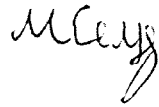


На правах рукописи



**Семёнов Михаил Александрович**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМНОГО  
БИОРАЗНООБРАЗИЯ  
ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИИ  
(НА ПРИМЕРЕ ЦНИНСКОГО ЛЕСНОГО МАССИВА)**

03.02.08 – экология

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

10 АПР 2014



005546999

Воронеж – 2014

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»

Научный руководитель                    доктор биологических наук, профессор  
**Харченко Николай Николаевич**

Официальные оппоненты:            **Румянцев Денис Евгеньевич**, доктор биологических наук, профессор,  
Московский государственный университет леса, кафедра ботаники  
и физиологии растений, профессор  
**Алехин Владимир Тихонович**, кандидат биологических наук,  
Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений  
Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, директор

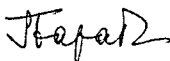
Ведущая организация                    Управление лесами Тамбовской области

Защита состоится 21 мая 2014 года в 16<sup>00</sup> на заседании диссертационного совета Д 212.038.05 созданного при ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет» по адресу: 394006, г. Воронеж, Университетская площадь д.1, аудитория 59

С диссертацией можно ознакомиться в Зональной библиотеке ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет» и на сайте <http://www.science.vsu.ru> (вкладки Наука – Защита диссертаций).

Автореферат разослан 25 марта 2014 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук,  
доцент



Барабаш Галина Ильинична

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Целью воспроизводства лесов является рациональное использование лесных земель, оптимизация формационной и возрастной структуры древостоев, повышение продуктивности, устойчивости и качества, сохранение и восстановление экосистемного биоразнообразия, улучшение экологической обстановки. Особенно сложно реализуется достижение этой цели в сосновых насаждениях монопородного состава, созданных искусственным путём.

В Центральной лесостепи подобные насаждения занимают до 30% площади лесного фонда. После вступления в силу нового Лесного кодекса 2006 года они были отнесены к категории защитных, т.е. выполняющих главным образом средообразующие экологические функции. Кроме того, лесные фитоценозы искусственного происхождения, по своей сути являются уникальными биологическими системами, первоначально созданными человеком, однако в дальнейшем развивающимися по естественным законам и принципам природы.

В настоящее время в условиях антропогенной трансформации ландшафтов для дальнейшего сохранения биологического разнообразия и устойчивого выполнения лесными экосистемами своих функций, необходима поддержка на нужном уровне процессов саморегуляции. Знание этих процессов позволит создавать искусственные лесные насаждения с нужным экологическим потенциалом при минимальном уходе за ними. Особое значение сейчас приобретает внедрение в практику лесного хозяйства таких способов лесовосстановления, при которых лесная среда меньше всего нарушается. Вышеуказанным условиям соответствует способ создания лесных культур биогруппами с сохранением лесной среды. В рамках данного исследования изучались экологические механизмы формирования экосистемного биоразнообразия при способах лесовосстановления биогруппами и рядами в условиях Цининского лесного массива, исторически самого крупного на территории Тамбовской области, где типичной породой является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Кроме того, в данных природно-климатических условиях эта древесная порода одна из немногих, способных устойчиво выполнять экологические функции.

Актуальность данного исследования заключается также в отсутствии теоретического обоснования способа лесовосстановления сосны обыкновенной биогруппами при его практическом применении в условиях рассматриваемого лесного массива.

**Цель работы** заключается в изучении экологических механизмов формирования экосистемного биоразнообразия при способах лесовосстановления посадками по рядам (рядами, культурами по рядам и др.) и биогруппами (с максимальным сохранением лесной среды на вырубках). Для достижения цели сформулированы следующие задачи:

1. Определить и проанализировать основные биометрические параметры деревьев сосны обыкновенной в биогруппах; изучить механизм конкурентных взаимоотношений как основу формирования экосистемного биоразнообразия насаждения; оценить жизнеспособность деревьев в биогруппах.
2. Исследовать влияние дендрофагов на лесные культуры сосны обыкновенной при способах лесовосстановления биогруппами и посадками по рядам.
3. Определить индексы точечного  $\alpha$ -разнообразия для фоновых древесно-кустарниковых пород и живого напочвенного покрова.
4. Построить модели хода роста деревьев сосны обыкновенной при различных способах лесовосстановления.
5. Разработать методические рекомендации по восстановлению лесов способом биогрупп на вырубках, с целью наиболее полной реализации экологического потенциала искусственных насаждений.

**Научная новизна.** В работе приведено сравнение двух способов лесовосстановления сосны обыкновенной: биогруппами и посадками по рядам. Дано научное обоснование различиям в процессе хода роста лесных культур, созданных рядами и биогруппами. Построены модели хода роста всех компонентов биогрупп по высотам и диаметрам. Разработаны методические рекомендации по закладке лесных культур биогруппами.

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

1. Структура лесных фитоценозов искусственного происхождения определяется способом лесовосстановления и формируется в результате действия конкурентных механизмов.
2. При лесовосстановлении биогруппами сохраняется лесная среда и под действием конкурентных механизмов формируется экосистемное биологическое разнообразие, типичное для типа лесорастительных условий С<sub>3</sub>. При этом индекс Шеннона в биогруппах в среднем возрасте составляет 0,36, а посадках по рядам – 0,1. Живой напочвенный покров характеризуется большим биоразнообразием в биогруппах ( $H' = 0,63$ ), чем в культурах по рядам ( $H' = 0,42$ ). Таким образом, биогруппы характеризуются большим уровнем экосистемного биоразнообразия.
3. Лесные фитоценозы, формирующиеся из биогрупп, отличаются большей устойчивостью к копытным животным и насекомым-фитофагам (в биогруппах количество повреждённых деревьев копытными животными составляет менее 10%, а количество насекомых-фитофагов, приходящихся на 1 ствол, в 2,7 раза меньше, чем для культур в рядах). Также они характеризуются большей жизнеспособностью и устойчивостью.
4. Модели хода роста деревьев биогрупп и культур в рядах имеют полиномиальный характер с высоким коэффициентом аппроксимации, что свидетельствует об одинаковой направленности биологических процессов, но разной их скорости.

**Практическая значимость** работы заключается в научном обосновании способа лесовосстановления биогруппами как менее затратного, менее трудоёмкого и более экологичного. Применение данного способа позволит повысить устойчивость лесных экосистем, ход процессов развития будущего насаждения максимально приблизить к естественному. В итоге сформируется насаждение, характеризующееся высоким экологическим потенциалом и способностью долговременного выполнения экологических функций.

**Предмет и область исследования.** Предметом исследования являются искусственные лесные фитоценозы, где лесовосстановление производилось способом биогрупп и посадками по рядам. Область исследования – внутривидовые и межвидовые взаимоотношения внутри растительных сообществ, восстанавливаемых искусственным путем. Результаты исследования применимы к биоценологическому уровню организации живой материи и имеют важное научное значение.

**Обоснованность выводов и достоверность результатов** определяются достаточным количеством экспериментальных данных и их статистической обработкой. Достоверность построенных моделей ходов роста подтверждается величиной коэффициента аппроксимации. Использование стандартных методов исследования в лесном хозяйстве, статистическая обработка материалов с помощью ЭВМ позволили в ходе написания данной работы избежать грубейших ошибок и неточностей (Microsoft Excel 10, IBM SPSS Statistics 21).

**Личный вклад автора** заключается в сборе экспериментальных данных, анализе материалов исследования, их статистической обработке, обобщении результатов исследования, написании выводов и рекомендаций.

**Апробация работы.** Основные положения работы докладывались и обсуждались на следующих научно-практических конференциях: «Воспроизводство, мониторинг и охрана природных, природно-антропогенных и антропогенных ландшафтов» (Воронеж 2012 г.), «Разработка комплекса технологий рекультивации техногенно нарушенных земель» (Воронеж 2012 г.).

Результаты работы отражены в пяти публикациях, три из них в изданиях списка ВАК.

**Структура и объем рукописи.** Общий объем диссертации составляет 212 страниц, включающих общую характеристику работы, введение, 5 глав, основные выводы, библиографический список, три приложения. Материалы исследований содержат 34 таблицы и 46 рисунков, 3 приложения. Список использованной литературы содержит 212 наименований, из них 13 на иностранном языке.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю, доктору биологических наук, профессору Харченко Николаю Николаевичу за помощь в работе над диссертацией; а также профессору Харченко Николаю Алексеевичу – за научные консультации по некоторым проблемам научного направления работы; доценту Писаревой Светлане Вячеславовне – за консультацию по математическому обоснованию работы.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ИЗУЧАЕМОМУ ВОПРОСУ

В разделе дано определение термина «биологическое разнообразие», рассмотрены его уровни и типы (Уиттекер, 1980). Приведен обзор литературы по тематике исследования (Морозов, 1949, Урсул, 1967, Медоуз, 1972, Чернов, 2003, Харченко 1985, Лопатин, 1997, Харченко, 2003, Харченко, 2005 и многие другие). Рассмотрены основные гипотезы происхождения биологического разнообразия (Пианка, 1981, Джиллер, 1988, Старобогатов, 1997). Приведены теоретические основы формирования лесных фитоценозов при искусственном лесовосстановлении в зависимости от абиотических и биотических факторов, а также проанализированы экологические механизмы формирования экосистемного биологического разнообразия лесных экосистем (Шмальгаузен, 1939, Камшилов, 1961, Пузаченко, 1981, Северцов, 1990 и другие). Изложена аргументация авторов по целесообразности создания лесных культур сосны обыкновенной методом био групп с сохранением лесной среды на вырубках (Колданов, 1966, Журихин, 1977, Харченко, 1985). Понятие биогруппа трактуется как элементарная самодостаточная единицу рассматриваемого фитоценоза (Харченко, 1985, Харченко, 2013, Семёнов, 2013).

## ГЛАВА 2. РАЙОН, ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В главе 2 приведена характеристика природно-климатических условий Центральной лесостепи и Тамбовской области. Приведена также краткая характеристика лесов Цнинского лесничества.

Сбор исходных данных осуществлялся в полевые периоды 2012-2013 годов путем закладки пробных площадей в сосновых древостоях искусственного происхождения на территории Цнинского лесного массива. Все пробные площади размещены в преобладающем типе лесорастительных условий С<sub>3</sub>, типе леса сосняке дубово-разнотравном.

Полевые исследования на опытных объектах производились общепринятыми методами изучения состояния и продуктивности биогеоценозов (Тюрий, 1945; Сукачев, 1964; Программа и методика биогеоценотических исследований, 1966; Семечкин, 1970; Корчагин, 1976; Лесотаксационный справочник, 1980; Тарасов, 1981; Селочник, 1987; Алексеев, 1989; Общесоюзные нормы для таксации лесов, 1992; Наставление по защите лесных культур и молодняков от вредных насекомых и болезней, 1997; Методика учета ущерба, нанесенного копытными-дендрофагами лесному хозяйству, 1997; Демаков, 2000 и др.).

Всего заложено 9 пробных площадей, краткая характеристика которых приведена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика пробных площадей

№ ПП	№ квартала	№ выдела	Площадь, га	Кол-во биогрупп на 1 га, шт.	Возраст, лет
1	17	36	1,1	250	6
2	2	54	0,9	250	6
3	2	44	0,6	230	15
4	10	3	10	250	21
5	18	22	7,2	230	21
6	10	20	8,6	230	24
7	27	22	3,6	230	39
8	27	1	2,5	230	41
9	31	20	6,5	250	46

Расчёт индекса точечного  $\alpha$ -разнообразия производился для древесной составляющей и живого напочвенного покрова по формуле Шеннона (Андреев, 2002, Протасов, 2002):

$$H' = -\sum p_i \cdot \log p_i \quad (1)$$

### ГЛАВА 3. ОСОБЕННОСТИ ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ, СОЗДАННЫХ МЕТОДОМ БИОГРУПП

#### 3.1 Основные параметры насаждения и их статистический анализ

Количество биогрупп на пробных площадях колеблется от 230 до 250 штук на 1 гектар. Максимальная густота отмечена в возрасте 15 лет и составляет 7200 (штук на 1 гектар). Максимальный размер пробной площади составляет 8,6 га и отмечен в возрасте 24 лет, минимальный 1,6 га (возраст 6 лет).

Основные биометрические параметры деревьев центральных и крайних рядов биогрупп и их статистическая обработка приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Средние статистические параметры древостоя центральных рядов биогрупп

№ ПП	$D_{cp} \pm m$	$\delta$	$H_{cp} \pm m$	$\delta$
1	2,5±0,17	1,15	1,6±0,1	0,58
2	2,3±0,2	0,9	1,6±0,1	0,6
3	7,6±0,62	3,6	8,2±0,45	2,6
4	9,6±0,42	2,4	9,5±0,37	2,1
5	12,3±0,7	4	10,9±0,53	2,9
6	13,8±0,89	4,9	12,3±0,57	3,1
7	20±0,6	3,4	20±0,28	1,6
8	21,5±0,58	3,3	21,1±0,28	1,6
9	24,7±1,1	6,0	23±0,65	3,7

Максимальное значение стандартного отклонения от средней величины отмечено для среднего диаметра и высоты в возрасте 46 лет. Минимальное отклонение средней величины по диаметру и высоте установлено для шестилетних культур.

Таблица 3. Средние статистические параметры древостоя крайних рядов биогрупп

№ ПП	$D_{cp} \pm m$	$\delta$	$H_{cp} \pm m$	$\delta$
1	1,9±0,07	0,8	1,4±0,06	0,5
2	2,2±0,1	0,9	2,3±0,1	0,8
3	8,8±0,7	4,1	8,3±0,52	3,1
4	11,1±0,7	4	10,6±0,6	3,4
5	10,7±0,65	4,2	10,1±0,51	3,3
6	11,3±0,47	2,8	11,1±0,32	1,9
7	18,3±0,75	4,6	19,0±0,76	4,7
8	20,6±0,62	3,5	22,8±0,35	2,0
9	26,7±0,98	6,1	24,5±0,64	4,0

Для деревьев крайних рядов биогрупп характерно: диаметр максимально варьирует в возрасте 46 лет; максимальное отклонение высоты отмечено в 39 лет. Минимальные значения стандартное отклонение для диаметров и высот принимает в шестилетних молодяках.

Статистические показатели свидетельствуют о достоверности биометрических параметров и их распределения.

Рассчитанные в диссертации коэффициенты вариации (CV) позволяют судить о более интенсивном течении внутривидовой конкуренции в молодом возрасте (до 15 лет), далее CV

понижается и для 46 летних насаждений не превышает стандартного значения ( $CV=30-35$ ) (Рубцов, 1976).

### 3.2 Структура биогрупп и конкурентные механизмы

Изучение распределения деревьев биогрупп по классам роста Крафта даёт некоторое представление о структуре насаждения. На основании исходных данных, нами составлена сводная таблицы распределения деревьев центральных и крайних рядов биогрупп по силе роста (табл. 4).

Таблица 4. Распределение деревьев центральных и крайних рядов биогрупп по классам роста Крафта

№ ПП	Возраст, лет	Размещение в площадках, м	К-во деревьев, шт.	Распределение по классам Крафта, %			
				I	II	III	IV
Деревья центральных рядов биогрупп							
1	6	3,5x2	42	36	24	31	9
2	6	3x2	31	19	36	23	22
3	15	3,8x2	30	37	13	23	27
4	21	2,4x2	32	67	3	18	12
5	21	3x2	30	60	-	33	7
6	24	3x2	30	63	6	3	28
7	39	3x2	34	94	-	6	-
8	41	2x2	32	91	6	3	-
9	46	2x2	32	73	-	12	15
Деревья крайних рядов биогрупп							
1	6	3,5x2	68	36	10	31	23
2	6	3x2	53	13	42	15	30
3	15	3,8x2	36	44	3	31	22
4	21	2,4x2	32	50	-	25	25
5	21	3x2	31	39	-	32	29
6	24	3x2	35	80	-	11	9
7	39	3x2	38	76	-	13	11
8	41	2x2	32	72	-	25	-
9	46	2x2	38	52	-	24	24

На пробных площадях 1-4 (возраст 6-21) и 6 (24 года) в центральных рядах биогрупп произрастают деревья, отнесённые к первым четырём классам роста Крафта. Для более старшего возраста характерно отсутствие деревьев второго или четвёртого класса роста, так, например, на пробных площадях 7 и 8 (39 лет и 41 год) отсутствуют деревья IV класса роста. С 20 летнего возраста в центральных рядах биогрупп преобладают – деревья только I класса роста Крафта (их доля составляет более 50 процентов). Для возрастов 6 лет, 24 года и 46 лет характерно наличие значительной доли угнетённых деревьев сосны обыкновенной (табл.4). Деревья крайних рядов имеют несколько другое распределение по классам роста: в более молодом возрасте отмечены деревья I-IV классов роста. В более поздние периоды роста, количество отстающих деревьев сокращается. Преобладают деревья I класса роста – то есть с наилучшим развитием (табл. 4). Данное распределение также можно объяснить действием биотических факторов: а именно конкурентными взаимоотношениями.

Таким образом, в структурном распределении деревьев центральных и крайних рядов по классам роста Крафта наблюдаются различия (рис.1.).

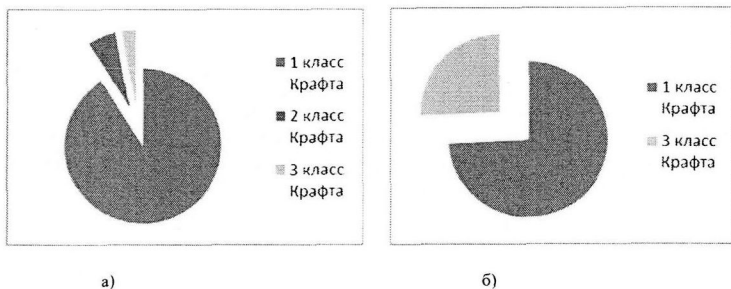


Рис. 1. Диаграмма распределения деревьев биогрупп по классам Крфта для возраста в 41 год

а-центральные ряды

б-крайние ряды

В возрасте 41 года в центральных рядах отмечены деревья I-III классов роста Крфта, в крайних рядах – I и III классов роста. В более молодом возрасте (6-15 лет) эти различия проявляются наиболее полно.

В посадках сосны обыкновенной по рядам отмечены преимущественно деревья II и III классов роста Крфта.

При формировании лесных фитоценозов сосны обыкновенной искусственного происхождения (созданных методом биогрупп) особое значение имеет внутривидовая конкуренция. Именно этот параметр регулирует сообщество, поддерживая его плотность на стабильном уровне.

Внутривидовая конкуренция имеет количественное выражение (табл.5):

$$K = \frac{Vg}{A}, \quad (2)$$

Таблица 5. Индексы внутривидовой конкуренции

№ ПП	Возраст, лет	V, первоначальная густота, шт/га	A, густота для данного возраста, шт/га	K
1	6	6000	4560	0,10
2	6	6000	4200	0,15
3	15	7200	1512	0,68
4	21	4500	945	0,68
5	21	4600	1242	0,59
6	24	4600	782	0,77
7	39	4600	874	0,72
8	41	4600	966	0,68
9	46	4600	690	0,82



Индекс конкуренции изменчив с возрастом (табл. 5). Поскольку эта величина логарифмическая, то наибольшей остроты конкурентные взаимоотношения достигают в возрасте 6 лет. Минимальным проявлением данного типа биотических взаимоотношений характеризуются био группы 46-летнего возраста. Для возрастов от 15 лет до 41 год рассчитываемый коэффициент изменяется в пределах 0,59-0,77. Его значение в первую очередь возрастает пропорционально отпаду деревьев (чем интенсивнее развивались в био группах конкурентные механизмы, тем больше был отпад деревьев).

Таким образом, конкурентные механизмы играют большую роль в формировании структуры лесных фитоценозов. Интенсивность как внутривидовых, так и межвидовых конкурентных взаимоотношений определяется применяемым способом лесовосстановления. Так, например, при лесовосстановлении рядами данный показатель меньше, о чем свидетельствует распределение деревьев по классам роста. Чем выше интенсивность конкуренции, тем больше степень самоизреживания древостоя с возрастом и более выражен процесс естественного отбора, который реализуется путем борьбы за существование.

Итогом действия конкурентных механизмов является определённая структура лесного фитоценоза, которая при лесовосстановлении био группами представлена двумя составляющими: фоновыми и древесными породами био групп. Внутривидовая и межвидовая конкуренции приводят к формированию определённого уровня флористического биоразнообразия, которое в свою очередь порождает разнообразие животного мира. В итоге формируется экосистемное биологическое разнообразие.

### 3.3 Показатели жизнеспособности деревьев био групп

Биологическое разнообразие связано с жизнеспособностью, устойчивостью, продуктивностью и другими важнейшими характеристиками биосистем, а также с условиями среды, в которой живые организмы существуют. Выявление возможных механизмов этой связи необходимо для объяснения наблюдаемых закономерностей распределения биоразнообразия и изучения механизмов его формирования в разных природных условиях.

В ходе своего развития любая экосистема стремится достигнуть состояния с максимальной жизнеспособностью отдельных деревьев, составляющих ее. При действии факторов, выводящих сообщество из состояния равновесия, начинается его приспособление к новым условиям окружающей среды. Можно считать, что уровни разнообразия ненарушенных природных систем наиболее близки к оптимальным значениям. Искусственное снижение и повышение внутреннего разнообразия биосистем, а также быстрые изменения среды ведут к снижению их жизнеспособности.

Сравнительный анализ жизнеспособности рядовых культур и био групп приведён в таблице 6.

Таблица 6. Сравнительный анализ жизнеспособности деревьев сосны обыкновенной в био группах и рядах

№ ПП	Возраст, лет	Показатели жизнеспособности		
		деревьев центральных рядов био групп	деревьев крайних рядов био групп	деревьев посадок по рядам
1	2	3	4	5
1	6	50	65	206
2	6	73	80	201
3	15	35	28	182
4	21	15	12	189

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5
5	21	10	14	181
6	24	18	16	179
7	39	9	13	162
8	41	6	6	150
9	46	5	5	134

Посадки по рядам характеризуются средней жизнеспособностью (в возрасте от 6 до 24 лет) и высокой (39-46 лет). Для биогрупп показатель жизнеспособности соответствует классу деревьев с очень высокой жизнеспособностью (6-46 лет). Рассматриваемый показатель определяется различными параметрами. Основные из них: способ лесовосстановления, размер биогрупп.

При лесовосстановлении биогруппами в типе условий С<sub>3</sub>, лесной фитоценоз характеризуется очень высокой жизнеспособностью и как следствие – высокой устойчивостью, то есть защитные механизмы биотической регуляции функционируют на достаточном уровне.

### 3.4 Влияние биотических факторов на формирование биогрупп

В данной главе рассмотрено влияние организмов-фитофагов на сосновые фитоценозы, поскольку изучение данного вопроса дает представление об устойчивости биосистем.

#### 3.4.1 Влияние копытных животных на биогруппы и рядовые культуры

Выделено 4 вида повреждений деревьев копытными животными:

- скусывание вершинного или замещающего вершину побега (рис.2,3);
- объедание боковых побегов (рис.2);
- залом ствола;
- погрызы коры.



Рис. 2. Деревце сосны обыкновенной со скусенным осевым побегом и обглоданными боковыми ветвями (фото автора, 2012 год)



Рис. 3. Деревце сосны обыкновенной со скусенным осевым побегом (фото автора, 2012 год)

В рамках данного исследования производился подсчет деревьев сосны обыкновенной, повреждённых копытными животными на ПП1 и ПП2 и сравнение их с контрольными данными (за контроль принято такое же количество деревьев сосны обыкновенной в рядах в возрасте 6 лет) (таблица 7).

Таблица 7. Количество деревьев сосны обыкновенной, повреждённых копытными в биогруппах

№ ПП	Возраст, лет	Учтено деревьев в биогруппах, шт.	Повреждено копытными в биогруппах, шт.	В том числе повреждено в биогруппах		Контроль	
				в центральных рядах, шт.	в крайних рядах, шт.	учтено, шт.	повреждено, шт.
1	6	110	6	1	5	110	47
2	6	115	9	2	7	115	62

В биогруппах и культурах по рядам при изучении повреждений копытными учтено в общей сложности 450 деревьев в возрасте шести лет (табл. 7). Большой степенью повреждения характеризуются рядовые насаждения, меньшей степенью – биогруппы. При учете было замечено, что копытными животными повреждаются довольно часто деревья осины, произрастающие на фоне. В биогруппах степень повреждения невелика (менее 10 %, причём для центральных рядов характерно наличие меньшего количества повреждённых деревьев).

Процентное соотношение видов повреждений культур сосны обыкновенной копытными животными приведено в таблице 8.

Таблица 8. Соотношение видов повреждений различных способов лесовосстановления, %

№ ПП	Возраст, лет	Соотношение различных видов повреждений,%					
		культуры сосны обыкновенной по рядам			культуры сосны обыкновенной в биогруппах		
		Виды повреждений			Виды повреждений		
		Скусывание осевого побега	Заломы боковых ветвей	Обгладывание боковых ветвей	Скусывание осевого побега	Заломы боковых ветвей	Обгладывание боковых ветвей
1	6	40	31	29	-	84	16
2	6	42	30	28	-	81	19

В условиях Циннского лесного массива встречаются следующие повреждения: скусывание осевого побега, заломы и обгладывание боковых ветвей (табл. 8). В биогруппах чаще всего встречается повреждение боковых ветвей. В рядах же встречаются все три перечисленных вида повреждений, причём на долю скусывания осевого побега приходится не менее 40 % всех учтённых деревьев (на два остальных вида повреждения приходится примерно по 30%). Повреждение осевого побега приводит к формированию многовершинности. Заломы и обгладывания боковых ветвей препятствует нормальному развитию отдельных деревьев. Структура био групп позволяет деревьям центральных рядов оставаться защищёнными от повреждений копытными животными, а процесс очищаемости от сучьев идёт более интенсивно.

Таким образом, лесные культуры, созданные по био группам, менее повреждаются копытными животными в сравнении с посадками по рядам.

#### 3.4.2 Влияние насекомых-фитофагов на био группы и рядовые посадки

Насекомые фитофаги являются важным биотическим фактором, который необходимо учитывать при изучение лесных сообществ. На формирование будущего молодого насаждения наибольшее отрицательное влияние оказывает сосновый подкорный клоп (*Aradus cinnamomeus* Panz.).

Данные по обследованию деревьев био групп на зараженность сосновым подкорным клопом приведены в таблице 9.

Таблица 9. Учет соснового подкорного клопа на ПП

№ ПП	Количество учтённых деревьев, шт.	Возраст, лет	Количество подкорных клопов в био группах, шт.	В том числе в био группах		Количество подкорного клопа в био группах, шт./1 ствол	Количество подкорного клопа в рядах, шт./1 ствол
				в центральных рядах, шт.	в крайних рядах, шт.		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	30	6	210	30	180	7	12
2	30	6	180	10	160	6	12
3	30	15	300	40	260	10	37

## Окончание таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7	8	
4	30	21	450	30	420	15	45	
5	30	21	435	32	403	15	45	
6	30	24	408	38	370	14	24	
7	30	39	Подкорный клоп не выявлен					
8	30	41						
9	30	46						

В пределах каждой возрастной группы было обследовано по 30 деревьев отдельно в биогруппах и в рядах. Количество подкорных клопов, приходящееся в среднем на один ствол биогрупп, характеризует рассматриваемый нами фитоценоз как слабо зараженный (табл.9).

В биогруппах сосны обыкновенной (6 лет - 24 года) подкорный клоп встречается преимущественно в крайних рядах (более 90%). Данный факт объясняется большей степенью освещенности деревьев крайних рядов.

Сравнение данных по численности соснового подкорного клопа в биогруппах и посадках по рядам, показывает, что деревья биогрупп заражены данным вредителем в меньшей степени (табл.9).

Таким образом, при лесовосстановлении биогруппами формируемое насаждение будет меньше подвержено воздействию насекомых-фитофагов.

### 3.5. Характеристика фоновых пород

В рамках данного исследования нами было рассчитано точечное  $\alpha$ -разнообразие. Расчёты были произведены в сравнении с Контролем, которым послужили рядовые лесные культуры сосны обыкновенной искусственного происхождения в возрасте 46 лет.

Данные по расчёту показателей биоразнообразия древесных пород приведены в таблице 10.

Таблица 10. Показатели биологического разнообразия древесных пород

№ ПП	Возраст, лет	Индекс Шеннона, H'	Индекс выравненности	Индекс видового богатства
1	2	3	4	5
1	6	0,64	0,39	0,21
2	6	0,45	0,41	0,12
3	15	0,46	0,42	0,19
4	21	0,38	0,35	0,35
5	21	0,3	0,43	0,19

## Окончание таблицы 10

1	2	3	4	5
6	24	0,41	0,42	0,32
7	39	0,33	0,3	0,39
8	41	0,44	0,32	0,4
9	46	0,36	0,33	0,42
Контроль	46	0,1	0,14	0,13

Индекс Шеннона принимает максимальное значение в возрасте 6 лет. Значение данного показателя зависит в большей степени от состава древостоя на пробной площади. Минимальное значение индекса биоразнообразия отмечено в 21 год. Индекс выравненности имеет значение меньше 1. Колебания его по возрастам незначительны. Снижение с возрастом таких показателей, как индекс Шеннона и индекс выравненности, объясняется изменением состава древесных пород на фоне и естественным процессом изреживания древостоя. Индекс видового богатства также изменяется с возрастом и максимальное значение принимает в возрасте 46 лет, что говорит о более богатом составе древесных пород, произрастающих на фоне в этом отрезке времени.

При сравнении с Контролем можно сделать вывод: рассчитанные показатели (индекс Шеннона, индекс выравненности, индекс видового богатства) для лесных культур, созданных био группами, гораздо выше, чем для рядовых лесных культур того же возраста (табл. 10).

Таким образом, лесные фитоценозы, где закладка лесных культур проводилась методом био групп, имеют более высокое точечное биологическое разнообразие древесных пород. Соответственно с таким видовым составом насаждение будет выполнять экологические функции более устойчиво.

### 3.6 Характеристика напочвенного покрова

Виды травянистых растений, отмеченные на пробных площадях относятся к двум основным эколого-ценотическим группам – бореальные (осока волосистая, гравилат городской, звездчатка ланцетовидная, земляника лесная, фиалка удивительная и др.) и неморальные (копытень европейский, купена лекарственная, сныть обыкновенная, медуница неясная и др.).

Наибольший вклад в биоразнообразие вносят растения, составляющие живой напочвенный покров на фоне.

В процессе проведения данного исследования были также рассчитаны индексы биоразнообразия для напочвенного покрова. Расчётные данные приведены в таблице 11.

Таблица 11. Показатели биологического разнообразия напочвенного покрова

№ п/п	Возраст, лет	Индекс Шеннона, $H'$	Индекс выравненности
1	2	3	4
1	6	0,13	-
2	6	0,22	0,32
3	15	1,10	0,48
4	21	0,46	0,29
5	21	0,49	0,30

#### Окончание таблицы 11

1	2	3	4
6	24	0,34	0,31
7	39	0,69	0,33
8	41	0,70	0,39
9	46	0,63	0,39
Контроль	46	0,42	0,30

Индекс биологического разнообразия Шеннона изменяется с возрастом и принимает максимальное и минимальное значения в 15 и 6 лет соответственно (табл. 11). Индекс выравненности изменяется в пределах от 0,29 до 0,48. Большой вклад в формирование биоразнообразия напочвенного покрова рассматриваемого фитоценоза вносят травянистые растения, произрастающие на фоне.

В 46-нем возрасте индекс Шеннона составляет 0,63, что меньше чем в 15 лет. Данный факт объясняется размерами биогрупп (для 15 лет размеры равны 3,5x2 м, а для 46 лет 2x2 м).

В сравнении с культурами по рядам биогруппы в возрасте 46 лет имеют более высокий индекс биоразнообразия Шеннона, что свидетельствует о большем разнообразии напочвенного покрова рассматриваемых нами фитоценозов. Напочвенный покров на фоне не формируется заново, а сохраняется при данном способе производства лесных культур.

#### ГЛАВА 4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ХОДА РОСТА В БИОГРУППАХ

На рисунках 4,5 представлены модели хода роста деревьев биогрупп по диаметрам и высотам в сравнении с посадками по рядам.

Деревья сосны обыкновенной, созданные по рядам, имеют более высокий потенциал роста по высоте и диаметру до возраста в 7-8 лет. После смыкания биогрупп (этот возраст примерно составляет 7-8 лет) ситуация меняется: деревья биогрупп преобладают в росте по высоте и диаметру.

Деревья центральных рядов биогрупп имеют тенденции к большему росту по высоте, деревья крайних рядов биогрупп преобладают, в основном по диаметру. В более молодом возрасте, имеются деревья, отнесённые нами к различным классам роста. Их количество в пределах биогрупп на пробных площадях варьирует (глава 3).

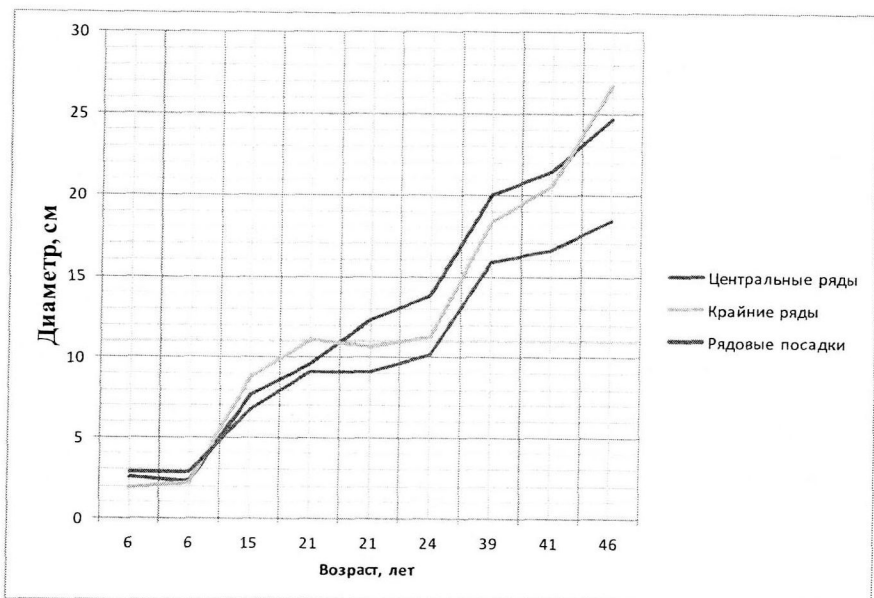


Рис. 4. Ход роста по диаметру деревьев, созданных био группами и по рядам

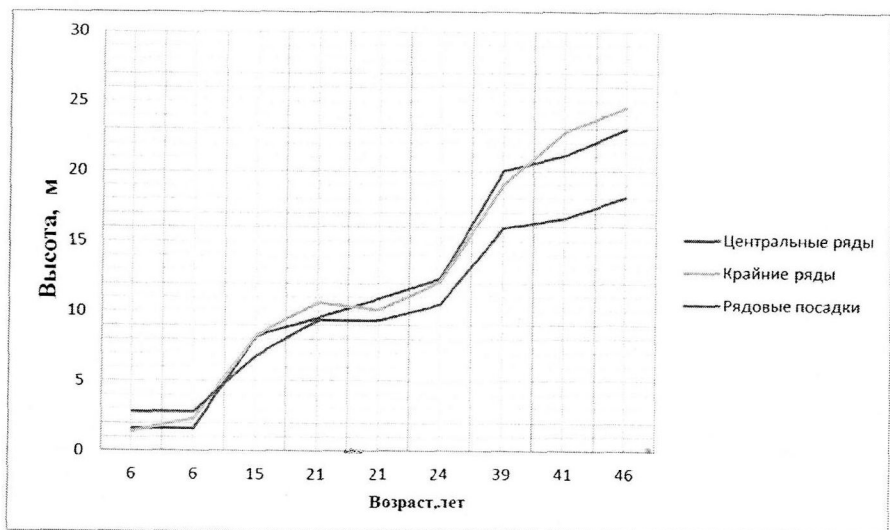


Рис. 5. Ход роста по высоте деревьев, созданных био группами и по рядам



Биогруппы и посадки по рядам характеризуется одинаковой направленностью биологических процессов. Однако скорость течения этих процессов неодинакова, и зависит от потенциала экосистемы в целом и ее составных частей в частности. Как известно, сукцессионный процесс невозможно остановить (Красилов, 1990). Возможно, лишь его замедлить внешними возмущающими факторами.

На основании полученных данных построены модели роста деревьев биогрупп по диаметрам и высотам в зависимости от возраста (рис. 6-7). Модели имеют вид полиномиальной зависимости с коэффициентом аппроксимации, близким к 1.

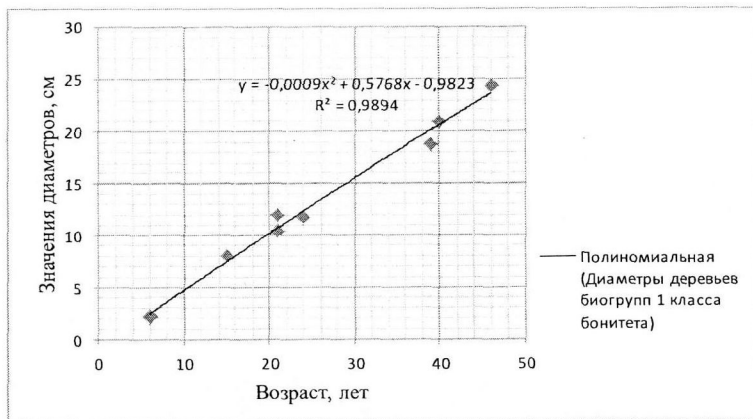


Рис. 6. Модель хода роста деревьев биогрупп по диаметру

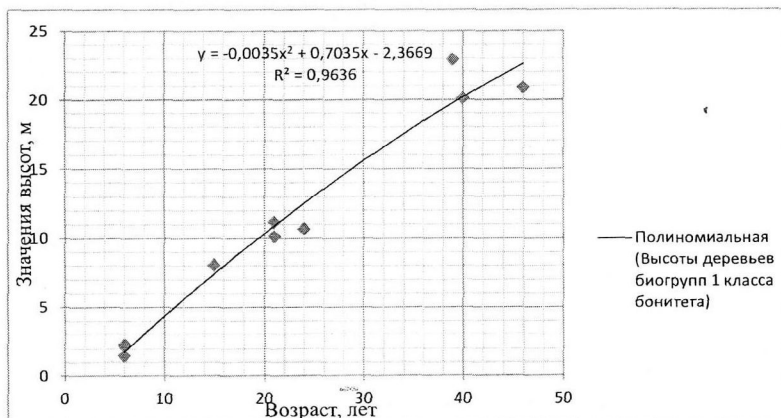


Рис. 7. Модель хода роста деревьев биогрупп по высоте

В результате исследования получены следующие уравнения, описывающие развитие лесных культур сосны обыкновенной по диаметрам и высотам:

Для культур по рядам:

$$D_{cp} = -0,0008x^2 + 0,4267x + 0,4462 \quad (3)$$

$$H_{cp} = -0,0021x^2 + 0,4931x - 0,1264 \quad (4)$$

Для био групп:

$$D_{cp} = -0,0009x^2 + 0,5768x - 0,9823 \quad (5)$$

$$H_{cp} = -0,0035x^2 + 0,7035x - 2,3669 \quad (6)$$

Общий вид зависимости представляет собой уравнение:

$$y = -ax^2 + bx - c \quad (7)$$

С точки зрения геометрического смысла производной (Пискунов, 1996) производная от  $y$  (обозначим её как коэффициентом  $k$ ) ,будет равна:

$$k = -2ax + b, \quad (8)$$

где  $b$  – коэффициент роста.

Таким образом, рассматриваемый коэффициент больше для моделей био групп по сравнению с моделями бороздным культур. Поскольку аргументом данной функции является возраст, то величина коэффициента  $k$  будет определяться величиной коэффициента  $b$ . Следовательно, деревья био групп имеют более высокий коэффициент роста (для диаметров 0,5768 и 0,7035 для высот), что и определяет их устойчивость и способность стабильно выполнять экологические функции.

## ГЛАВА 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР БИОГРУППАМИ

При способе лесовосстановления био группами подготовку почвы целесообразно производить с помощью бульдозера, который применяется для сдвигания верхнего слоя почвы в валки. Например, можно применять бульдозер ДЗ-42 на базе гусеничного трактора ДТ-75ДРС-2 (или аналоги). Снятие (сдвигание) верхнего слоя почвы приводит к её минерализации.

Оптимальная площадь одной био группы 3х2,5 метра (ширина определяется шириной отвала бульдозера ДЗ-42). Именно при таких размерах био группы будет самодостаточной, деревья будут хорошо дифференцированы по классам роста Крафта. И к возрасту спелости на 1 гектар густота будет оптимальной (за счёт деревьев био групп и фоновых пород).

Особенностью данного способа создания лесных культур является максимальное сохранение лесной среды на вырубке. Обеспечение защиты био групп от воздействия сорной растительности основывается на технике подготовки почвы.

Данный способ лесовосстановления не подразумевает проведение агротехнических и механических уходов, поскольку с момента смыкания крон в био группах включаются естественные

механизмы регуляции, поддерживающие сообщество биогрупп в равновесном устойчивом состоянии продолжительно долгое время.

Структура формирующихся биогрупп обеспечивает защиту от фитофагов.

Кроме того, способ лесовосстановления биогруппами выгоден и с экономической точки зрения – экономия затрат на 1 гектар составляет 7541 рубль 40 копеек.

## **ВЫВОДЫ:**

1. Действие механизмов конкурентного взаимодействия в исследуемых древостоях выражается следующими закономерностями: при лесовосстановлении биогруппами в составе насаждения преобладают деревья 1-4 классов роста Крафта (процентное соотношение соответственно равно 55%, 8%, 20%, 17%). В культурах сосны обыкновенной по рядам преобладают деревья 2 и 3 классов Крафта (54% и 25%). Интенсивность внутривидовой конкуренции в биогруппах выше в молодняках ( $K=0,1$ ) и ниже в среднем возрасте ( $K=0,82$ ). В посадках сосны обыкновенной по рядам до 10-летнего возраста деревья практически не различаются по диаметрам и высотам. Поскольку при лесовосстановлении биогруппами сохраняется лесная среда, то благодаря конкурентным механизмам формируется экосистемное биоразнообразие, соответствующее типу лесорастительных условий  $C_3$ .
2. При закладке лесных культур биогруппами в типе условий  $C_3$ , лесной фитоценоз будет характеризоваться очень высокой жизнеспособностью и как следствие – высокой устойчивостью (соотношение  $H/G$  в возрасте от 6 до 46 лет не превышает 125 баллов). Соотношение  $H/G$  для культур по рядам изменяется от 206 (возраст 6 лет) до 134 (возраст 46 лет). Следовательно, они характеризуются средней (6-24 лет) и высокой (39-46 лет) жизнеспособностью.
3. Лесные культуры, созданные по биогруппам, менее повреждаются фитофагами в сравнении с посадками по рядам. В биогруппах повреждения копытными составляют в среднем менее 10%, а в культурах по рядам – более 40%. При лесовосстановлении биогруппами формируемое насаждение будет меньше подвержено воздействию насекомых-фитофагов (в биогруппах на один ствол приходится количество особей соснового подкорного клопа в 2,7 раза меньше, чем в культурах по рядам). Деревья биогрупп не повреждаются корневой губкой, благодаря наличию фоновых пород.
4. Коэффициент Шеннона для средневозрастных насаждений составляет 0,42 для биогрупп, что больше, чем данный показатель для культур по рядам того же возраста (0,13). Биогруппы характеризуются большим уровнем биологического разнообразия, чем посадки по рядам.
5. В сравнении с культурами по рядам биогруппы в возрасте 46 лет имеют больший индекс биоразнообразия Шеннона для живого напочвенного покрова (0,63 и 0,42 соответственно), что свидетельствует о большем его разнообразии рассматриваемых нами фитоценозов. Живой напочвенный покров на фоне не формируется заново, а сохраняется при способе производства лесных культур биогруппами.
6. Зависимость биометрических параметров биогрупп и посадок по рядам носит полиномиальный характер, что свидетельствует об одинаковой направленности биологических процессов. Однако деревья биогрупп имеют более высокий коэффициент роста (для диаметров 0,5768 и 0,7035 для высот), чем рядовые посадки сосны обыкновенной (коэффициенты равны соответственно 0,4267 и 0,4931), что и определяет их устойчивость и способность стабильно выполнять экологические функции.

## СПИСОК РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Семёнов М.А. Биологическое разнообразие как показатель устойчивости лесных сообществ [Текст] // Разработка комплекса технологий рекультивации техногенно нарушенных земель: материалы междунар. молодёж. конф., 4-6 июля 2012 года / М. А. Семёнов, Н. Н. Харченко. – Воронеж: Изд-во ВГЛТА, 2012. – С. 261 – 265.
2. Семёнов М. А. Математические модели роста лесных культур при различных способах лесовосстановления [Электронный ресурс] / М. А. Семёнов, С. В. Писарева // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. – URL: [www.science-education.ru/115-11563](http://www.science-education.ru/115-11563) (дата обращения: 14.01.2014).
3. Семёнов М. А. Особенности формирования структуры искусственных фитоценозов при создании лесных культур биогруппами [Электронный ресурс] / М. А. Семёнов / Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – URL: [www.science-education.ru/113-11181](http://www.science-education.ru/113-11181) (дата обращения: 14.01.2014).
4. Семёнов М.А. Современное состояние сообщества копытных животных Среднерусской лесостепи [Текст] / М. А. Семёнов, Н. Н. Харченко// Лесотехнический журнал. – 2013. – № 3. – С. 50 – 60.
5. Семёнов М. А. Экология копытных животных в условиях инсультризации местообитаний на примере хозяйства «Привал» [Электронный ресурс] / М. А. Семёнов // Материалы Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов в области биологических наук в рамках Всероссийского фестиваля науки : сб. материалов : в 2 ч. / под ред. Б. П. Чуракова. – Ч. 1. – Ульяновск : УлГУ, 2011. – Ч. 1. – Ульяновск, 2011. – С. 497 – 498.

Курсивом выделены статьи в изданиях из списка ВАК

Подписано к печати 20.03.2014 г.

Формат 60×90, 1/16. Объем 1,25 п.л. Тираж 100 экз. Заказ № 147

Отпечатано в УОП ФГБОУ ВПО «ВГЛТА».

394087, г. Воронеж, ул. Докучаева, 10.

20