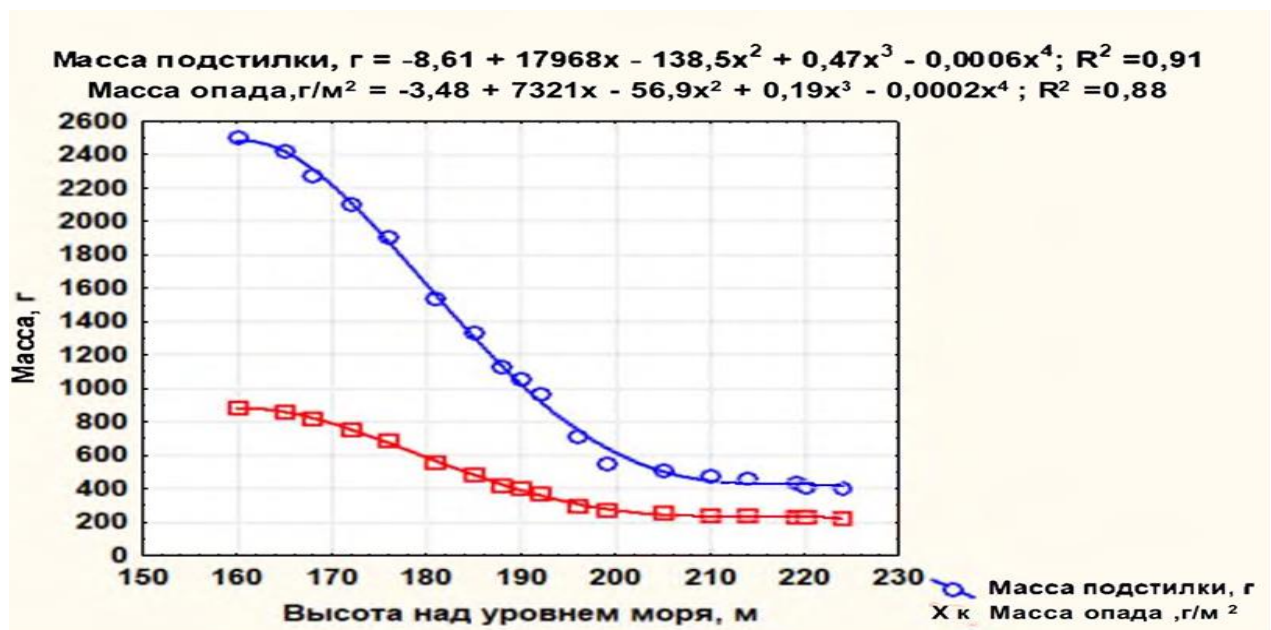


Рисунок 4 – Зависимости массы подстилки и естественного опада от высоты, крутизны и экспозиции склона (теневая экспозиция склона, крутизна 18° Центральный подрайон)

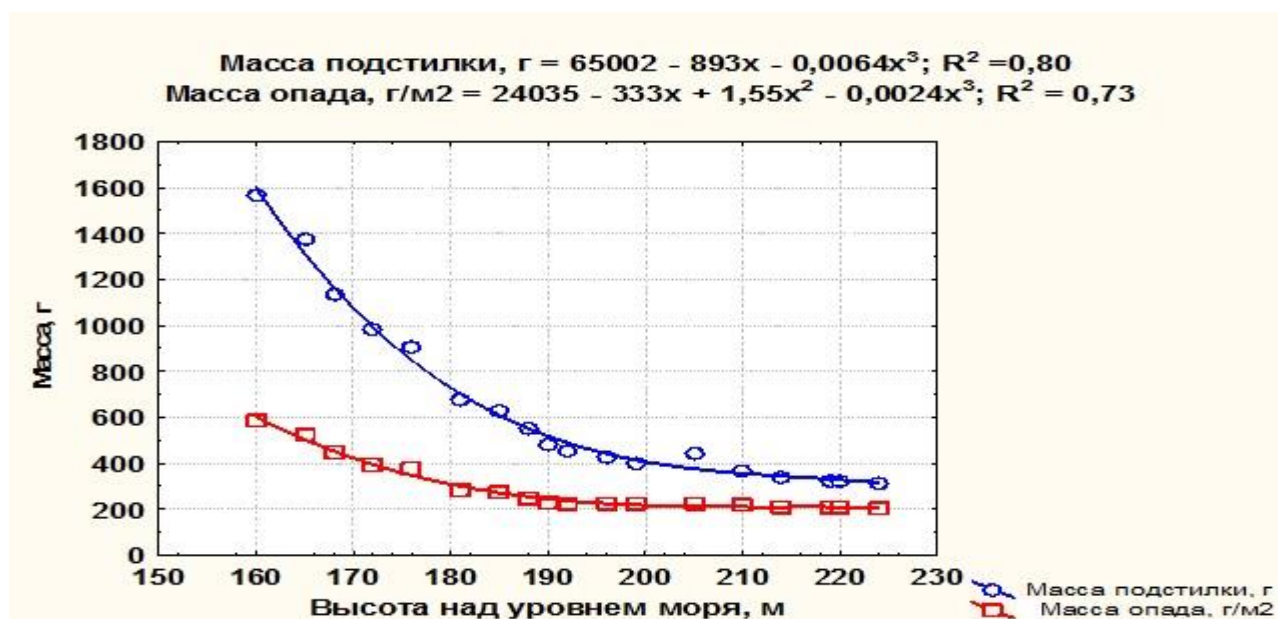


Рисунок 5 – Зависимости массы подстилки и естественного опада от высоты, крутизны и экспозиции склона (солнечная экспозиция склона, крутизна 27° Кубня-Булинский подрайон)

По всем пробным площадкам четко прослеживается зависимость массы подстилки и опада травы от расстояния по склону. В условиях лесостепи Приволжской возвышенности запасы подстилки от 0,98 до 2,5 т/га сосредоточены в основном на склонах теневых экспозиций и в нижней и срединной части склонов солнечной экспозиции. Чем ниже пробная площадь по склону, тем масса травы больше по сравнению с верхними участками, что подтверждает более благоприятные условия произрастания растений. Величина опадно-подстилочного коэффициента (ОПК) для теневых склонов, крутизной от

15 до 35° составляет от 1,8 в верхней части склона, до 2,9 в нижней части склона).

Наименьшие значения получены для склонов солнечных экспозиций, где коэффициент составляет в среднем от 1,2 в верхней части и до 2,6 в нижней части склона. Результаты подтверждаются данными дисперсионного анализа ($F_{\text{факт.}}=17,29 > F_{0,5\text{теор.}}=1,83$). Установлена зависимость запасов подстилки и естественного опада от экспозиции и крутизны склона, которая соответствует уравнению третьей степени, коэффициенты детерминации подтверждают тесную связь этих показателей. Особенности формирования корневой части растений в экстремальных условиях склонов позволяет сделать вывод, что корневая система растений на склонах в разных условиях их обитания требуют специального и более тщательного изучения с точки зрения проявления их адаптивных реакций в стрессовых ситуациях.

На рисунке 6 и 7 представлена зависимость ОПК от высотного положения склоновой поверхности. Сравнение фактических величин массы подстилки на нижних отметках солнечного и теневого склонов показывает, что значение ОПК на площадках склона солнечной экспозиции занимает всего 41 % от массы ОПК теневого склона.

Коэффициенты детерминации позволяют утвердить, что на 87 % и 96% значения ОПК растительности зависят от высоты и экспозиции склоновой поверхности.

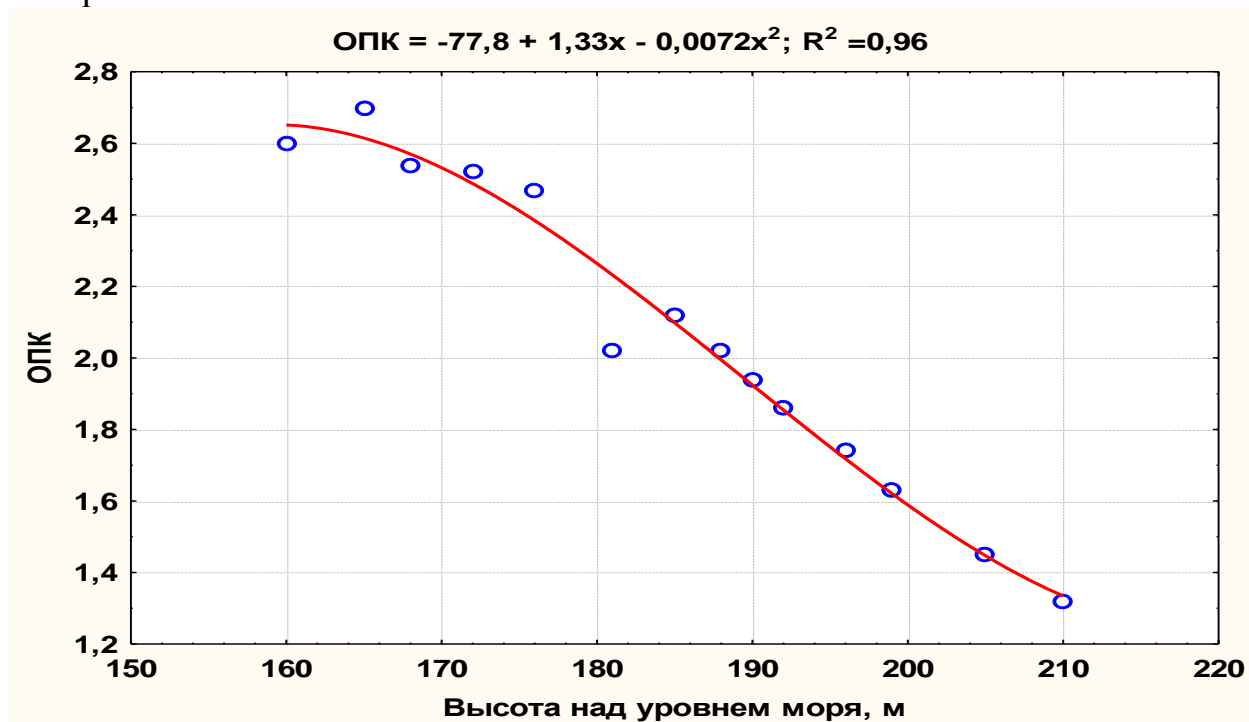


Рисунок 6 – Зависимость изменения ОПК от высотного положения растений на склоне солнечной экспозиции

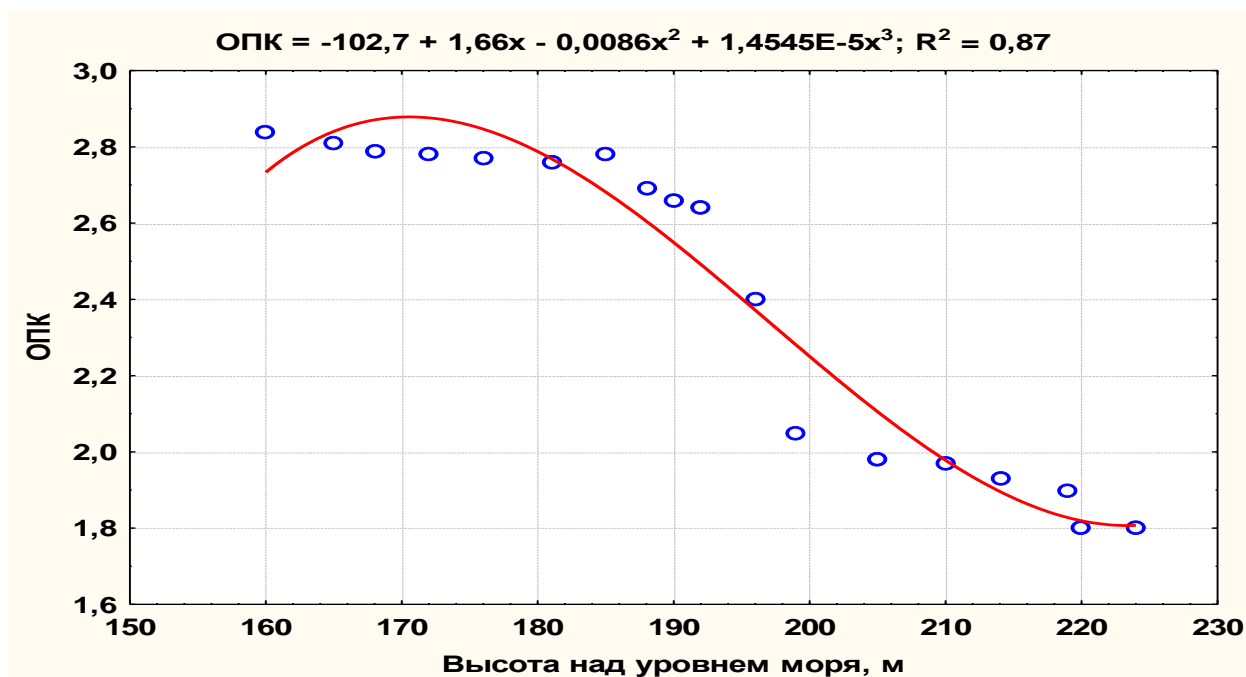


Рисунок 7 – Зависимость изменения ОПК от высотного положения растений на склоне теневой экспозиции

По строению корневой системы и характеру роста на склонах встречаются стержнекорневые, кистеконовые, корневищные, корнеотпрысковые, ползучие и мочковатокорневые одно и многолетние растения (Таблица 6). Изменения температурного режима и влажности в течение года определяют характер размещения растений с разными типами корневой системы на склонах теневой экспозиции (Таблица 7).

Таблица 6 – Распространенность растений по склонам разных экспозиций

Тип корневой системы	% от общего числа изученных растений по разным экспозициям склона	
	Теневой	Солнечный
Стержнекорневой	39,4±2,4	60,0±3,2
Корневищный	14,8±3,2	16,4±2,7
Кистеконовой	-	5,6±3,5
Ползучий	45,3±1,8	18,0±2,3
Корнеотпрысковый	0,5±0,8	-

Таблица 7 – Приуроченность растений по типам корневых систем к разным участкам склонов теневой экспозиции

Тип корневой системы	% от общего числа изученных растений по ТУМ		
	низовой	срединный	присклоновый
Стержнекорневой	39,8±2,6	48,3±2,5	60,0±3,3
Корневищный	15,3±3,1	17,2±3,7	14,0±4,2
Ползучий	42,3±3,4	34,2±2,3	26,0± 2,4
Корнеотпрысковый	2,6±1,1	0,3±0,4	-

На теневых склонах, особенно в низовом ТУМ, наиболее распространены растения с ползучими побегами и корневищами, и доля их участия по мере приближения к вершине склона уменьшается с 42 % до 26 % для ползучих растений и с 15 % до 14 %- для корневищных растений. В срединном ТУМ склона преобладают стержнекорневые растения, при этом доля их участия увеличивается с нижней части к вершине склона от 40 до 60 % (Таблица 7). Проведенные исследования распространенности травянистых растений по разным экспозициям склонов и высотным положениям склонов позволили определить ассортимент применяемых древесно-кустарниковых растений на склонах при создании защитных лесных насаждений и применить оптимальные агротехнические приемы.

В пятой главе «Рост древесных пород в защитных лесных насаждениях на склонах лесостепи Приволжской возвышенности» представлены данные анализа линейного и радиального роста главных древесных пород (Сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), Ели европейской (*Picea abies* L.) и Дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в существующих защитных лесных насаждениях.

Рост и состояние древесных пород в защитных лесных насаждениях на склонах, особенно солнечных экспозиций, зависит от плодородия, влажности и температуры поверхности почвы. Дифференциацию участков склона по условиям среды проводили по результатам исследования роста древесных пород в составе защитных лесных насаждений по модельным деревьям.

На рисунках 8 и 9 показано изменение высоты и диаметра сосны обыкновенной с возрастом в разной части склона солнечной экспозиции. Наблюдается явное отставание роста по высоте и диаметру сосны на верхних участках склона. Достоверность исследований подтверждается результатами математической обработки полученных результатов, коэффициент детерминации $R^2 = 0,99$ в верхней, средней и нижней частях склона. Квадратичная и полиномиальная функция математической модели зависимости роста по высоте и диаметру на разных участках склона позволяет констатировать адекватность полученных моделей, так как они отличаются только коэффициентами, меняющимися в зависимости от условий места произрастания деревьев.

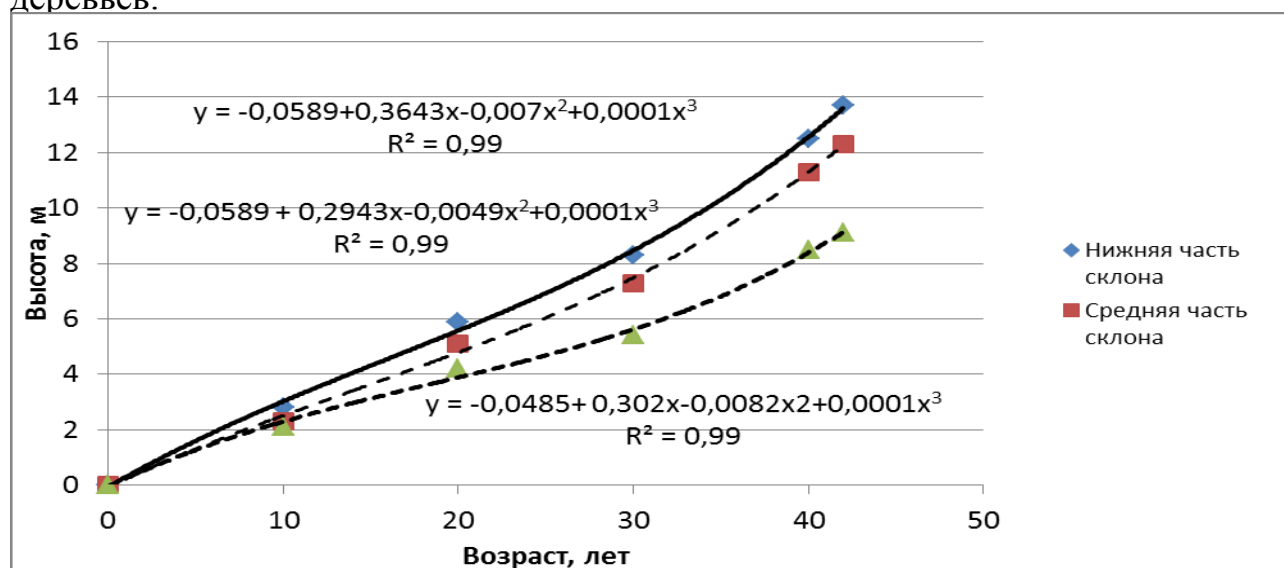


Рисунок 8 – Ход роста сосны обыкновенной по высоте на склонах солнечной экспозиции

Особенностью роста Сосны обыкновенной является высокая устойчивость к разным почвенным условиям участков склонов, о чем свидетельствует успешное ее произрастание, хотя и со значительным отставанием в росте на всех участках склонов. Не отличаясь высокими требованиями к почвенно-грунтовым условиям склонов, сосна, тем не менее, имеет продуктивность на верхних участках склонов значительно ниже, чем в средней и нижней части склонов.

Ель европейская в составе защитных лесных насаждений растет значительно хуже сосны обыкновенной. Сравнительный анализ роста модельных деревьев на разных участках склона показывает, что в верхней части ель растет значительно медленнее по сравнению с деревьями в средней и нижней части склона. Интенсивный рост ели в нижней части склона связан с наиболее благоприятными почвенными и гидротермическими условиями.

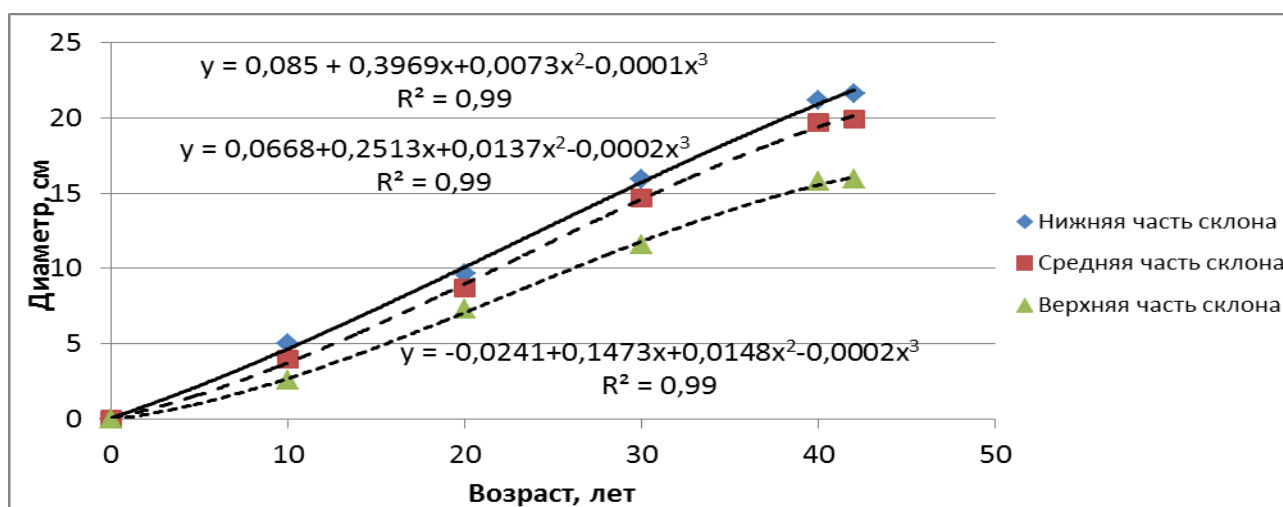


Рисунок 9 – Ход роста сосны обыкновенной по диаметру на склонах солнечной экспозиции по типам условий местопроизрастания (ТУМ)

На рисунках 10,11 приведены графики хода роста Ели европейской по высоте и диаметру, произрастающей в разных частях склона.

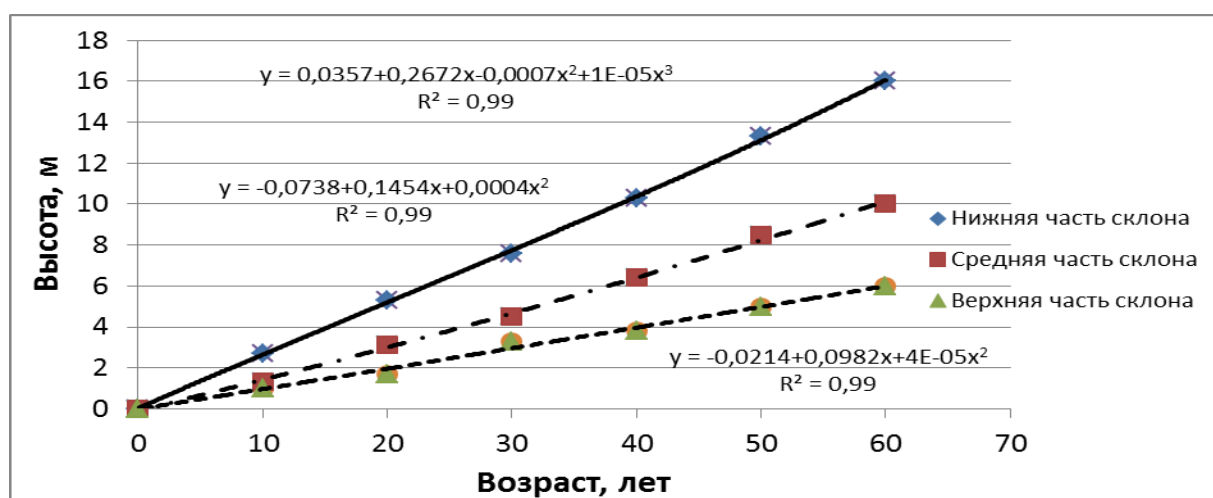


Рисунок 10 – Ход роста ели обыкновенной по высоте в разной части склона солнечной экспозиции

Рост ели по высоте в нижней и средней частях склона превышает рост в присклоновой части в 2,6 и 1,6 раза и связан с лучшими почвенными условиями и обеспеченностью влагой деревьев. Коэффициенты детерминации $R^2=0,99$ показывают высокую связь между изучаемыми признаками.

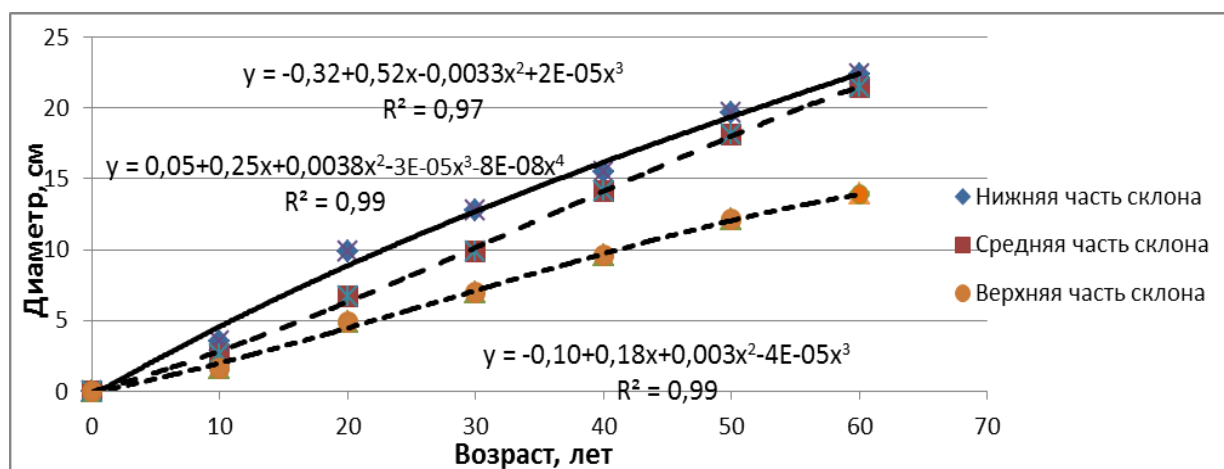


Рисунок 11 – Ход роста ели обыкновенной по диаметру в разной части склона солнечной экспозиции

На рисунке 12 представлена зависимость среднего годовичного прироста ели. На теневой экспозиции склона у Ели европейской величина коэффициента прироста при изменении протяженности склона в начале убывает, затем возрастает, на склонах солнечной экспозиции наблюдается обратная тенденция (Рисунок 12).

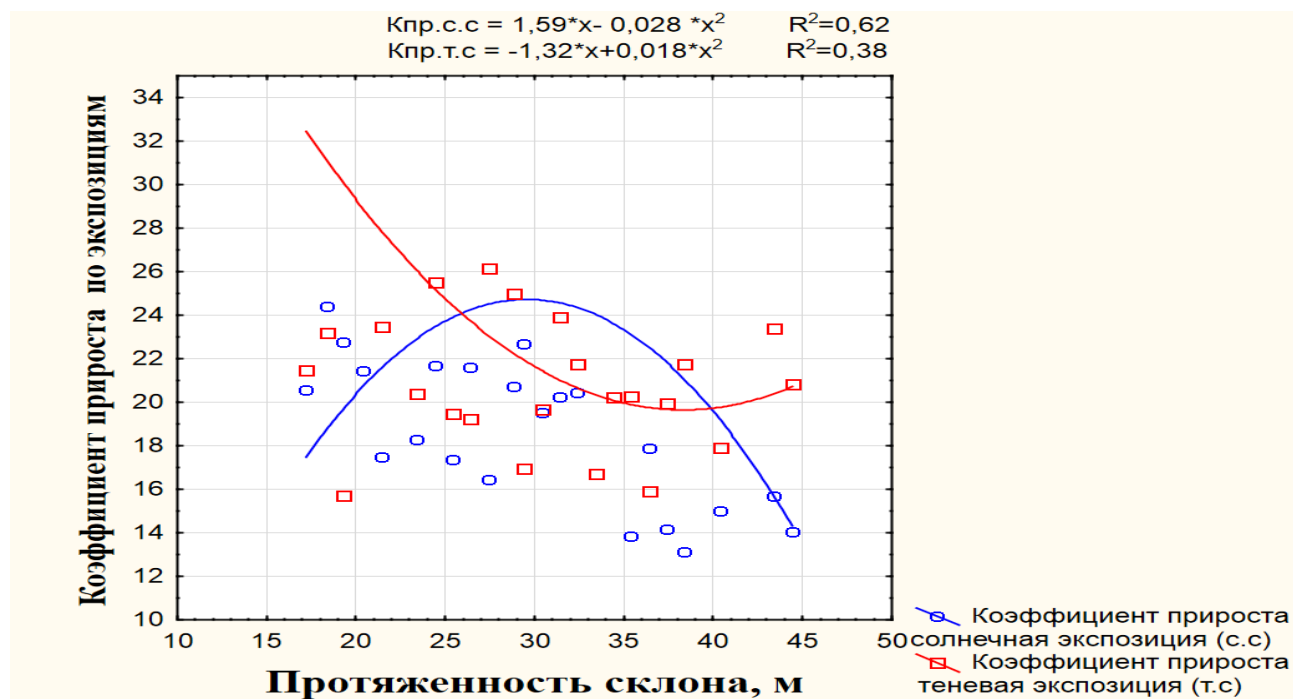


Рисунок 12- Зависимость среднего годовичного прироста Ели европейской от протяженности склона по разным типам условий местопроизрастания

В процессе изучения защитных насаждений из Дуба черешчатого с Липой мелколистной на разных участках склонов солнечной экспозиции определены основные параметры роста и развития деревьев (Таблица 7, Рисунок 13). С

увеличением крутизны в 1,9-2,3 раза в нижней части склона снижается высота дуба на 6,9-11,3 %, а диаметр – на 13,9-24,2 % (Таблица 7, Рисунок 13), что объясняется снижением плодородия почвы на нижних участках склона большей крутизны. Показатель напряженности роста дуба с повышением крутизны склона увеличивается на 21,4- 38,5%, а продуктивность камбиальной ткани уменьшается на 14,1-23,6%. Те же тенденции динамики лесоводственно-таксационных показателей характерны для липы. Отмечается высокое более 77 % жизненное состояние дуба и липы в защитных насаждениях (Таблица 7).

Таблица 7 – Показатели взаимоотношений древесных пород и жизнеустойчивости защитных лесных насаждений на серой лесной почве

Расположение защитных лесных насаждений на склоне	Порода	Средние				ПНР, см/см ²	ККО	СУН	ПК,	ЖЗ,%
		Д, см	Z, см/год	Н, м	X, м/год д					
Верхняя часть, крутизна 15°	Дч	19,7	0,44	17,1	0,38	5,61	1,00	1,79	2,19	87
	Лп	17,1	0,39	16,2	0,36	7,06	0,79		1,98	83
Средняя часть, крутизна 22°	Дч	18,1	0,40	16,6	0,36	6,45	1,00	1,81	2,01	84
	Лп	15,9	0,35	15,8	0,35	7,96	0,81		1,82	80
Нижняя часть, крутизна 29°	Дч	17,3	0,38	16,0	0,35	6,81	1,00	1,81	1,92	81
	Лп	15,1	0,33	15,1	0,33	8,44	0,81		1,71	77

Примечание. Дч – дуб черешчатый, Лп – липа мелколистная. ПНР – показатель напряженности роста, ККО – коэффициент конкурентных отношений, СУН – степень устойчивости насаждений, ПК- продуктивность камбия.

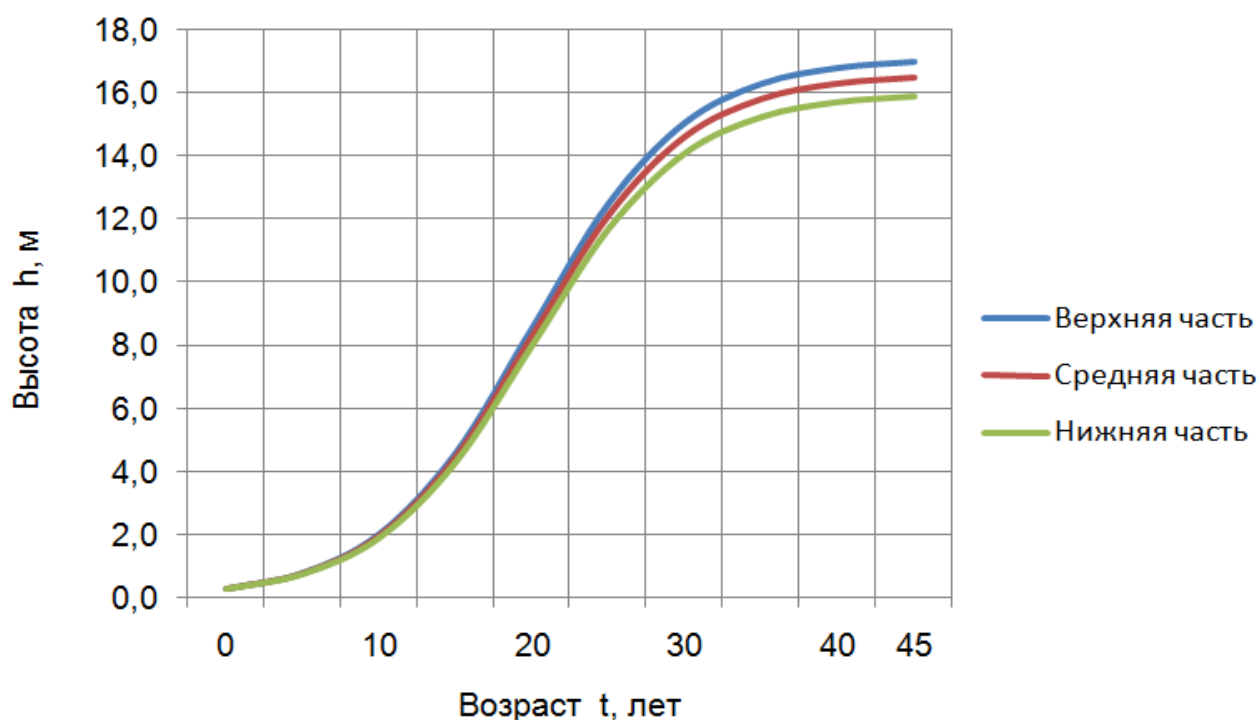


Рисунок 13 - Рост дуба черешчатого в защитных лесных насаждениях в высоту на разных частях склонов солнечной экспозиции

Проведенные исследования роста древесных пород в различных типах лесорастительных условий склонов солнечных и теневых экспозиций в лесостепной зоне Приволжской возвышенности показали, что условия произрастания древесных пород не полностью соответствуют требованиям жизнеобеспечения древесно-кустарниковых растений, что отражается на интенсивности их роста и определяет необходимость выполнения качественных агротехнических приемов для создания защитных лесных насаждений на склонах.

В шестой главе «Агротехнические приемы создания защитных лесных насаждений в лесостепной зоне Приволжской возвышенности» приводится обоснование агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений на склонах, ассортимента деревьев, кустарников с учетом оценки типов условий местопроизрастания. Подбор древесных пород и их смешение проводится применительно к почвенно-климатическим условиям и с учетом их взаимовлияния. На рисунках 14 и 15 приведен ассортимент и схематический план размещения защитных лесных насаждений на крутых и средней крутизны склонах теневой и солнечной экспозиций. Ассортимент древесных пород подбирается с учетом дифференцированного подхода к условиям места обитания по сегментам, в соответствии с результатами предварительной агроэкологической оценки склона (Рисунок 14 и 15).

Схемы смешения и типы посадок защитных насаждений выбирают с учетом взаимоотношения деревьев и типов условий местопроизрастания склона: древесная, древесно-кустарниковая, рядовая, звеньевая, кулисная, групповая. При создании защитных насаждений по звеньевой схеме применяются 10–12 посадочных мест Дуба черешчатого чередуются 2–3 посадочными местами Вяза гладкого.



Рисунок 14- Ассортимент и породный состав защитных лесных насаждений по ТУМ на склонах теневой экспозиции.

Кулисная схема смешения используется при создании защитных лесных насаждений из ценных хвойных пород: Сосны обыкновенной, Ели европейской. При этом на склонах солнечной экспозиции 8-35° применяется чередование 4 рядов сосны с 3 рядами Березы повислой. На склонах, свободных от

растительности сосна применяется с виноградом девичим пятилисточковым, способным быстро создавать своей биомассой проективное покрытие склонов, защищающее от эрозионных процессов.



Рисунок 15- Ассортимент и породный состав защитных лесных насаждений по ТУМ на склонах солнечной экспозиции

В таблице 8 приведены основные агротехнические приемы создания защитных лесных насаждений с Сосной обыкновенной, Елью европейской и Дубом черешчатым на склонах, крутизной 8° - 35° солнечных и теневых экспозиций.

Подготовка почвы на склонах, крутизной $8-15^{\circ}$ проводится в виде горизонтальных напашных террас шириной 2,8-3,0 м. На склонах, крутизной $15-35^{\circ}$, а также склонах, свободных от растительности, применяется посадка защитных лесных насаждений по подготовленным площадкам, размером 1×1 , 2×1 , 2×2 м. По напашным террасам защитные лесные насаждения создаются по схеме $3,0 \times 1,0$ м и $3,0 \times 1,5$ м, по площадкам - $3,0 \times 1,5$ м и $3,0 \times 3,0$ м (Таблица 8). Применяется стандартный посадочный материал с длиной корневой системы у сеянцев 18-25 см. При ручной посадке по подготовленным площадкам, посадочные ямы готовятся с помощью моторизированного бура и размещаются по площадкам по схемам, обеспечивающим оптимальную схему смешения древесных пород в насаждениях (Таблица 8).

С целью улучшения почвенно-экологических условий естественных и нарушенных крутых и средней крутизны склонов от 15° до 35° с последующим восстановлением древесно-кустарниковой растительности, а также склонов крутизной от 8° до 35° свободных от растительности, применяется усовершенствованный агротехнический прием создания защитных лесных насаждений на склонах. Он заключается в том, что вместо устройства технологических террас на склонах укладываются настилы из прессованных рулонов естественных растительных материалов (листва, трава, солома, порубочные остатки) для защиты склона от воздействия прямых солнечных лучей на склонах солнечной экспозиции и стабилизации температуры почвы – на склонах теневой экспозиции.

Таблица 8- Агротехнические приемы создания защитных лесных насаждений на склонах

№ п/п	Расположение защитных лесных насаждений	Экспозиция и крутизна склона, ТУМ	Подготовка площадки	Обработка почвы	Способ посадки	Размещение посадочных мест	Схема смешения	Количество в междурядьях, знаменатель – в дурьях
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Главная порода – Сосна обыкновенная								
1	Срединная часть склона	Солнечная, 8°-15° А ₂ -В ₂	Предварительная очистка от растительных остатков и сухой травы	Напашные террасы шириной 2,8-3,0 м, ленты шириной 1,5 м	Механизирован. посадка 2-х летн. сеянцами	3х1,0 м- сосна 3х1,5 м- береза 2840 шт/га Б-940 шт/га., С-1900 шт/га	Б-Б-Б-С- С-С-С	3-2-1 3-2-0
2	Свободная от растительности нижняя часть склона балок	Теневая 8°-15° А ₁ -В ₁ А ₂ -В ₂	Не проводится	Площадки 2×2 м. Ямы механизированным буром по площадкам	Посадка ручная 2-х летн. сеянцами	3х1,5 м Сосна 2144 шт/га Виноград пятилист. – 640 шт/га	С-С-С- С-С-С- Вин-Вин	3-2-1 3-2-1
3	Срединная часть склона	Солнечная 15°-35° А ₂ -В ₂	Не проводится	Площадки 2×2 м. Ямы механизированным буром по площадкам. Настил из растительных остатков.	Посадка ручная 2-х летн. сеянцами	3х1,5 м 2210 шт/га С-1270 шт/га, Б-940 шт/га	Б-Б-Б-С- С-С-С	0-2-1 0-2-0
Главная порода – Ель европейская								
1	Срединная часть склона	Солнечная, 8°-15° В ₂ -С ₂	Предварительная очистка от растительных остатков и сухой травы	Напашные террасы шириной 2,8-3,0 м, с последующей обработкой почвы полосами шириной 1,8-2,0 м	Механизирован. посадка 2-х летн. сеянцами	3х1,0 м 3300 шт/га Е-1880 шт/га Б-1420 шт/га	Е-Е-Е-Е- -Б-Б-Б	3-2-1 3-2-1

Продолжение таблицы 8

№ п/п	Расположение защитных лесных насаждений	Экспозиция и крутизна склона, ТУМ	Подготовка площадки	Обработка почвы	Способ посадки	Размещение посадочных мест	Схема смешения	Количество уходов между рядами, знаменатель – в числителе, в рядах
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Обнаженные от растительности нижняя часть склона	Теневая 15°-35° А ₁ -В ₁ А ₂ -В ₂	Не проводится	Площадки 2×2 м. Ямы механизированным буром по площадкам. Настил из растительных остатков	Посадка ручная на площадки 2-х летними сеянцами	3 x 3 м 1090 шт/га Кл-360 шт/га Е-360 шт/га Дб-360 шт/га	Кл-Кл-Е -Е-Дб-Дб	0-2-1 0-2-1
Главная порода – Дуб черешчатый								
1	Нижняя часть склона	Солнечная, 8°-15° С ₂ , Д ₂	Предварительная очистка от растительных остатков	Напашные террасы шириной 2,8- 3,0 м	Механизирован. посадка 2-х летних сеянцев	3x1,5 м 2222 шт/га, Лп-366 шт/га, Д-1490 шт/га, В3 -366 шт/га	Лп-Д-Д-Д-Д-В3	3-2-1 3-2-1
2	Обнаженные от растительности склоны балок	Теневая, 8°-15° С ₁ -С ₂ , Д ₁ -Д ₂	Не проводится	Площадки 1×1, 2×1 м. Ямы механизированным буром по площадкам. Настил из растительных остатков	Механизирован. посадка 2-х летних сеянцев	3x3 м 1090 шт/га, Лп-182 шт/га, Кл-182 шт/га, Д-726 шт/га	Лп-Д-Д-Д-Д-Кл	0-2-1 0-2-1
3	Присклоновые участки склона	Солнечная, 15 до 35° С ₀ , Д ₀ ,	Не проводится	Площадки 1x1 м, 2x1 м, Ямы механизированным буром по площадкам Настил из растительн. остатков	Посадка ручная 2-х летн. сеянцев в подготовленные ямки	3x1,5м 2212 шт/га Кл-594 шт/га, Д-1025 шт/га Лп-594 шт/га	Кл-Кл-Кл- Д-Д-Д-Д-Лп-Лп-Лп	0-2-1 0-2-1

Примечание: С- сосна обыкновенная, Б-береза повислая, Е- ель европейская, Д-дуб черешчатый, Лп-липа мелколистная, Кл- клен остролистый, В3-вяз гладкий, Вин-виноград пятилисточковый.

Для изготовления прессованных настилов применяется пресс для сбора и прессования опавшей листвы (Патент РФ № 2340480).

Настилы укладываются вручную поперек склона в соответствии с принятой схемой смешения защитных насаждений. Устройство рулонов из растительных остатков позволяет снизить температуру поверхности почвы на солнечных склонах на 4–6° С и повысить температуру на такую же величину на теневых склонах, что обеспечивает стабилизацию влажности почвы на солнечных склонах,

Механизированной посадке защитных лесных насаждений на склонах, крутизной более 15° препятствует опасность опрокидывания лесопосадочного агрегата при движении поперек склона, поэтому на таких склонах применяется выемочно-насыпное террасирование, что требует значительной трудоемкости и более длительной подготовки склоновой поверхности для создания защитных лесных насаждений на склонах. Для снижения трудоемкости посадочных работ предложен специальный комбинированный посадочный агрегат (Патент РФ № 2389177) (Рисунок 16).

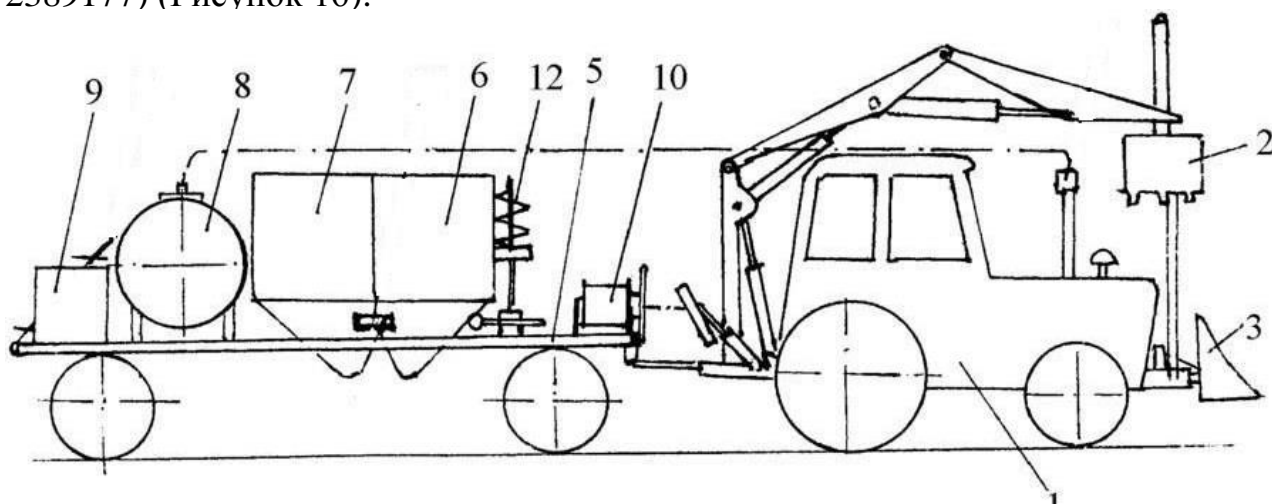


Рисунок 16- Общий вид специального комбинированного посадочного агрегата

Комбинированный посадочный агрегат предназначен для доставки механизированного бура для копки ям, посадочного материала, воды, питательной смеси для посадочных ям, мульчи и двух рабочих вниз по склону на расстоянии до 30 м к посадочной зоне с помощью передвижной тележки, спускаемой вниз по склону с помощью лебедки и канатов с подготовленной площадки на бровке склона, где рабочие с помощью бура готовят посадочные ямы и высаживают в них посадочный материал. Перегнойная почва, вода и мульча необходимы для улучшения приживаемости и повышения сохранности высаживаемых древесно-кустарниковых растений. Агрегат состоит из трактора-буксира (1) с ковшом (2) и бульдозерной лопатой (3), и прицепа, на раме которого (5) установлена емкости для перегнойной почвы (6), мульчи (7), воды (8) и посадочного материала (9), барабан для кабеля и шлангов (10), передвижной бур (12) и тележка. Применение посадочного агрегата позволит решить проблему облесения крутосклонных берегов балок, оврагов, крутизной 15-35° механизированным путем с меньшими трудозатратами.

Применение усовершенствованных агротехнических приемов при создании защитных лесных насаждений на склонах повышает приживаемость, сохранность защитных лесных насаждений и текущий прирост древесных пород

поле посадки. В таблице 8 представлена приживаемость, сохранность и рост сосны в высоту в защитных лесных насаждениях, созданных с применением настилов из растительных остатков и питательной смеси, представленной мелкоизмельченной перегнойной почвой, вносимой в каждую посадочную ямку. Исследования проводились на территории КУ «Чебоксарское лесничество» опытного участкового лесничества в Приволжском подрайоне (Таблица 9).

Таблица 9 – Приживаемость, сохранность и рост 2-х летних защитных лесных насаждений сосны обыкновенной на склонах

Способ подготовки почвы	Посадочный материал, возраст	Приживаемость, %	Сохранность, %	Рост сосны в высоту в первые 2 года после посадки, см	
				1 год	2 год
1	2	3	4	5	6
Посадка Сосны обыкновенной на склонах без настила из растительных остатков					
Посадка без питательной смеси	2-х летние сеянцы (контроль)	47,1±1,8	54,8±1,3	5,7±2,1	8,2±2,1
Посадка с питательной смесью 200 гр. в ямку	2-х летние сеянцы	48,7±2,7	57,2±2,6	7,3±1,1	8,5±1,1
Посадка Сосны обыкновенной на склонах с настилом из растительных остатков					
Посадка без питательной смеси	2-х летние сеянцы	63,5±3,2	64,5±3,2	7,0±0,4	10,1±1,5
Посадка в лунки с питательной смесью 200 гр. в ямку	2-х летние сеянцы	69,5±2,1	72,7±2,7	11,4±1,1	12,0±1,5

Применение настилов из растительных остатков увеличило приживаемость сеянцев на 16,4 %, сохранность - на 9,7 % (Таблица 9). Применение настилов вкупе с внесением питательной смеси в посадочные ямки обеспечило увеличение приживаемости сеянцев сосны на 20,8-22,4 %, сохранность – на 15,5-17,9 %. Рост сосны с применением настилов и питательной смеси отмечен в 1,5-2,0 раза более интенсивным, чем без применения данных агротехнических приемов (Таблица 9).

Применение настилов из растительных остатков обеспечивает высокую приживаемость, сохранность и более интенсивный рост сосны обыкновенной в защитных лесных насаждениях на склонах, тем самым обеспечивая создание эффективных и устойчивых защитных насаждений на склонах.

В седьмой главе «Экономическая и энергетическая эффективность агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений на склонах» приведена оценка экономической и энергетической эффективности внедрения агротехники создания защитных лесных насаждений на крутых склонах.

Экономическая оценка создания защитных лесных насаждений с использованием Сосны обыкновенной проводится путем сравнения трудозатрат

на создание 1 га защитных лесных насаждений с Сосной обыкновенной по фактическим затратам Турганкассинского участкового лесничества КУ «Шемуршинское лесничество» (Кубня-Булинский подрайон) и трудозатрат при создании защитных массивных лесных насаждений с использованием настилов из растительных остатков. Трудозатраты при базовой и усовершенствованной предлагаемой агротехники отличаются тем, что в год посадки защитных лесных насаждений необходимость проведения ухода за почвой отпадает, так как травянистая растительность в угнетать посадки не будет, благодаря наличию настилов, выполняющие роль защитного экрана, защищающего ряды и междурядья лесных защитных насаждений от роста сорных растений.

В таблице 10 приведена сравнительная экономическая характеристика агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений на склонах. Итоговые затраты агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений на склонах с применением настилов из растительных материалов ниже базовой агротехники в 1,2 раза за счет сокращения количества агротехнических уходов за насаждениями и отсутствия необходимости проведения дополнения после посадки (Таблица 10). Настилы из растительных материалов позволяют предотвратить рост сорных растений на площадках.

Таблица 10 – Сравнительная экономическая характеристика агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений на склонах лесостепи Приволжской возвышенности

№ операции	Агротехнические операции	Затраты на создание 1 га защитных лесных насаждений, руб	
		Традиционные агротехнические приемы по площадкам	Предлагаемые агротехнические приемы по настилам
1	2	3	4
1	Подготовка площадок	574,68	79,56
2	Укладка настила из органических материалов с одновременной копкой ям для посадки и ручной посадкой саженцев	-	792,68
3	Погрузка и разгрузка семян	244,75	244,75
4	Перевозка посадочного материала на расстояние от 3,6- 4,0 км	195,78	195,78
5	Прикопка саженцев	219,18	219,18
6	Посадка саженцев по 4 шт на 1 площадку, расстояние между саженцами 1,0 м.	81,38	72,68
7	Уход за посадками 4-х кратный	203,8	-
8	Дополнение 15%	283,2	-
	Итого затрат	1802,77	1604,7

В качестве критерия энергетической эффективности технологий создания защитных лесных насаждений предлагается использовать коэффициент энергетической эффективности (K_e), который определяется, как отношение энергетической ценности запаса древостоя к энергетическим затратам на его производство (Таблица 11):

$$K_e = \frac{E_y}{E_c} \quad (4);$$

где K_e – коэффициент энергетической эффективности;
 E_y - энергетическая ценность запаса древесины, МДж;
 E_c - суммарные энергетические затраты на создание защитных лесных насаждений, МДж.

Коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ) создания защитных лесных насаждений по настилам из органических остатков в верхней части склона составляет 63,91 (Таблица 11), что значительно выше по сравнению с созданием защитных насаждений по площадкам (КЭЭ составляет 32,76) и по террасам (КЭЭ составляет 15,56), что подтверждает высокую энергетическую эффективность выбранной агротехники.

Таблица 11 – Энергетическая эффективность различной агротехники создания защитных лесных насаждений из сосны обыкновенной

Параметры	Варианты агротехники создания защитных насаждений		
	По террасам в нижней части склона	По площадкам в средней части склона	По настилам из органических материалов в верхней части склона
Запас древесины, м ³ /га	80	60	55
Сухое органическое вещество, т/га	41,600	31,200	28,600
Запас энергии, ГДж/га	362,293	271,720	249,076
Общие энергетические затраты	23,289	82,943	38,969
КЭЭ	15,56	32,76	63,91

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Концепция создания защитных лесных насаждений отвечает принципам и требованиям системного подхода к комплексу мер по борьбе с эрозией почв на склонах. Разработанная структурная схема концепции отражает ландшафтные особенности склоновых земель и базируется на теории эрозионно-аккумулятивного процесса. Объектом разработки концепции создания защитных лесных насаждений определены склоны теневых и солнечных экспозиций, крутизной более 8°, характеризующиеся сложной структурой и почвенно-климатическими условиями.

2. Детализация физико- географических районов в лесостепной зоне Приволжской возвышенности с выделением и уточнением границ однотипных подрайонов в лесостепной зоне Приволжской возвышенности позволила выделить в пределах исследованной территории лесостепи Приволжской возвышенности пять подрайонов: Приволжский, Присурский, Центральный, Цивиль-Кубнинский и Кубня-Булинский.

3. Основой выбора агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений явились результаты дифференциации склонов разных экспозиций по составу, структуре фитоценоза и массе наземной и подземной части многолетних трав. В почвенном горизонте 10-30 см основная масса корней

травянистых растений располагается на склонах солнечных экспозиций. В горизонте почвы 0-10 см содержится 12-17 % корней травянистых растений независимо от экспозиции склона и места расположения растения по склону, а в горизонте почвы глубже 20 см на склонах разной экспозиции располагается, 70-80 % корней травянистых растений, образуя густое корневое сплетение.

4. Видовое разнообразие и структура растительности на склонах зависят от крутизны и экспозиции склона. Коэффициент общности и сходства травянистых растений по участкам разных высотных уровней составили $K_s=0,39$ в присклоновом ТУМ и $K_j=0,56$ в срединном ТУМ солнечного склона и $K_s=0,50$ и $K_j=0,33$ соответственно на теневом склоне. Коэффициенты общности и сходства травянистых растений между участками в присклоновом и низовом ТУМ склона солнечной экспозиции составили $K_j=0,30$, $K_s=0,47$.

Оценка сходства флор является основанием для выделения однородности экотопов и приуроченной к ним растительности.

5. Изменчивость лесорастительных условий (от очень сухих и бедных в присклоновом ТУМ до сырых и богатых в низовом ТУМ) обеспечили разнообразие породного состава и структуры древесных насаждений.

Преобладающими в защитных насаждениях являются мягколиственные породы, на долю которых приходится до 45,1 % площади. Хвойные насаждения занимают 32,26 % территории, а на долю твердолиственных приходится – 22,64 %. Из древесных пород преобладает Сосна обыкновенная (26,4%) Береза повислая (25,4%), Дуб черешчатый (16,7%), Липа мелколистная (14,5%).

6. Установлены закономерности роста и развития древесных пород в составе защитных лесных насаждений с использованием коэффициента прироста ($K_{пр}$) в зависимости от высотного положения на склоне и экспозиции склона. Значение $K_{пр}$ для сосны варьирует в пределах от 17 до 29. Диапазон изменения коэффициента прироста на теневых склонах составил от 21 до 29, а на солнечных склонах - от 17 в присклоновом, до 28 в низовом ТУМ склона.

Коэффициент прироста Ели европейской на склоне солнечной экспозиции 25- 38. В нижней части теневого склона величина коэффициента прироста составила 10 -15.

7. Установлены закономерности роста древесных пород в зависимости от экспозиции склона и типов условий местопрорастания на склоне. Рост сосны обыкновенной по высоте и диаметру на склонах солнечной и теневой экспозиций отмечался интенсивнее в нижней части склона на 8,5-11 % по сравнению с срединной частью склона и на 35-50 % интенсивнее по сравнению присклоновой частью склона. Рост Ели европейской по высоте и диаметру в нижней и средней частях склона превышает рост в присклоновой части в 2,6 и 1,6 раза и связан с лучшими почвенными условиями и обеспеченностью влагой деревьев. Рост дуба черешчатого снижается в нижней части склона по сравнению со срединной и присклоновой частями склона в высоту - на 6,9-11,3 %, по диаметру - на 13,9-24,2 % с увеличением крутизны склона в 1,9-2,3 раза с снижением плодородия почвы в результате эрозионных процессов.

8. Совершенствованные агротехнические приемы создания ЗЛН на склонах, крутизной 15° - 35° предусматривают применение настилов из

спрессованных растительных материалов, укладываемых по подготовленным площадкам 1×1 м и 2×2 м с последующей посадкой древесных пород, обеспечивающих сохранение растительного биоценоза на склонах и снижение трудозатрат при создании защитных лесных насаждений.

9. Ассортимент древесных и кустарниковых пород при создании защитных лесных насаждений на склонах солнечных и теневых экспозиций крутизной 8-35° включает Сосну обыкновенную, Ель европейскую, Лиственницу сибирскую, Дуб черешчатый, Клен остролистный. Липу мелколистную, Березу повислую, Вяз шершавый, Ясень обыкновенную, Черемуху обыкновенную, Смородину красную, Рябину обыкновенную, Акацию желтую. При создании защитных насаждений на склонах, свободных от растительности, дополнительно применяется Девичий виноград пятилисточковый.

10. Применение усовершенствованных агротехнических приемов создания защитных лесных насаждений на склонах с использованием настилов из растительных материалов снижают затраты в 1,2 раза по сравнению с традиционными агротехническими приемами. Коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ) создания защитных лесных насаждений с учетом основных положений предложенной концепции составляет 63,91, что значительно выше по сравнению с созданием защитных насаждений по площадкам (КЭЭ составляет 32,76) и по террасам (КЭЭ составляет 15,56), чем подтверждается высокая энергетическая эффективность выбранных агротехнических приемов.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. При создании защитных лесных насаждений на склонах крутизной 8-35° из древесных пород применять: Сосну обыкновенную, Ель европейскую, Лиственницу сибирскую, Дуб черешчатый, Клен остролистный. Липу мелколистную, Березу повислую, Вяз шершавый, Вяз гладкий, Ольху серую, Ясень обыкновенную; из кустарниковых пород - Черемуху обыкновенную, Смородину черную, Рябину обыкновенную, Акацию желтую.

2. На склонах солнечных экспозиций крутизной 8-15° посадку защитных лесных насаждений проводить по напашным террасам, шириной 2,8 – 3,0 м.

3. На склонах теневых экспозиций крутизной 8-15° посадку защитных лесных насаждений проводить по площадкам размером 1×1 м и 2×2 м.

4. На склонах солнечных экспозиций крутизной 15-35° применять посадку защитных насаждений по подготовленным площадкам 1×1 м и 2×2 м с укладкой поперек склона между посадочными местами настила из прессованных растительных остатков и листьев. Посадку проводить по схеме 3,0×1,5 м – для Дуба черешчатого; Сосны обыкновенной; 2,5×1,5 м – для Лиственницы сибирской.

5. На склонах теневых экспозиций крутизной 15-35° применять посадку защитных насаждений по подготовленным площадкам 2×2 м с предварительной укладкой поперек склона между посадочными местами настила из прессованных растительных остатков. Посадку проводить по схеме 3,0×1,5 м для Березы повислой, Сосны обыкновенной; 3,0×1,0-1,5 м - для Дуба черешчатого; 3×3 м – для Ели европейской.

6. При формировании фитоценоза на обнаженных склонах, свободных от растительности применять Девичий виноград пятилисточковый.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

1. Агроэкологическая типология почв на склонах для проектирования защитных лесных насаждений с учетом дифференциации склонов и совершенствование классификации почв путем выделения таксонов.

2. Бонитировка почв и оценка продуктивности склоновых земель по экспозициям на разных высотных отметках.

3. Оценка устойчивости защитных лесных насаждений, созданных на склоновых землях.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации:

Публикации в рецензируемых изданиях

1. **Автономов А.Н.** Оценка устойчивости склонов по интенсивности трансформации органического вещества / А.Н. Автономов // Научная жизнь. – 2017. – №7. – С 69-77.

2. **Автономов, А.Н.** Состав и структура противоэрозионных лесов в северной части Приволжской эрозионной возвышенности / А.Н. Автономов // Научная жизнь. – 2017. – №4. – С.37-46.

3. Маштаков, Д.А. Концепция создания защитных лесных насаждений в лесостепи Приволжской возвышенности / Д.А. Маштаков, **А.Н. Автономов**, П.Н. Проездов // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 6. – С. 37-42.

4. Маштаков, Д.А. Особенности проектирования и создания массивных лесных насаждений / Д.А. Маштаков, **А.Н. Автономов** // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2018. – № 4(40). – С. 46-52.

5. Маштаков, Д.А. Биологическое восстановление склонов для целей лесомелиорации в лесостепи / Д.А. Маштаков, **А.Н. Автономов** // Научная жизнь. – 2018. – №12. – С. 168-174.

6. Маштаков, Д.А. Создание защитных лесных насаждений с лиственницей сибирской / Д.А. Маштаков, **А.Н. Автономов** // Научная жизнь. – 2018. – №12. – С. 159-167.

7. Маштаков, Д.А. Оценка устойчивости эрозионных склонов по показателям дигрессии и степени их зарастания / Д.А. Маштаков, **А.Н. Автономов** // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 6. – С. 13-18.

Патенты на изобретения

8. Пат. 2340480 Российская Федерация МПК В60S 3/00. Устройство для сбора и прессования опавшей листвы /Акимов А.П., Васильев А.Г., **Автономов А.Н.** и др.; заявитель и патентообладатель Акимов А.П.; заяв. 25.04.2007; опубл. 10.12.2008, Бюл. № 34.

9. Пат. 2336679 Российская Федерация. МПК А01В 1/00. Устройство для обрезки стержневого корня сеянцев/Васильев А.Г., Степанов В.Д., **Автономов А.Н.** и др.; заявитель и патентообладатель Васильев А.Г.; заяв. 19.03.2007; опубл. 27.10. 2008, Бюл. № 30.

10. Пат. 2389177 Российская Федерация. МПК А01G 23/00. Комбинированный агрегат для облесения крутых задернованных склонов оврагов и балок/Акимов А.П., Васильев А.Г., Васильев П.А., **Автономов А.Н.**; заявитель и патентообладатель Акимов А.П.; заяв. 19.03.2007; опубл. 20. 05. 2010, Бюл. № 14.

Монографии

11. Маштаков, Д.А. Защитные лесные насаждения в лесостепи Приволжской возвышенности: монография / Д.А. Маштаков, **А.Н. Автономов**, П.Н. Проездов/ Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2018. – 418 с.

Публикации в журналах, сборниках научных трудов, материалах конференций и других изданиях

12. **Автономов, А.Н.** Биологическая индикация устойчивости склоновых экологических систем / **А.Н. Автономов**, К.Н. Евдокимов // Научно-производственный журнал «Аграрная Россия». – 2009 г. – Специальный выпуск. – 149 с.

13. **Автономов, А.Н.** Рост культур сосны обыкновенной на склонах разной экспозиции / **А.Н. Автономов**, Г.Н. Артемьева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т.14, № 1 (8). – С. 1946-1949.

14. **Автономов, А.Н.** Экологические условия склоновых земель / **А.Н. Автономов**, Н.Л. Семенова // Вестник Российского университета кооперации. – 2012. – №2 (8). – С.131-138.

15. **Автономов, А.Н.** Состав и структура фитоценоза склоновых экологических систем экзогенного типа / **А.Н. Автономов**, А.Е. Ильичева // Вестник Волжского университета имени В. Н. Татищева. – 2012. – №4(13). – С.4-13.

16. **Автономов, А.Н.** Комплексная оценка биологической устойчивости экзогенных склоновых экологических систем / **А.Н. Автономов** // Вопросы современной науки и практики. Университет им В. И. Вернадского. – 2013. – №4(48). – С. 30-33.

17. **Автономов, А.Н.** Диагностика устойчивости травянистой растительности на землях склонов экзогенного происхождения / **А.Н. Автономов** // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С.739.

18. **Автономов, А.Н.** Фенология сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на склоновых землях экзогенного типа / **А.Н. Автономов** // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1 (29). – С.78-80.

19. **Автономов, А.Н.** Состав и структура почв склоновых экологических систем экзогенного типа / **А.Н. Автономов** // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. № 1-1. – С. 35-38.

20. **Автономов, А.Н.** Масса корневой системы травянистой растительности на склоновых землях экзогенного типа / **А.Н. Автономов** // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2014. – №2 (32). – С. 78-81.

21. **Автономов, А.Н.** Закономерности распределения деревьев на склонах по ступеням толщины / **А.Н. Автономов** // Вестник Московского государственного областного университета. – 2014. – № 2. – С.11-14.

22. **Автономов, А.Н.** Влияние сроков посева желудей Дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) на биометрические показатели семян / **А.Н. Автономов** // Вестник Чувашского государственного педагогического университета. – 2014. – № 4 (84). – С. 52-56.

23. **Автономов, А.Н.** К вопросу устойчивости склоновых экологических систем экзогенного типа / **А.Н. Автономов** // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9 (часть 10). – С. 2181-2185.

24. Маштаков, Д.А. Рост ели европейской в массивных лесных насаждениях на склоновых землях в лесостепи / Д.А. Маштаков, **А.Н. Автономов** // Научная жизнь. – 2019. – и № 1. – С. 118-127.

25. Маштаков, Д.А. Экономическая и лесоводственная эффективность создания защитных лесных насаждений на крутых склонах в лесостепи / Маштаков Д.А., **Автономов А.Н.** // Научная жизнь. – 2019. – № 1. – С. 128-135.

26. Маштаков, Д.А. Экономическая и лесоводственная эффективность создания защитных лесных насаждений на крутых склонах / Д.А. Маштаков, **А.Н. Автономов**, П.Н. Проездов // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2018. – № 4 (10). – С.35-41.

27. **Автономов, А.Н.** Особенности роста древостоев на склоновых землях / **А.Н. Автономов**, К.К. Захаров, А.Г. Васильев // Агрэкологические проблемы сельскохозяйственного производства: сб. ст. Межд. науч.-практ. конф./Пенза, 2007. – С.20-21.

28. **Автономов, А.Н.** Использование древесных лиан в укреплении склонов/**А.Н. Автономов**// Проблемы биоэкологии и пути их решения (Вторые Ржавитинские чтения): сб. ст. Межд. науч.-практ. конф./ Саранск: Мордовский гос. ун-т, 2008. – С.32-33.

29. **Автономов, А.Н.** Структура популяций древесных растений склоновых экологических систем/**А.Н. Автономов**, К.Н. Евдокимов//Экологические проблемы промышленных городов: сб. ст. Межд. науч.-практ. конф./ Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2009. – С.5-7.

30. **Автономов, А.Н.** Растительность склонов Приволжской возвышенности /**А.Н. Автономов**, К.К. Захаров, А.Е. Ильичева, Е.А. Синичкин//Изучение растительных ресурсов Волжско-Камского края: сб. ст. Всеросс. науч.-практ. конф./ Чебоксары, 2008. – С. 3-5.

31. **Автономов, А.Н.** Экологические аспекты лесохозяйственного использования склоновых земель Чувашской Республики /**А.Н. Автономов**// Современные проблемы теории и практики лесного хозяйства: сб. ст. Всеросс. науч.-практ. конф./ Йошкар-Ола, 2009. – С. 167-169.

32. **Автономов, А.Н.** Особенности почвообразования на склоновых землях экзогенного типа/**А.Н. Автономов**// Эффективное природопользование на региональном, городском и муниципальном уровнях: сб. ст. Всеросс. науч.-практ. конф./ Чебоксары, 2011. – С. 8-19.

33. **Автономов, А.Н.** Экзогенные процессы и проблема исчезновения малых рек на территории Чувашской Республики/**А.Н. Автономов**// "Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів" VI міжнародної науково-практичної конференції: м. Дніпропетровськ, Україна, 8-11 листопада 2011. – С.104-105.

34. **Автономов, А.Н.** Экзогенные склоны на территории Чувашской республики, и их классификация/**А.Н. Автономов**// Современное общество: наука, техника, образование: сб.ст. Всеросс. науч. конф. с межд. участием, г. Нефтекамск, 15 декабря 2016 г./Уфа: Башкирский гос. ун-т, 2016. – С. 18-24.

35. **Автономов, А.Н.** Рост сосны обыкновенной в противоэрозионных защитных лесных насаждениях на склонах солнечной экспозиции северной части Приволжской возвышенности/ Маштаков Д.А., **Автономов А.Н.** //Современные концепции развития науки: сб. ст. Межд. научно-практ. конф., г. Уфа, 16 марта 2018 г./ Уфа: ООО «Омега Сайнс», 2018. – С. 15-19.