

*На правах рукописи*



ТИМАЩУК Дарья Андреевна

**ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ СОСНОВЫХ  
ФИТОЦЕНОЗОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РЕКРЕАЦИОННЫХ  
НАГРУЗОК В УСЛОВИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

Специальность 03.02.08 – Экология (биологические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

11 янв 2017



**006661970**

Воронеж – 2016

Работа выполнена на кафедре лесоводства, лесной таксации и лесоустройства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (ФГБОУ ВО «ВГЛТУ») в 2010-2016 гг.

Научный руководитель: **Матвеев Сергей Михайлович**  
доктор биологических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Румянцев Денис Евгеньевич**  
доктор биологических наук, доцент  
профессор кафедры экологии и защиты леса,  
Мытишинского филиала ФГБОУ ВО  
«Московский государственный  
технический университет  
имени Н.Э. Баумана»

**Рысин Сергей Львович**  
кандидат биологических наук, доцент  
заведующий отделом дендрологии ФГБУН  
«Главный ботанический сад им.  
Н.В. Цицина Российской академии наук»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»

Защита состоится 16 февраля 2017 г. в 10:30 на заседании диссертационного совета Д 002.054.01 при ФГБУН Институте лесоведения РАН по адресу: 143030, Московская обл., с.п. Успенское, ул. Советская, д. 21.

Тел./факс: (495) 634-52-57. E-mail: [root@ilan.ras.ru](mailto:root@ilan.ras.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБУН Института лесоведения РАН [ilan.ras.ru](http://ilan.ras.ru) (дата размещения 22 ноября 2016 г.).

Автореферат разослан 26 декабря 2016 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета, к.б.н.



И.А. Уткина

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Сохранение средообразующей роли природной среды – одно из важнейших условий рекреационного освоения любой территории. При этом антропогенные нагрузки не должны превышать пределов устойчивости природно-рекреационных систем, поскольку в противном случае последние утрачивают рекреационные свойства и экологические функции.

В условиях меняющегося климата и лесорастительных условий в Центральной лесостепи обостряются негативные процессы, связанные с воздействием антропогенных факторов на лесные экосистемы, в том числе – рекреационная дигрессия посадений в местах отдыха населения. Возникает необходимость мониторинга состояния древостоев, их биологической устойчивости, а также разработки рекомендаций лесохозяйственным предприятиям для сохранения и улучшения состояния сосняков.

**Работа выполнялась в соответствии с госбюджетной тематикой кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства ВГЛТУ (2010-2015 гг.) и по тематике гранта РНФ:**

– Региональные отклики компонентов окружающей среды на изменения климата разной периодичности: юг лесостепи Среднерусской возвышенности, (проект №14-17-00171) – грант РНФ, 2014-2016 гг.

**Цель и задачи исследования.** *Цель исследования:* Выявление реакции естественных и искусственных сосновых насаждений Усманского бора на воздействие рекреантов типичных мест отдыха и туристических баз, расположенных на территории Сомовского лесничества, Учебно-опытного лесхоза ВГЛТУ Воронежской области.

*В связи с поставленной целью решались следующие задачи:*

1. Лесоводственная оценка состояния и устойчивости компонентов сосновых фитоценозов Усманского бора (вокруг рекреационных объектов).
2. Анализ состояния лесной подстилки и почвы в зависимости от интенсивности рекреационной нагрузки.
3. Дендрохронологический анализ динамики радиального прироста сосны под воздействием рекреационных нагрузок.
4. Анализ климатического отклика в динамике прироста сосны обыкновенной на разных стадиях рекреационной дигрессии.
5. Функциональная рекреационная организация территории Сомовского лесничества.

### **Научная новизна работы.**

- Выявлены изменения состояния и устойчивости компонентов сосновых фитоценозов, уплотнения почвы под воздействием рекреационных нагрузок.
- Установлены закономерности циклической динамики радиального прироста естественных и искусственных древостоев Воронежской области в условиях рекреационных нагрузок.
- Впервые проанализирован климатический отклик в динамике прироста сосны обыкновенной на разных стадиях рекреационной дигрессии.

– Впервые проведено функциональное зонирование Сомовского лесничества Воронежской области для оптимизации рекреационного использования.

### **Методология и методы исследований.**

*В процессе исследований использовались следующие методики:*

1. Лесоводственная методика исследований компонентов фитоценоза;
2. Комплексная методика исследований основных насаждений:
  - а) исследование уплотнения почвы;
  - б) дендрохронологические и дендроклиматические исследования радиального прироста сосны;
3. Методика рекреационной организации территории.

### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Изменение уплотнения почвы под воздействием рекреации количественно оценивается удельным сопротивлением верхних слоев почвы вдавливанию, которое составляет 20,5 кг/см<sup>2</sup> на ненарушенном участке на глубине 20-25 см, на лесной дороге уже на глубине 3-5 см.
2. Реакция древостоев находящихся на III-IV стадиях рекреационной депрессии на сильную засуху более длительная (до 3-4 лет).
3. Наиболее значимым лимитирующим фактором, объясняющим до 40 % изменчивости радиального прироста сосны (до 57 % – поздней древесины) в изучаемом регионе, является сумма осадков тёплого периода. Сила влияния комплексного показателя увлажнения – ГТК. Селянинова (гидротермический коэффициент) – достигает 55 %.
4. Рассчитанная фактическая рекреационная нагрузка во всех категориях рекреационного ландшафта Сомовского лесничества Воронежской области не превышает величины экологической ёмкости.

**Обоснованность выводов и достоверность результатов исследований** подтверждается достаточным объемом полевых данных и экспериментов, применением научно-обоснованных методик, с использованием современных методов обработки, статистического анализа и оценки достоверности данных с высокой точностью измерений годичных колец на полуавтоматической установке LINTAB (точность 0,01 мм).

**Практическая значимость.** Использование научных результатов лесоводственной и дендроклиматической оценки состояния сосновых насаждений, позволит оптимизировать рекреационное использование и улучшить санитарное состояние сосняков Воронежской области. Разработаны рекомендации по сохранению жизнеспособности и улучшению санитарного состояния насаждений. Результаты исследований внедрены в программу курсов дисциплин «Мониторинг лесных экосистем», «Рекреационное лесоводство» и «Дендрохронология» (Акт внедрения № 1 от 16.05.2016.).

**Личный вклад автора.** Автором, совместно с научным руководителем профессором, д.б.н. Матвеевым С.М., выполнены: постановка цели и основных задач, подбор методов исследований. Автором лично проведены полевые исследования, выполнена математико-статистическая обработка, анализ и обобщение полученных результатов.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований докладывались на международных, региональных научно-практических и научно-технических конференциях: «Воспроизводство, мониторинг и охрана природных, природно-антропогенных и антропогенных ландшафтов» (Воронеж, 2012 г.); «Лесной форум ВГЛТА» (Воронеж, 2013 г.); «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика» (Воронеж, 2013 г.); «РусДендро» (Кыргызстан, 2014 г.); «Лесные экосистемы в условиях меняющегося климата: проблемы и перспективы» (Воронеж, 2015 г.), «Экология растений и цифровая анатомия древесины» (Хакасия, 2016 г.), «Мониторинг состояния, использования и воспроизводства лесов Европейской части Российской Федерации» (Воронеж, 2016 г.).

**Публикации.** По материалам диссертационной работы опубликовано 9 научных работ, в том числе 3 – в журналах, рекомендуемых ВАК РФ для публикации результатов диссертационных исследований, 1 – в издании, индексируемом в Web of Science.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 195 страницах, состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованных источников (189 наименований, в том числе 32 на иностранных языках), 3 приложений, 33 таблиц, 32 рисунков.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### 1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 1.1. Исследования состояния сосновых посадений, подверженных рекреационному воздействию, в Центральной лесостепи.

Рассмотрены основные направления изучения изменений в природных комплексах (главным образом в лесных фитоценозах) под влиянием интенсивного рекреационного воздействия и устойчивость компонентов фитоценозов к рекреационным нагрузкам (Тарап, Спиридонов, 1977; Пронин, Русанов, 1981; Котляров, 1989; Матвеев, 1996, 2000, 2012, 2015; Рожков, 1989; Стародубцева, 1997; Тушинский, 2000; Девятова, Воропин, Румянцев, 2010; Девятова, Крамарева, Богомолова, 2002; Рысин Л.П., Рысин С.Л., 2008; Киселева, Ломова, Обыденников, Титов, 2010; Рысин, Кобяков, 2011; Беляева, Кузнецов, Григорьева, 2014, 2015; Тимашук, 2012, 2014, 2015, 2016; Franklin, 1988; Tourney, 1928 и др.).

#### 1.2. Дендрохронологические исследования сосны обыкновенной.

Приведен анализ литературных источников по развитию дендрохронологических исследований. Сосновые древостой являются надежным и хорошо «читаемым» источником дендрохронологической информации об условиях их роста и развития (Дуглас, 1919; Скрябин, 1946; Лобджандзе, 1961; Шнятов, 1973; 1986; Мазепа, 1999, 2005; Вахшина, 2011, 2012; Матвеев, 2000, 2003, 2012, 2015; Adomas, 2004; Yu, 2005; Gregory A., 2007 и др.).

Дендрохронологический анализ дает возможность оценить динамику радиального прироста древостоя за весь период его существования, позволяет определить климатически обусловленные изменения ширины годичных колец и

выявить степень воздействия неклиматических факторов на состояние древостоя (Котляров, 1989; Дмитриева, Шульгин, 1990; Вахнина, Агафонов, 2012; Костякова, 2014 и др.). Методическая основа дендроклиматических исследований хорошо разработана (Битвинкас, 1974, Fritts, 1976, 1991; Cook, Kairiukstis, 1990, Мацковский 2013 и др.).

Исследования связей климатических факторов и радиального прироста сосны обыкновенной в различных климатических условиях широко представлены в печати в XXI веке (Савва, Вагапов, Милотин, 2003; Румянцев, 2004; Бабушкина, 2011, 2014; Вахнина, 2011; Костякова, Белокопытова, Абраменко, 2014; Кухта, Румянцев, Пучинская, 2014; Румянцев, Черакшев, 2015; Bréda, Badeau, 2008 и др.). Многими исследователями рассматривалось влияние рекреационных нагрузок на радиальный прирост древостоев (Прыгов, 2000; Рунова, Аношкина, 2011; Cedro, Lamentowicz, 2011 и др.). Однако в лесостепи Русской равнины такие исследования малочисленны (Матвеев, 1996, 2003, 2015; Тимашук, 2012, 2013, 2015, 2016), а динамика связей климатических факторов и радиального прироста сосны обыкновенной на разных стадиях рекреационной дигрессии рассмотрена нами впервые.

## 2. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ДИНАМИКА

Дано краткое описание климатических условий, рельефа, гидрографии, растительного покрова и животного мира района исследований. Объекты наших исследований находятся на территории Воронежской области. По лесорастительному районированию территория Воронежской области относится к лесостепной зоне в южной части Окско-Донской низменности, имеет достаточную ресурсную обеспеченность (водные, лесные, земельные ресурсы). В зеленую зону города Воронежа частично входит Усманский бор. На берегах рек Воронежа и Усманки расположены пригородные рекреационные зоны г. Воронежа.

## 3. МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основу исследований положен метод пробных площадей (п.п.), заложенных в соответствии с ОСТ 56-69-83. На 19-и п.п. выполнен комплекс исследований по оценке лесоводственно-таксационных показателей фитоценоза и степени уплотнения почвы.

При подборе п.п. проводили оценку участков по стадиям рекреационной дигрессии (Казанская, Ланина, Марфенин, 1977; Полякова, Мальшева, Флеров, 1981; Ушатин, 1985; Лесное хозяйство..., 2002; Рысин, 2003) по шкале категорий состояния хвойных деревьев (Рожков, Козак, 1989, Правила санитарной безопасности в лесах РФ, 2007), по устойчивости травянистых растений к уплотнению почвы (Таран, Спиридонов, 1977). При установлении степени влияния рекреационной нагрузки на лесной биогеоценоз проведено обследование плотности почвы твердомером Ревякина.

Для определения углеродопонирующей и кислородопroduцирующей функций сосновых древостоев использована методика В.И. Таранкова (2006).

Для датировки и измерения ширины годичных колец использовали измерительный комплекс LINTAB-6 с пакетом прикладных программ TSAP-Win. Расчет относительных индексов выполнен в программе TREND (Мироенко, Матвеев, 2012). Основные статистические характеристики дендрохронологических рядов, коэффициенты корреляции между индексами прироста сосны, климатическими факторами и солнечной активностью, выраженной в числах Вольфа (по стадиям рекреационной дигрессии) рассчитаны в программах STADIA 6,0, STATISTIKA v. 6.0.

Исследования рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы выполнялись согласно ОСТ 56-100-95 по функциональным зонам и стадиям дигрессии лесных насаждений. Оценку рекреационных нагрузок, исходя из устойчивости природных комплексов в равнинных условиях, проводили по таблицам С.А. Генцирук, М.С. Нижник, Р.Р. Возняк (1987). Согласно методике М.Т. Серикова (2011), выделение функциональных зон производилось согласно организационно-хозяйственным мероприятиям в различных категориях рекреационного ландшафта зеленых зон.

Исследованные сосняки представляют собой средневозрастные, припевающие и спелые насаждения, естественного и искусственного происхождения, находящиеся в условиях антропогенного воздействия (вокруг водоемов, рек, озер; в зоне воздействия рекреантов туристических баз).

Интенсивность рекреационной дигрессии ослабевает по мере удаления от источника антропогенной нагрузки, т.к. сукцессионная волна (согласно физической теории распространения воли) начинается от центра воздействия и постепенно распространяется по рекреационному лесному массиву (Эмсен, 1989). П.п. закладывались с тем условием, чтобы были представлены все стадии рекреационной дигрессии насаждений.

#### 4. ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ СОСНОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ (ВОКРУГ РЕКРЕАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ)

Анализ санитарного состояния деревьев на п.п., находящихся на разных стадиях рекреационной дигрессии, показал, что средневзвешенная величина категории состояния древостоев возрастает от I к IV стадии дигрессии и достигает III,5, соответственно древостой на этой стадии относятся к категории «сильно ослабленные». Наблюдается снижение запаса категории I (без признаков ослабления) с возрастанием рекреационного воздействия. Коэффициент изменчивости количества деревьев различных категорий состояния (С) на IV стадии дигрессии достигает 30 %, что показывает неравномерность распределения количества деревьев по категориям состояния. При анализе достоверности данных критерием Стьюдента ( $t$ ) получили фактические значения ( $t_{\text{фак}}$ ) для каждой стадии дигрессии превышающие стандартное значение  $t_{\text{ст.}} = 2,18$  для уровня вероятности 0,95, т.е. средние значения категорий состояния определены достоверно. Вероятная ошибка менее 4 %. Достоверные различия между стадиями рекреационной дигрессии существенны.

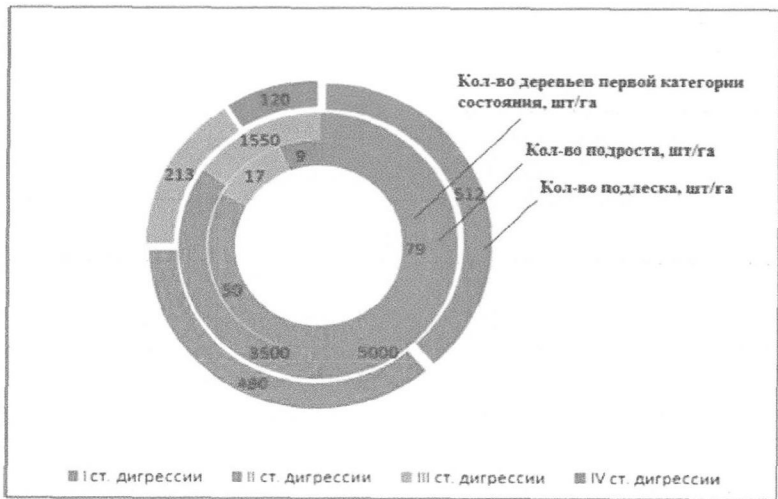


Рисунок 1 – Сравнительная оценка компонентов фитоценоза: деревья первой категории состояния, подрост, подлесок (шт/га) по стадиям рекреационной дигрессии

На I стадии дигрессии (ненарушенное насаждение) наблюдается от 4500 до 10000 шт/га жизнеспособного разновозрастного подроста (рисунок 1), в составе подлеска от 6 до 10 видов древесно-кустарниковых пород (лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosus* Scop.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.) и др.), подрост и подлесок равномерно распределены по площади, напочвенный покров в основном состоит из лесных видов (ландыш майский (*Convallaria majalis* L.), земляника лесная (*Fragaria vesca* L.), кочедыжник женский (*Athyrium filix-femina* L.) и др.). Луговые и сорные виды присутствуют на участках всех стадий рекреационной дигрессии, но с возрастанием рекреационной нагрузки доля их увеличивается. На IV стадии дигрессии подрост отсутствует, подлесок располагается куртинами и значительно уменьшается количество видов слабо устойчивых к уплотнению почвы (лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosus* Scop.)), преобладает сорная и злаковая растительность: чистотел большой (*Chelidonium majus* L.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.), осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.), вейник наземный (*Calamagrostis epigaeosc* L.).

Для оценки степени уплотнения верхних слоев почвы на п.п. твердомером Ревякина, использована методика С.М. Матвеева (1996). В соответствии с разработанной С.М. Матвеевым классификацией, нами определено процентное соотношение (по площади) участков пяти типов в пределах каждой пробной площади.

Выявлено возрастание удельного сопротивления верхних слоев почвы от типа 1а (ненарушенный участок, приствольная часть) к типу 5 (лесная дорога)



на любой глубине (в пределах измерений). Различие удельного сопротивления почвы в подтипах: а) (приствольная часть) и б) (межствольная часть) в типе 1 (ненарушенный участок) невелико и исчезает на глубине 20-25 см. В типе 2 (слабонарушенный участок) это различие выше, в типе 3 (сильнонарушенный участок) различие между подтипами значительно. Удельное сопротивление почвы ( $S_p$ ) в типе 1 достигает  $20,5 \text{ кг/см}^2$  на глубине 20-25 см. В типе 5 (лесная дорога),  $S_p = 20,5 \text{ кг/см}^2$  уже на глубине 3-5 см.

Отрицательное влияние рекреационных нагрузок на компоненты биогеоценоза выражается в ухудшении их состояния и устойчивости, а также ослаблении углерододепонирующей и кислородопroduцирующей функций древостоев.

Максимальное количество углекислого газа ( $347,9 \text{ т/га}$ ) поглощено фитомассой 100-летних естественных древостоев сосны обыкновенной I стадии дигрессии (здоровый древостой). Этот возрастной период характеризуется и наибольшим выделением кислорода.

#### 5. ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ И ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА СОСНЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК

Дендрохронологический метод анализа позволил выявить общие тенденции и различия в изменчивости радиального прироста сосны обыкновенной на разных стадиях рекреационной дигрессии.

Установлены годы с максимальным и минимальным приростом. Годы минимумов: 1921, 1939, 1972, 1975, 1984, 1992, 2002, 2003, 2010, 2011. Проведенный анализ показал значительное влияние засух на ширину годичных колец обследованных древостоев, но не всегда пропорционально силе засухи. Наиболее сильное влияние засух отмечено в 1939, 1972 и 2009-2010 гг.

В древостоях переживших засуху и не пострадавших от пожаров в 2010 г. тем не менее, после 2010 года наблюдается значительная и длительная депрессия прироста, у некоторых деревьев не закончившаяся и в 2014 г. (в основном на IV стадии дигрессии), несмотря на то, что 2012 и 2013 годы отличались обильными осадками.

На графиках относительных индексов (рисунок 2, 3) четко прослеживается разница динамики колебаний прироста на I и IV стадиях дигрессии. Насаждения I стадии дигрессии за весь временной интервал не изменили свою динамику.

Насаждения IV стадии дигрессии наиболее сильно отражают влияние рекреационного воздействия, прослеживается падение прироста с 2007 года. В естественных древостоях сосны обыкновенной наблюдается более высокая амплитуда колебаний, нарушение цикличности радиального прироста.

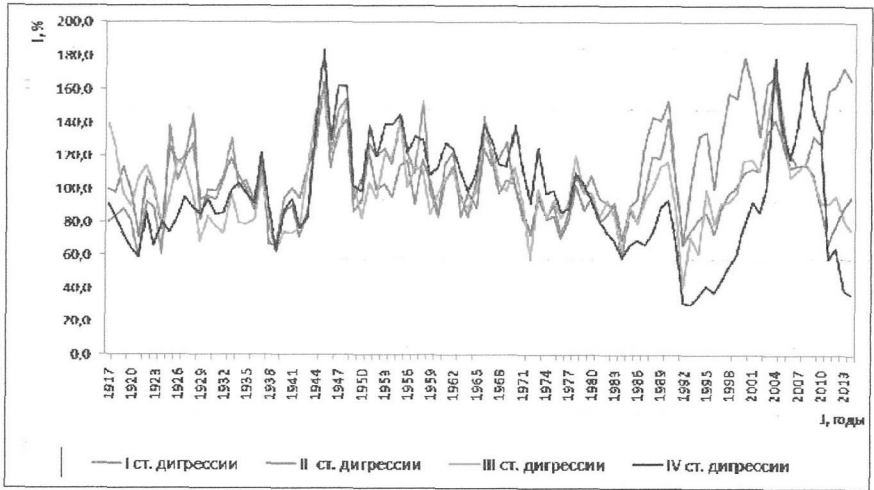


Рисунок 2 – Динамика относительных индексов прироста древостоев сосны обыкновенной на разных стадиях рекреационной дигрессии (естественные древостои в зоне влияния рекреантов турбазы «Лесная сказка»)

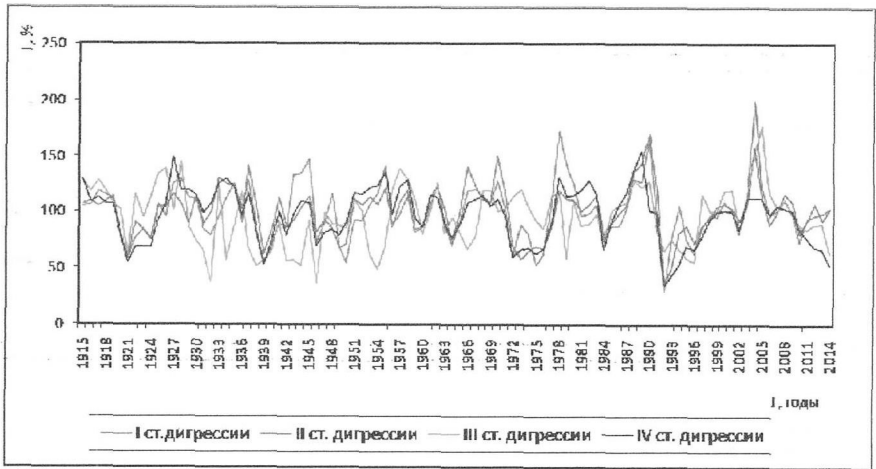


Рисунок 3 – Динамика относительных индексов прироста древостоев сосны обыкновенной на разных стадиях рекреационной дигрессии (лесные культуры сосны в зоне влияния рекреантов турбазы «Коминтерновец»)

Расчет коэффициентов корреляции парных связей индексов годичных колец и климатических показателей (осадки апрель-октябрь, ГТК май-сентябрь), а также солнечной активности за два временных интервала: 1915-2008 гг. (т.е. вековой период, за который имеются данные индексов прироста на всех обследованных участках) и 1975-2008 (приблизительно соответствующий последнему циклу Брикнера и ветви спада векового цикла солнечной активности) выявил во всех случаях лишь слабую или умеренную связь.

Для выявления наличия прямолинейной (опосредованной) связи циклической динамики прироста сосны обыкновенной с солнечной активностью (выраженной в числах Вольфа) проведен корреляционный анализ парных связей со смещением на два года: индексы прироста (I) – 1939-2008 гг., солнечная активность (W) – 1937-2006 гг. (таблица 1).

Таблица 1 – Корреляционные связи (умеренные 0,3-0,5 и значительные 0,5-0,7) рассматриваемых параметров в искусственных и естественных 100-летних сосновых древостоях (Сомовское лесничество)

Показатель	ГТК * 100	P4-10	W
I: 1939-2008; W: 1937-2006 «Лесная сказка»			
Кв. 12/6 (I ш.г.к.)	<b>0,33</b>	<b>0,33</b>	<b>-0,55</b>
Кв. 12/6 (I п.д.)	0,21	0,23	<b>-0,50</b>
Кв. 12/6 (II ш.г.к.)	<b>0,35</b>	<b>0,41</b>	<b>-0,37</b>
Кв. 12/6 (II п.д.)	0,14	0,16	<b>-0,55</b>
Кв. 7/30 (III о.ш.г.к.)	0,16	0,20	<b>-0,31</b>
Кв. 7/30 (III п.д.)	0,24	0,29	<b>-0,40</b>
I: 1939-1956, 1972-1986, 2002-2008; W: 1937-1954, 1969-1984, 2000-2006			
Кв. 12/6 (I ш.г.к.)	0,28	0,28	<b>-0,47</b>
Кв. 12/6 (I п.д.)	0,22	0,25	<b>-0,36</b>
Кв. 12/6 (II ш.г.к.)	0,27	0,28	<b>-0,36</b>
Кв. 12/6 (II п.д.)	0,13	0,13	<b>-0,36</b>
Кв. 7/30 (III о.ш.г.к.)	0,23	0,26	<b>-0,33</b>
Кв. 7/30 (III п.д.)	0,18	0,23	<b>-0,31</b>
Кв. 7/30 (IV о.ш.г.к.)	0,05	0,09	<b>-0,38</b>
Кв. 7/30 (IV п.д.)	0,26	<b>0,36</b>	-0,21
I: 1939-1956, 1972-1986, 2002-2008; W: 1937-1954, 1969-1984, 2000-2006 «Компьютерновец»			
Кв. 26/17 (I о.ш.г.к.)	0,29	<b>0,38</b>	<b>-0,33</b>
Кв. 26/17 (I п.д.)	<b>0,34</b>	<b>0,30</b>	-0,21
Кв. 26/15 (II о.ш.г.к.)	0,26	<b>0,36</b>	<b>-0,15</b>
Кв. 26/15 (II п.д.)	0,24	<b>0,33</b>	-0,12

Корреляционные связи рассматриваемых параметров в других древостоях III-IV стадий дигрессии не показали даже умеренной связи ни с одним рассматриваемым фактором.

Выявлено резкое возрастание коэффициента корреляции (r): до -0,55 на I стадии дигрессии в 100-летних естественных насаждениях (с поздней древесной до -0,5), в искусственных насаждениях коэффициент корреляции вырос в меньшей степени: до -0,33. Т.е. реакция прироста, как отмечалось в работе М.С. Эйгенсона (1963) для смены зональных форм циркуляции

атмосферы на меридиональные, в атлантико-евразийском секторе северного полушария запаздывает на 2 года и связь наблюдается отрицательная (увеличение солнечной активности в вековом цикле вызывает снижение прироста и наоборот).

Как показал дисперсионный анализ, по степени влияния рассматриваемые факторы располагаются в следующем порядке: ГТК, осадки за апрель-октябрь, солнечная активность (таблица 2).

Таблица 2 – Дисперсионный анализ влияния климатических факторов и солнечной активности на прирост сосны обыкновенной

Фактор влияния на прирост сосны	Стадия депрессии	Показатель силы влияния	Ошибка показателя силы влияния	Критерий Фишера фактический (F ф)	Критерий Фишера стандартный (F st)
1	2	3	4	5	6
Естественные древостои сосны обыкновенной в зоне влияния рекреантов турбазы «Лесная сказка»					
Осадки за апрель-октябрь	I	0,49	0,019	8,1	3,9
	II	0,47	0,016	8,2	
	III	0,45	0,050	8,0	
	IV	0,39	0,052	8,1	
ГТК	I	0,52	0,053	8,3	3,9
	II	0,50	0,058	8,0	
	III	0,49	0,069	8,0	
	IV	0,42	0,077	8,1	
Солнечная активность	I	0,18	0,046	5,2	3,9
	II	0,18	0,039	5,3	
	III	0,14	0,038	5,1	
	IV	0,13	0,040	5,2	
Лесные культуры сосны обыкновенной в зоне влияния рекреантов турбазы «Коминтерновец»					
Осадки за апрель-октябрь	I	0,45	0,099	6,3	4,1
	II	0,42	0,101	6,3	
	III	0,42	0,088	6,1	
	IV	0,40	0,089	7,0	
ГТК	I	0,48	0,048	7,3	4,2
	II	0,48	0,052	7,4	
	III	0,45	0,050	7,7	
	IV	0,44	0,053	7,8	

Поскольку фактические значения критерия Фишера для всех рассмотренных факторов больше стандартного (критического) ( $F_f > F_{st}$ ), а также мала вероятность принятия нулевой гипотезы ( $p$  – значение =  $1,10 \cdot 10^{-0,05}$ ), то можно утверждать, что влияние климатических факторов (P4-10; ГТК) на результативный признак (прирост сосны) существенно. Показатель силы влияния солнечной активности на 100-летние искусственные древостои варьирует от 0,17 до 0,09. Наиболее значимым фактором, объясняющим до 60

% изменчивости радиального прироста сосны, является комплексный показатель увлажнения в изучаемом регионе – ГТК Селянинова.

Анализ осредненных значений коэффициента синхронности радиального прироста выявил, что практически на всех стадиях рекреационной дигрессии наблюдаются средние значения (68-78 %) по шкале С.Г. Шиятова (1986) (таблица 3).

Таблица 3 – Средние значения коэффициента синхронности (GLK, %), коэффициента корреляции (CC, %), соотношение сигнал / шум (SNR) индивидуальных хронологий радиального прироста деревьев сосны, растущих в насаждениях, находящихся на разных стадиях рекреационной дигрессии

Объекты исследования	№ п.п	Стадия дигрессии	Показатели			
			GLK, %	Уровень синхронности (Шиятов, 1986)	CC, %	SNR
Урочище Маклок	1	I	70.0	Средняя	80.2	48
	2	II	72.4	Средняя	77.1	40
	3	II-III	76.6	Средняя	87.8	88
Урочище Боровое	4	III-IV	76.8	Средняя	78.8	45
	5	IV	65.8	Низкая	80.5	51
т/б «Летние зори»	6	I	79.2	Высокая	88.3	45
	7	II	77.8	Средняя	88.0	42
	8	III	76.1	Средняя	78.5	45
	9	IV	66.9	Низкая	77.9	44
т/б «Лесная сказка»	12	I	76.1	Средняя	80.4	48
	13	II	73.2	Средняя	86.5	53
	14	III	72.9	Средняя	78.2	45
	15	IV	67.7	Низкая	75.7	42
т/б «Коминтерновец»	16	I	75.9	Средняя	80.9	96
	17	II	71.5	Средняя	79.6	90
	18	III	72.0	Средняя	76.2	95
	19	IV	67.8	Низкая	75.3	93

Однако естественные древостои турбазы «Летние зори» на I стадии дигрессии показывают высокий коэффициент синхронности, при этом синхронность прироста снижается по мере возрастания антропогенного воздействия. Ряд деревьев показывает как высокое, так и очень низкое сходство, доля деревьев с низким сходством максимальна на IV стадии рекреационной дигрессии. Самый низкий коэффициент синхронности (44 %), причем у двух деревьев, наблюдается на IV стадии рекреационной дигрессии. Осредненный коэффициент корреляции ширины годичных колец всех исследованных образцов (кернов) варьирует от 77,1 до 88,3 %. Диапазон колебаний его значений по всем ядрам составляет от 55 до 95 %, причем деревья с высокой синхронностью могут показать сравнительно низкий коэффициент корреляции, и, наоборот, высокий коэффициент корреляции может наблюдаться при низкой синхронности. Резко увеличиваются до максимальных значений (>60 %) коэффициенты изменчивости в годы после

сильных засух, после двухлетних особенно сильных засух (1971-1972 и 2009-2010 гг.) повышение коэффициента изменчивости также наблюдается в течение двух и даже трех лет (1973-1974 и 2011-2013 гг.).

Для выявления связи циклической динамики радиального прироста древостоев и лимитирующих прирост факторов проведен кросс-спектральный анализ (с применением сглаживания с помощью весов Хемминга) радиального прироста сосны обыкновенной всех исследуемых объектов и рядов сумм атмосферных осадков за апрель-октябрь (P4-10), гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) и чисел Вольфа (W), характеризующих солнечную активность (рисунок 4, 5).

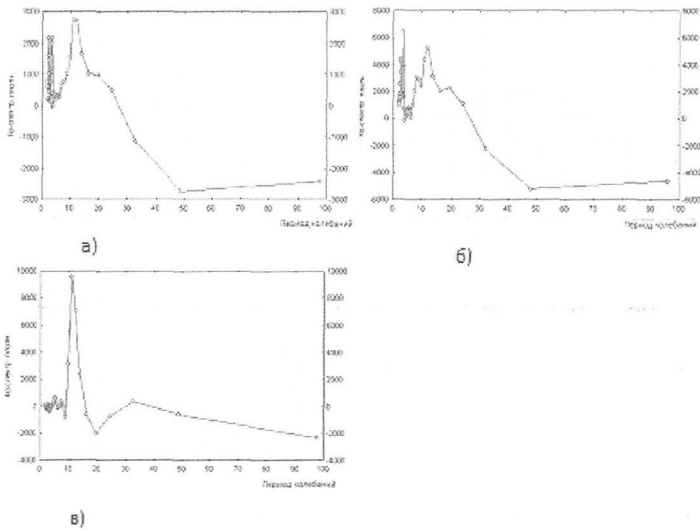


Рисунок 4 – Периодограмма, сглаженная весами Хемминга, кросс-спектральной плотности рядов индексов годичных колец естественных 100-летних древостоев на I стадии депрессии

- а) ГТК;
- б) сумм атмосферных осадков за апрель-октябрь (P4-10);
- в) чисел Вольфа (W).

Кросс-спектральный анализ выявил превалирование 11-12-летнего (солнечный или Швабе-Вольфа) цикла, а также высоким пиком мощности отмечена цикличность длительностью 36 лет (цикл Брикнера).

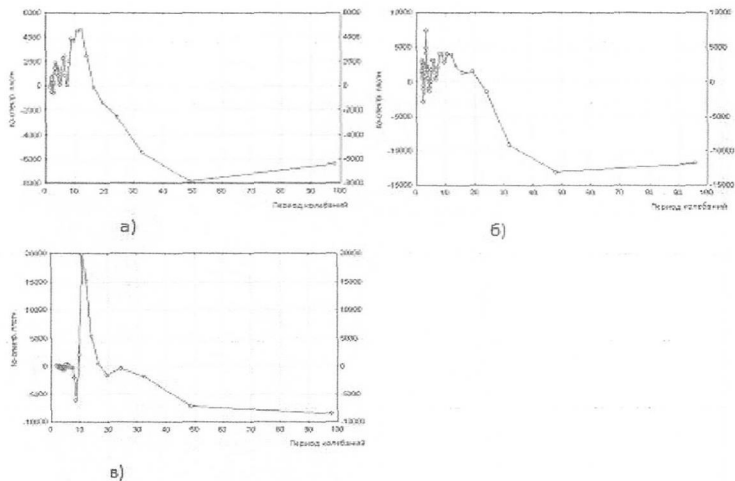


Рисунок 5 – Периодограмма, сглаженная весами Хемминга, кросс-спектральной плотности рядов ширины годичных колец естественных 100-летних древостоев на IV стадии дигрессии

Анализ на IV стадии дигрессии показал наличие высокочастотных 3-4-х летних колебаний, солнечный цикл или Швабе-Вольфа 10-12 летний ярко выражен.

Результатом кластерного анализа (метод Варда) значений прироста и лимитирующих факторов по календарным годам стал лишь вывод, подтверждающий результаты наших более ранних исследований (Матвеев, 2003) другими методами (метод наложенных эпох и др.): наиболее высокая связь прироста, солнечной активности (в числах Вольфа), осадков и ГТК наблюдается в Центральной лесостепи на ветви роста солнечной активности, второй максимум (несколько меньший) – на ветви спада.

## 6. РЕКРЕАЦИОННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ СОМОВСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

**6.1. Функциональное рекреационное зонирование территории Сомовского лесничества.** Нами проведено выделение функциональных рекреационных зон по нормам организационно-хозяйственных мероприятий в различных категориях рекреационного ландшафта зелёных зон (Сериков, 2013).

Тематическая карта (рисунок 6), иллюстрирует распределение площади Сомовского лесничества по категориям рекреационного ландшафта и преобладающим формам рекреационного использования лесов, что легло в основу функционального рекреационного зонирования этой территории. По интенсивности посещения, преобладающим видам отдыха и формам рекреационного использования выделили категории рекреационного ландшафта: лесную и лесопарковую.

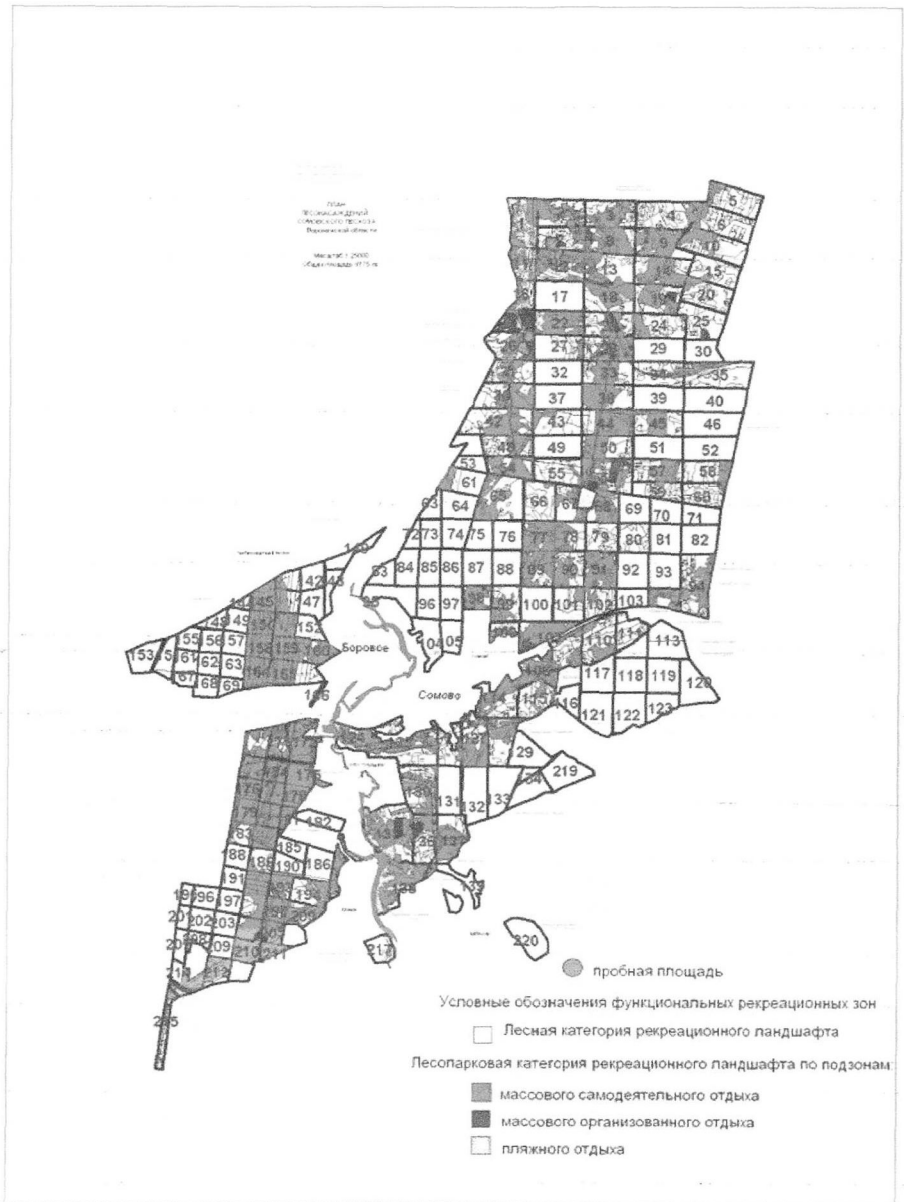


Рисунок 6 – Функциональное рекреационное зонирование территории Сомовского лесничества



На исследуемых пробных площадях в лесопарковой категории рекреационного ландшафта выделены подзоны: «Массового организованного отдыха», «Массового самодетельного отдыха» и «Пляжного отдыха». Объекты наших исследований в урочище «Маклок» входят в функциональную подзону «Массового самодетельного отдыха». Лесные участки с III и IV стадиями депрессии, находящиеся в зоне рекреационного воздействия турбаз «Лесная сказка» и «Коминтерновец», входят в функциональную подзону «Массового организованного отдыха». Их участки с I и II стадиями депрессии отнесены к подзоне «Массового самодетельного отдыха», как и все объекты исследованной урочища «Боровое».

**6.2. Рекреационная ёмкость природно-территориального комплекса и фактическое рекреационное использование.** Для лесной категории рекреационного ландшафта и для каждого участка лесопарковой категории рассчитаны величины предельно допустимых и фактических рекреационных нагрузок и показатели рекреационного использования лесов (по стадиям рекреационной депрессии): рекреационная плотность ( $R_d$  (чел час/га), рекреационная посещаемость ( $R_c$  (чел/га сезон), интенсивность рекреационная ( $R_i$  (чел/га сезон), рекреационное давление ( $D_r$  (чел /га сезон). Территория исследуемого объекта не имеет ограничений в пешеходной ландшафтной доступности при преобладании закрытого типа ландшафта, 2 класса санитарно-гигиенической оценки, 1 класса эстетической оценки, 3 класса устойчивости к рекреационным нагрузкам. Непрерывно возрастающий процесс посещения рекреантами типичных мест отдыха и туристических баз отдыха обуславливает постоянное расширение территорий, охваченных в той или иной степени рекреационной деятельностью. На I-й стадии депрессии посещение отсутствует. На II-й стадии депрессии насаждения подвергаются минимальному влиянию рекреантов (рекреационная плотность не превышает  $R_d \leq 5$  чел час/га), насаждения претерпевают небольшое воздействие, при этом сохраняют свою жизнеспособность. Насаждения, находящиеся на III-й и IV-й стадиях рекреационной депрессии испытывают чрезмерное воздействие в течение одного сезона, вызывающее деградацию фитоценозов ( $R_d$  от 17 до 64 чел час/га;  $R_c$  от 340 до 3200 чел/га сезон;  $R_i$  от 1700 до 6400 чел/га сезон). Рекреационное давление ( $D_r$ ) на IV-й стадии депрессии, с учётом преобладающей пикниковой формы рекреации, варьирует от 28000 до 44800 чел/га сезон. Лесные культуры сосны обыкновенной, произрастающие вблизи озера Маклок, пляжа на р. Уманка (п. Маклок, п. Боровое) испытывают наибольшее влияние со стороны рекреантов по всем показателям рекреационного использования. Вовлечение большей территории под рекреационное использование и улучшение организации имеющейся дает возможность снижения рекреационной нагрузки. В результате фактическая рекреационная нагрузка на обследованной территории Сомовского лесничества не превышает величины её экологической рекреационной ёмкости, то есть имеется запас неиспользуемого рекреационного ресурса, при этом необходимо введение режимов регулирования рекреационного использования этой территории, так как в «Лесопарковой категории рекреационного ландшафта» имеют место локальные

проявления начала деградации лесной среды, а в «Лесной категории рекреационного ландшафта» – недоиспользование рекреационного ресурса.

## ВЫВОДЫ

На основании результатов исследования можно сделать следующие выводы:

1. Интенсивность рекреационной дигрессии возрастает к центру антропогенного воздействия (турбаза и др.) и меняется от I-й стадии до IV-й-V-й. Средневзвешенная величина категории состояния древостоев возрастает от I к IV стадии дигрессии и достигает III,5: сильно ослабленные древостой.

2. С увеличением рекреационной нагрузки уменьшается видовое разнообразие подлесочных пород, проективное покрытие напочвенного покрова и доля лесных видов (ландыш майский, кочедыжник женский и др.). На IV-й стадии дигрессии преобладает сорная и злаковая растительность (чистотел большой, одуванчик лекарственный, вейник наземный).

3. Удельное сопротивление верхних слоев почвы вдавливанию возрастает с увеличением рекреационной нагрузки. На глубине 20-25 см удельное сопротивление составляет  $20,5 \text{ кг/см}^2$ , при этом на участке пятого типа (лесная дорога); приблизительно равное сопротивление наблюдается уже на глубине 3-5 см.

4. Низкие коэффициенты изменчивости радиального прироста деревьев чаще наблюдаются в годы с экстремумами климатических условий (засухи) или наоборот, в годы с очень благоприятными условиями. В 2011-2013 гг. на всех объектах исследований резко увеличился коэффициент изменчивости прироста, причем в древостое ненарушенном (I стадия дигрессии) его значения составили от 52,3 до 67,8 %, а на II-IV стадиях дигрессии – от 59,6 до 142,8 %.

5. Наиболее значимым лимитирующим фактором; объясняющим до 40 % изменчивости радиального прироста сосны (до 57 % – поздней древесины) в изучаемом регионе, является сумма осадков теплого периода. Сила влияния комплексного показателя увлажнения – ГТК Селянинова (гидротермический коэффициент) – достигает 55 %.

6. Кросс-спектральный анализ плотности рядов ГТК, сумм атмосферных осадков за апрель-октябрь, колебаний солнечной активности (в числах Вольфа) и радиального прироста деревьев выявил превалирование 11-12-летнего цикла на I стадии рекреационной дигрессии, а на IV стадии дигрессии – как 11-12-летних, так и более высокочастотных 3-4-х летних колебаний.

7. Радиальный прирост древостоев на II-й, III-й и особенно переходной к IV-й стадиях дигрессии имеет повышенную амплитуду колебаний. На IV-й стадии дигрессии амплитуда снижается, но резко нарушается цикличность прироста, происходит интенсивное падение прироста;

8. На территории Сомовского лесничества выделенная нами лесная категория ландшафта занимает 6262,5 га (68,3 %), лесопарковая – 2912,5 га (31,7 %), подзона «Массового организованного отдыха» составляет 46,5 га (0,5

%), «Пляжного отдыха» – 113,5 га (1,2 %), «Массового самостоятельного отдыха» – 2752,5 га (30 %).

9. Фактическая рекреационная нагрузка на обследованной территории Сомовского лесничества не превышает величины её экологической рекреационной ёмкости, однако необходимо введение режимов регулирования рекреационного использования этой территории.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

### Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1. Матвеев С.М. Лесоводственный и дендроклиматический анализ искусственных сосновых фитоценозов, подверженных рекреационной дигрессии в пригородной зоне г. Воронежа / С.М. Матвеев, А.В. Мироненко, Д.А. Тимашук // Журнал Сибирского Федерального университета. Серия Биология № 4. – 2015. – С. 409-423.

2. Тимашук Д.А. Состояние и устойчивость сосновых насаждений в условиях антропогенного воздействия (на примере турбазы «Лесная сказка») / Д.А. Тимашук // Лесотехнический журнал № 3. – 2015. – С. 102-112.

3. Тимашук Д.А. Лесоводственная оценка сосновых насаждений в зоне рекреационного воздействия в Воронежской области / Д.А. Тимашук, Э.Н. Потапова // Лесотехнический журнал № 1. – 2016. – С. 53-61.

### Статьи в журналах, индексируемых в Web of Science:

1. Matveev S.M. Climatic Changes in the East-European Forest-Steppe and Effects on Scots Pine Productivity / S.M. Matveev, Yu.G. Chendev, A.R. Lupo, J.A. Hubbard, D.A. Timashchuk // Pure and Applied Geophysics. – 2016. DOI 10.1007/s00024-016-1420-y.

### Статьи в журналах, тематических сборниках и материалах конференций:

1. Тимашук Д.А. Дендроиндикация рекреационной дигрессии сосновых насаждений в Усманском бору Воронежской области / Д.А. Тимашук, С.М. Матвеев // Воспроизводство, мониторинг и охрана природных, природно-антропогенных и антропогенных ландшафтов: материалы международной молодежной научной школы 14-15 июня 2012 г.; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». Воронеж. – 2012. – С. 272-276.

2. Тимашук Д.А. Состояние и динамика сосновых древостоев под влиянием рекреантов турбаз «Росинка» и «Летние зори» / Д.А. Тимашук // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». - Воронеж. – 2013. – №4 (4). – С. 112-119.

3. Тимашук Д.А. Изменчивость радиального прироста сосны как индикатор степени рекреационного воздействия / Д.А. Тимашук // Лесные

экосистемы в условиях меняющегося климата: проблемы и перспективы: материалы международной научно-технической юбилейной конференции 21-22 мая 2015 г. М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ».- Воронеж. – 2015.– С. 238-242.

4. Матвеев С.М. Дендроклиматический анализ сосны обыкновенной в Воронежском биосферном заповеднике / С.М. Матвеев, Д.А. Тимашук, Д. Вериссимо // Лесные экосистемы в условиях меняющегося климата: проблемы и перспективы: материалы международной научно-технической юбилейной конференции 21-22 мая 2015 г. М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ».- Воронеж. – 2015. – С. 226-230.

5. Тимашук Д.А. Цикличность радиального прироста сосны обыкновенной и климатических факторов в Воронежской области / Д.А. Тимашук, С.М. Матвеев // Мониторинг состояния, использования и воспроизводства лесов Европейской части Российской Федерации: материалы Всерос. молодежной науч.-практ. конф. 20 сент. 2016 г. М-во образования и науки Рос., Федерации, Фед. гос. бюджет. образоват. Учреждение высш. образования «Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г.Ф. Морозова». – Воронеж. – 2016.– С. 90-93.

Подписано в печать 15.12.2016 г. Формат бумаги 60×90 1/16

Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 2016-12-15-001

Отпечатано в типографии

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева 8