

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
( Н И У « Б е л Г У » )

ФАКУЛЬТЕТ ГОРНОГО ДЕЛА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

КАФЕДРА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА

**ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА  
*QUERCUS ROBUR L.* В УСЛОВИЯХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ  
(НА ПРИМЕРЕ УРОЧИЩА РАЗУМЕНСКАЯ ДАЧА)**

Выпускная квалификационная работа  
обучающегося по направлению подготовки 05.03.06  
«Экология и природопользование»  
очной формы обучения, группы 81001303  
Плотникова Ильи Викторовича

Научный руководитель  
к.г.н., доцент  
Польшина М.А.

БЕЛГОРОД 2017

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
Глава 1. Теоретические основы изучения радиального прироста деревьев .....	5
1.1. Строение годичного кольца и особенности его прироста .....	5
1.2. Факторы, определяющие величину ежегодного радиального прироста древесины.....	10
Глава 2. Объекты и методика изучения состояния <i>Quercus robur L.</i> в условиях Белгородской области.....	21
2.1. Эколого-биологические особенности <i>Quercus robur L.</i> .....	21
2.2. Характеристика условий произрастания <i>Quercus robur L.</i> в урочище Разуменская дача.....	26
2.3. Методические основы изучения радиального прироста.....	30
Глава 3. Результаты дендроклиматической диагностики состояния <i>Quercus robur L.</i> в условиях Белгородской области.....	34
3.1. Полученные древесно-кольцевые хронологии и их анализ .....	34
3.2. Влияние метеопараметров на динамику радиального прироста <i>Quercus robur L.</i> .....	40
3.3. Влияние температуры на индивидуальную динамику радиального прироста вида <i>Quercus robur L.</i> .....	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	59
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ.....	61

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность** данной работы представлена тем, что лесные сообщества лесостепи сильно подвержены влиянию внешних факторов. Изменение состояния окружающей среды, находит отражение на развитии живых организмов. Дендроклиматический анализ одно из направлений в реализации исследований, позволяющих выявить последствия изменений климата. Для Белгородской области, где происходит смена ландшафта лесостепь-степь, изучение динамики и причин изменения прироста *Quercus robur L.* особенно актуально. Лесостепной пояс формирует южную границу распространения лесных массивов, а дубравы – основной тип лесов в регионе. В этих условиях, изменение климата может существенно сказаться на данном типе лесов. Прогнозируется уменьшение площади лесов в лесостепной зоне Европейской России, что также приведёт к сдвигу границ природной зоны к северу [15]. Дубравы в силу своего положения являются основным индикатором этого процесса, и их дендроклиматическое изучение позволит выявить, прогнозировать и принять необходимые меры для защиты экосистем от негативных факторов среды.

**Цель** работы заключается в дендроклиматической диагностике состояния *Quercus robur L.* в условиях Белгородской области.

**Объектом** исследования является две ценопопуляции деревьев вида *Quercus robur L.* расположенных на разных морфологических частях - нижней части склона балки и приводораздельной зоне, в урочище Разуменская дача, в Белгородском районе.

**Предмет** исследования – радиальный прирост древостоя двух ценопопуляций деревьев вида *Quercus robur L.*, произрастающих в урочище Разуменская дача.

**Задачи** исследования:

1. Изучить теоретический материал по теории радиального прироста деревьев, а именно – строение годичного кольца и особенности его прироста,

факторы влияющие на величину годичного радиального прироста. А также, выявить возможности из изучения особенностей годичного радиального прироста деревьев вида *Quercus robur L.* для диагностики климатических параметров.

2. Собрать и обобщить данные, касающиеся объекта изучения, о эколого-биологических особенностях вида *Quercus robur L.*, характеристику условий произрастания *Quercus robur L.* в условиях лесостепи, а именно на территории урочища Разуменская дача. Изучить методические основы изучения радиального прироста и дендроклиматологических исследований.

3. Провести исследование полученных дендрохронологических рядов, проанализировать особенности прироста изучаемых объектов, в виде двух ценопопуляций деревьев, расположенных в разных морфологических частях рельефа в урочище Разуменская дача. Произвести диагностику реакции ежегодного радиального прироста древесины двух ценопопуляций вида *Quercus robur L.* на динамику метеопараметров, а именно среднегодовой температуры, количества осадков, гидротермического коэффициента. Выделить значимые периоды года для каждого метеопараметра, для двух исследуемых ценопопуляций, посредством учёта индивидуальной изменчивости прироста каждого дерева. Сформулировать возможные причины полученных результатов и различий между двух ценопопуляций, расположенных на разных морфологических частях рельефа одного урочища.

**Структура:** работа состоит из трёх глав, введения и заключения В работе представлены 21 рисунок и три таблица. Список литературы состоит из 33 источников.

# Глава 1. Теоретические основы изучения радиального прироста деревьев

## 1.1. Строение годичного кольца и особенности его прироста

Рост дерева в ширину связан с активностью камбиального слоя. Камбиальный слой – это образовательная ткань, деление клеток которой является причиной увеличения размеров древесных растений (каждый год на толщину одного годичного кольца). Камбий имеет черты, присущие всем меристематическим тканям, но имеет и свои специфические особенности:

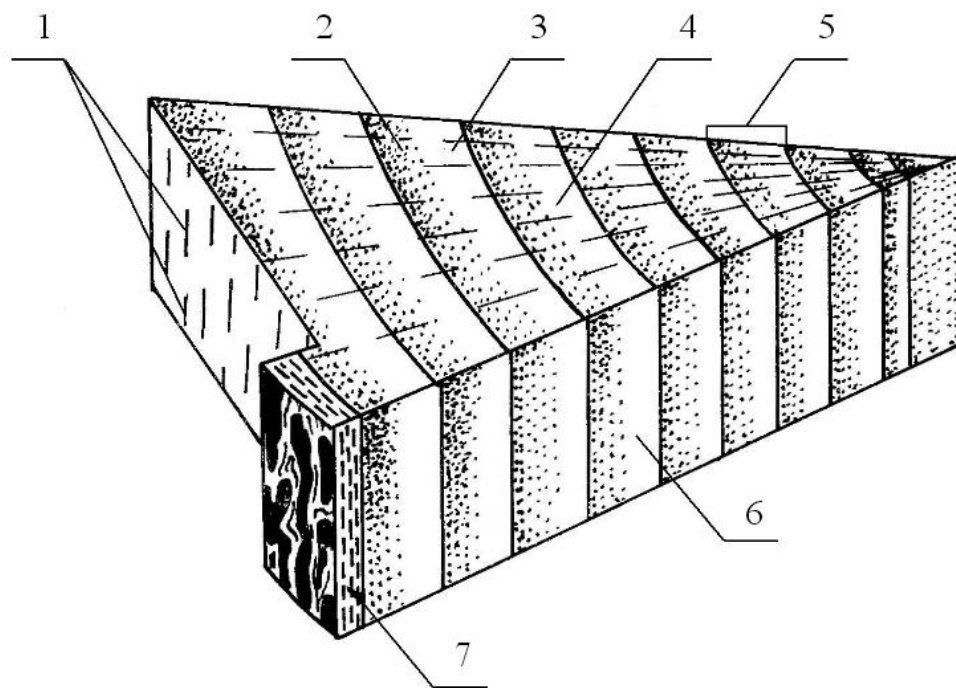
1. Камбий – это самоподдерживающаяся клеточная система, сохраняющая свои функции в течение достаточно долгого времени, а часто и в течение всей жизни растения.

2. У древесных растений в процессе роста дерева растет и площадь камбия. Увеличение численности клеток камбия происходит как за счет деления самих камбиальных клеток, так и путем дифференцировки клеток первичной (апикальной) меристемы.

3. Производные от камбия клетки могут дифференцироваться в различные типы клеток флоэмы и ксилемы.

4. Камбий имеет строго упорядоченную пространственную организацию. Клетки камбия образуют непрерывный слой, выстилающий ствол, ветви и корни. В этом слое соседние клетки находятся в непосредственном контакте [32].

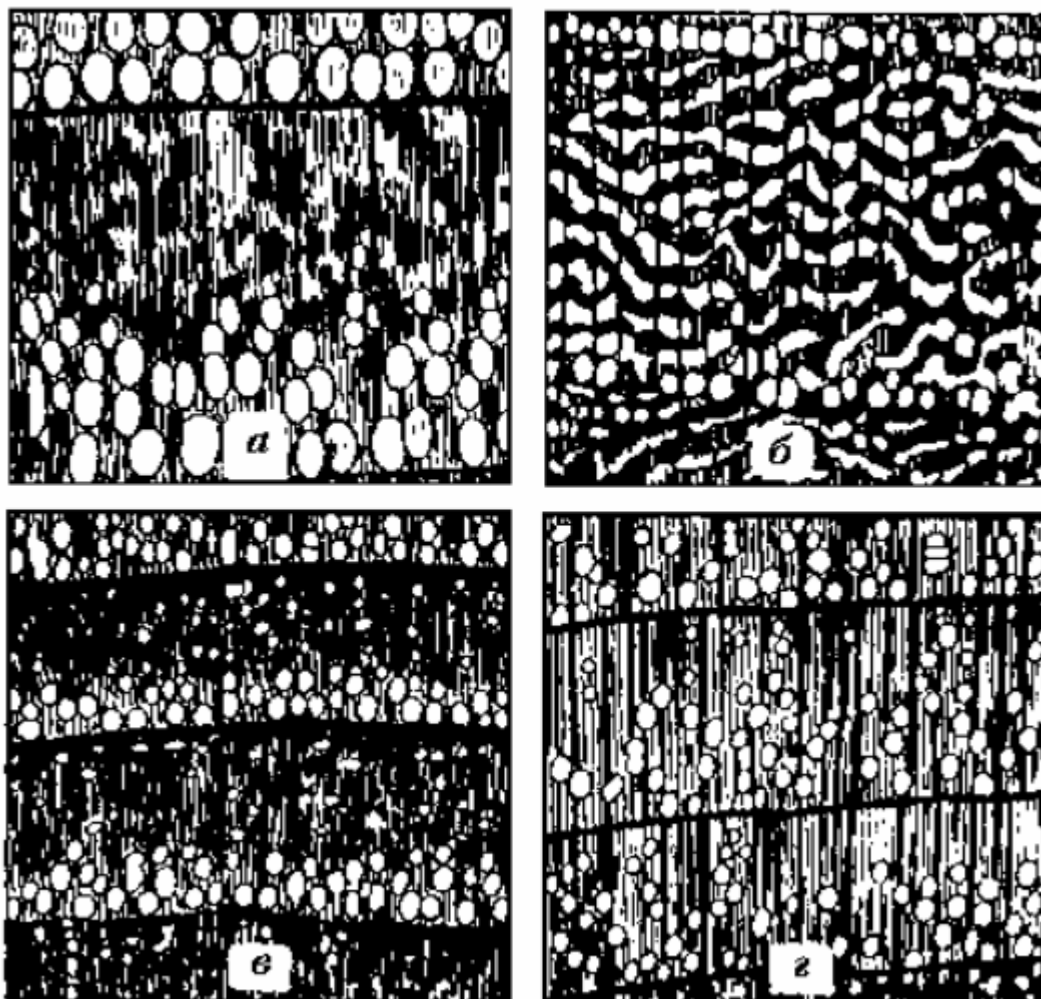
В климатических зонах, где достаточно хорошо выражена смена сезонов года (умеренный климатический пояс) у деревьев, наблюдается периодическая активность камбиального слоя. В этих районах, у деревьев, как правило, появляется один слой прироста за вегетационный период. На поперечных спилах, слои выделяются визуально – в виде колец. Схема строения древесины представлена на рисунке 1.1.



*Рис. 1.1.* Схема строения древесины из ствола дерева. Обозначения: 1 – лучи, 2 – поздняя древесина, 3 – ранняя древесина, 4 – поперечный срез, 5 – годичный слой, 6 – радиальный срез, 7 – кора [33]

У лиственных деревьев в начале периода роста формируются крупные и тонкостенные клетки, а также крупные сосуды. Этот слой клеток получил название «ранняя древесина». В конце периода роста образуются более мелкие и толстостенные клетки. Этот слой клеток с отсутствием или меньшим количеством сосудов хорошо отличается от предыдущего более темным цветом и называется «поздней древесиной». В пределах каждого годичного кольца переход между клетками ранней и поздней древесины плавный, а между соседними кольцами – четкий и резкий. Это обусловлено формированием на внешней (более близкой к коре дерева) границе кольца так называемой терминальной древесины, состоящей из тонкого слоя толстостенных клеток, часто сплюснутых в радиальном направлении. На

рисунке 1.2. представлено изображение годовичных слоев с разделением ранней и поздней древесины, с разным типом группировки проводящих сосудов.



*Рис. 1.2.* Годовичные слои с разделением ранней и поздней древесины, с разным типом группировки проводящих сосудов [33]:

- а) кольцесосудистая порода с радиальной группировкой сосудов
- б) кольцесосудистая порода с тангенциальной группировкой сосудов
- в) кольцесосудистая порода с рассеяной группировкой сосудов
- г) кольцесосудистая рассеяно-сосудистая порода

В определении границы между соседними кольцами иногда могут возникнуть трудности. Чаще всего, они возникают при исследовании тех видов деревьев и кустарников, у которых слой поздней древесины очень

узкий, а по цвету и плотности он слабо отличается от слоя ранней древесины (например, у некоторых видов берез).

При сезонном формировании годичных слоев древесины реализуется большое число связанных между собой процессов на разных иерархических уровнях: целого древесного растения (рост и развитие апикальных меристем и координация их с камбием); ткани (деление, рост и дифференцировка клеток, находящиеся под гормональным контролем и зависящие от поступления питательных веществ); клетки (реализация продукции цепей биохимических превращений веществ, обуславливающая рост клеток и формирование клеточных стенок). Эти процессы находятся под влиянием внешних факторов, важнейшими из которых являются температура среды, условия увлажнения, доступность питательных веществ. Результатом этих процессов является индивидуальная структура годичного слоя, соответствующая условиям того или иного года роста [22].

Заморозки, осенняя реактивация камбия, временные засухи и другие условия часто приводят к образованию множественных колец, состоящих из нескольких «ложных» колец прироста. Последние, отличаются анатомически, что выражается в более постепенном переходе между клетками поздней древесины ложного кольца и последующей зоной типично ранней древесины. В суровых условиях произрастания дерева часто наблюдается выпадение годичных колец, т.е. прирост древесины отсутствует в пределах отдельной части или всей окружности ствола [31].

Толщина годичных колец – мера ростовой активности ствола за сезон роста. В благоприятных местах обитания, у деревьев по всей окружности ствола формируются широкие годичные кольца, причем ширина их из года в год колеблется в незначительных пределах. У таких деревьев обычно хорошо выражено закономерное изменение темпов роста с возрастом. В условиях, суровых для произрастания деревьев, годичные кольца более узкие, ширина их из года в год сильно колеблется, чувствительно реагируя на внешние факторы среды.



Есть определенные особенности, характерные для большинства деревьев разных видов. Например, ширина колец с освещенной стороны дерева больше, чем с теневой. У видов, начинающих расти под пологом леса, как правило, можно наблюдать закономерное изменение ширины колец в первые годы их жизни: пока молодое деревце живёт в тени, кольца узкие, когда света начинает доставаться больше – они становятся шире. Естественное выпадение и вырубка соседних деревьев также влияют на ширину колец – при образовании «окна» рядом с растущим деревом, оно начинает активно расти, прибавляя в росте, как в высоту, так и в толщину. Также согласно данной теории существует различие в динамике прироста годовичных колец с северной и южной стороны (на юге кольца более широкие), однако это характерно только для одиноко-стоящих деревьев, или деревьев находящихся на южной опушке леса. В лесу же, различия по сторонам света практически не наблюдаются или же имеют иную закономерность, связанную с затемнением от конкурирующих растений, а например, на северной опушке леса наоборот (более широкая часть кольца к северу), вследствие большей затененности стороны, обращенной к лесу [9].

Важное и часто встречающееся свойство ценопопуляции – ее возрастная неоднородность. Благодаря этому в лесном сообществе появляются отдельные деревья с совершенно разной структурой прироста, определяемой специфичным набором факторов и индивидуальной генетической структурой. С помощью этого свойства возможно изучение прироста как фактора определяющего не только общие, но и более локальные факторы, действующие на сообщество [11].

Вывод: годовичные слои древесины, образуются путем наращивания годовичных колец дерева. Кольца дерева состоят из двух слоев – ранняя и поздняя древесина, у лиственных деревьев ранняя древесина богата проводящими сосудами, а поздняя – более плотная и темная. Древесина при этом наращивается неравномерно, вследствие чего можно говорить о том, что на прирост действуют внутренние и внешние факторы.

## **1.2. Факторы, определяющие величину ежегодного радиального прироста древесины**

На величину годичного прироста деревьев оказывает влияние большой спектр факторов. Из внутренних факторов наибольшее влияние оказывают порода дерева, наследственная индивидуальная изменчивость, возраст и плодоношение. Из внешних факторов на величину прироста влияют – климатические, почвенно-грунтовые условия, фитоценотические взаимоотношения, экологическое состояние среды, катастрофы (пожары, буреломы, нападения насекомых вредителей), а также хозяйственная деятельность человека. Радиальный прирост деревьев (ширина годичного кольца) находится под контролем внутренних факторов и модифицируется внешними.

Среди внутренних факторов, оказывающих влияние на сезонный рост деревьев, выделяются те, влияние которых достаточно убедительно показано экспериментально. Один из основных факторов – генетическая природа растения. Например, для разных видов растений отмечены четкие отличия во времени разворачивания почек, инициации меристематической активности в побегах, стволе и корнях. Для родственных видов, произрастающих в одних природных условиях периоды вегетационной активности могут изменяться на 20-40 дней. Не только сроки начала и прекращения клеточных делений в меристемах показывают видовую специфичность, но и сезонная динамика роста. На основе качественного анализа кривых сезонного роста древесные растения могут быть разделены на три группы:

- 1) с одномодальным асимметричным сдвигом максимума скорости роста на первую треть сезона;
- 2) с более симметричной кривой скорости роста;
- 3) с равномерным ростом

Хвойные (сосна обыкновенная, ель европейская, лиственница европейская) показывают четко выраженный максимум скорости роста в

первой половине сезона, в то время как дуб черешчатый и береза бородавчатая может быть отнесена к видам с равномерным распределением скорости роста в течение сезона. Ведущее влияние сезонного роста и развития побегов и хвои (листвы) на характер сезонного роста древесины ствола подтверждается многочисленными работами по гормональному контролю деятельности боковых меристем. Это влияние можно рассматривать как координацию процессов роста разных тканей и органов древесного растения в годичном цикле, которая также проявляет видовую специфичность. У разных видов существенно отличаются сроки начала, окончания и продолжительность линейного роста побегов и корней, равно как и сроки достижения максимальных приростов. Другой важнейший внутренний фактор, связанный с генотипом и влияющий на сезонную динамику ростовых процессов в древесном растении, – возраст. Виды древесных растений существенно различаются по предельному возрасту особей. Предельные возрасты особей разных видов могут различаться в 30 раз. Виды с наибольшим возрастом отдельных особей встречаются в экстремальных условиях обитания на границах их ареалов. При анализе возрастных изменений следует различать собственный возраст ткани или органа древесного растения и возраст древесного растения в целом. Например, дерево в 500 лет имеет боковую меристему собственного возраста около 500 лет в нижней части ствола, а в верхней части ствола – меристему собственного возраста 20-50 лет. На рис. 1.4 показано, что собственный возраст боковой меристемы по-разному интегрирует влияние внутренних и внешних факторов, и это по-разному отражается на анатомических изменениях формирующихся клеток древесины и древесной ткани в целом. От сердцевины к коре (собственные возрастные изменения боковой меристемы) увеличивается длина трахеид, поперечный диаметр клеток, продукция смоляных каналов, увеличивается ширина годичных колец и количество поздней древесины (в процентах).

Влияние физико-географических факторов. Среди этой группы факторов наиболее существенно влияние климата района обитания древесных растений и рельефа местности. Неравномерность сезонной интенсивности солнечной радиации обуславливает значительное меридиональное различие в распределении тепла и влаги. В соответствии с этими изменениями макроклиматических характеристик увеличивается длительность сезонного роста древесных растений – от 35-40 суток для полярного предела леса (около 71° с.ш.) до 95-105 суток в зоне лесостепи (51- 52° с.ш.). Еще больше она в субтропической зоне – до 150-160 суток. В тропических условиях при достаточном увлажнении и очень малых сезонных колебаниях температур, которые находятся в зоне оптимума для роста, рост становится непрерывным в течение года. В одном и том же физико-географическом районе сроки начала и продолжительность сезонного роста древесных растений, растущих на разной высоте в горной местности, существенно зависят от высоты над уровнем моря. При этом высота местности влияет на начало периода активного прироста, вследствие, более позднего начала теплого сезона по мере увеличения высоты. При этом окончание периодов роста деревьев существенно не отличаются для низин, низкогорья и среднегорья. Другим фактором определяющим прирост по мере увеличения абсолютной высоты – меньшее парциальное давление углекислого газа, вследствие, меньшая интенсивность усвоения углерода, который является важнейшим компонентом формирующим древесину. Существенное сокращение продолжительности сезонного роста в верхнем поясе гор хвойные могут частично компенсировать сохранением хвои прошлых лет, повышая тем самым продуктивность фотосинтеза. Увеличение продолжительности жизни хвои с увеличением высоты произрастания деревьев подтверждено в ряде работ. Рельеф местности определяет различия в поступающей солнечной радиации, и как результат – различия, в первую очередь, теплового режима. Южный и восточный склоны получают больше солнечной энергии, западные и северные – меньше. Устойчивый режим

инсоляции определяет различия в ходе сезонного роста побегов и ствола древесных растений, произрастающих на разных склонах основные отличия определяются более поздним началом роста у деревьев северного склона [1].

Относительная роль факторов внешней среды, оказывающих влияние на интенсивность прироста, сильно меняется в течение жизни дерева. Например: в начале вегетационного периода интенсивность прироста дуба зависит от дневной температуры воздуха, в середине периода – от ночной, в конце периода – от дефицита влажности воздуха и почвы.

При постоянном дефиците влаги в аридных условиях степной зоны реакция годовичного прироста деревьев находится в прямой зависимости от влажности. При этом более чувствительны к количеству выпадающих атмосферных осадков деревья сухих местообитаний. На сухих и болотных местопроизрастаниях в некоторые периоды времени имеет решающее значение режим увлажнения, менее заметно влияние термических факторов.

Также высокий коэффициент корреляции между средней температурой лета и приростом, при этом эта зависимость уменьшает свой приоритет при движении с севера на юг. Также выделяется корреляция для годовых величин коэффициентов годовичного прироста и осадков за период активной вегетации (с температурами выше +10 °С). Довольно часто определяется связь между колебаниями условий среды и изменениями годовичного прироста в экстремальных условиях произрастания, где число лимитирующих факторов снижается до минимума.

Прирост древесины является важным фактором жизни лесного сообщества определяющий его продуктивность. В условиях глобального изменения климата размеры и мощность лесного сообщества может изменяться в разную сторону. Увеличение прироста в районе говорит о положительных изменениях климата для сообщества, замедление – о его деградации [17].

Помимо климатических факторов на прирост воздействуют и иные факторы. Представители рода *Quercus* относятся к предпочитаемым

кормовым породам для многих видов насекомых. Вспышки их массового размножения, в сочетании с другими неблагоприятными абиотическими и биотическими факторами, способствуют ослаблению, а иногда приводят к гибели насаждений. Особенности современного климата оказывают большое влияние на растения, насекомых, а также их взаимосвязи. Циклы солнечной активности, вызывают динамику численности вредителей, в некоторые годы прирост может быть не образован из-за чрезмерного повреждения структуры дерева фитофагами. Для одного вида дерева, в различных регионах виды потребляющие в пищу растительные продукты данного вида дерева могут отличаться. Кроме того в некоторых местах формируются колонии вредителей, способных нанести крупный урон и гибель лесных сообществ. Среди подобных видов – саранча и тутовый шелкопряд, обитающие в южной части России [18].

К лимитирующим факторам, влияющим на текущий радиальный прирост, следует отнести семя – плодоношение, при этом котором существенная часть питательных веществ расходуется на формирование семян и плодов, что отражается на снижении ширины годичного кольца. Однако влияния факторов плодоношения, достаточно незаметно по сравнению с климатическими факторами. Это и приводит к тому, что урожайные годы могут сопровождаться как уменьшением, так и увеличением ширины кольца в зависимости от климатических условий.

Важную роль в продуктивности фитоценозов играет приход фотосинтетически активной радиации, определяющей интенсивность фотосинтеза, дыхания, транспирации. Коэффициент корреляции по некоторым исследованиям между индексами прироста и рассеянной радиацией в сентябре составляет 0,50-0,68. Отрицательная корреляция (-0,61) индексов прироста наблюдается с годовой суммарной радиацией, положительная корреляция (0,29-0,40) – с термическими условиями весенне-летних месяцев, слабая отрицательная корреляция – с показателями влажности воздуха вегетационного периода [3].

Для лесных сообществ характерно изменение прироста в ходе 11-и летнего цикла солнечной активности. В качестве параметра используются числа Вольфа, расчёт которых является итогом за наблюдением солнечных пятен. Следствием повышения солнечной активности могут стать засухи в южных частях ареала, в северных частях, в большинстве случаев наблюдается обратная динамика, в результате более эффективного фотосинтеза [20].

Кроме того из климатических факторов, достаточно существенно влияние следующих: июльская сумма осадков года, в котором сформировалось кольцо; средняя месячная температура этого года; температура августа и осадки за июль предшествующего года. Данная закономерность связана с наиболее высокой ростовой активности в июле и августе, из-за нарушений которых происходят достаточно существенные уменьшения ширины прирастающего слоя [3].

Благодаря одинаковому среднему отклику прироста деревьев на внешние факторы среды отдельного региона, с помощью дендрохронологических методов, можно восстановить климатические параметры, воздействующие в прошлом. Для этого используется не только живые деревья, но и уже срубленная древесина сооружений, или же естественно погребённая древесина. Кроме того, данный метод позволяет датировать время рубки найденных древесных остатков [14].

Вывод: так как прирост древесины зависит от действия множества факторов, как внутренних, так и внешних. Можно предположить, что действие отдельного фактора также отражается на динамике радиального прироста, вследствие этого положения предполагается то динамику действия какого либо фактора действующего на прирост, можно узнать посредством изучения динамики прироста древесины. Однако чем менее важен фактор для прироста, там меньше вероятность его выделения из действия суммы факторов.

### **1.3. Возможности из изучения радиального прироста деревьев для диагностики климатической обстановки**

Для оценки экологического состояния лесных сообществ, особенно испытывающих антропогенную нагрузку, эффективно использование методов биологической индикации. Преимущество подобных методов в возможности выявления реакции на полный комплекс факторов, оказывающих действие на объект исследования, который очень сложно и неполно определяется с помощью отдельных измерительных приборов [30].

Одним из утвердившихся в науке методов косвенной оценки климатических изменений является метод индикации тепло – влагообеспеченности по радиальному приросту деревьев (дендроклиматология).

У древесных растений ежегодно в вегетационный период происходит образование древесины по внешнему слою, охватывающему все растение. Эти годовые слои на поперечных срезах ствола растения или на извлеченном керне ясно заметны. По их числу можно судить о возрасте растения, а по ширине – об условиях их роста в каждом году, которые непосредственно связаны с тепло-влажностными условиями района произрастания.

Наиболее сильно климатическая обстановка влияет на периферийные области ареала. В северной части ареал ограничивается температурным фактором, а значит, прирост деревьев этой части будет зависеть от тепла. В южных частях ареал ограничивается – фактором увлажнения, из-за роста испаряемости, что обозначает зависимость прироста от гидротермического коэффициента [27].

Возможность использования особенностей строения годовых древесных колец для определения экологических условий в годы формирования колец основана на двух принципах:



1) принцип синхронности годичной изменчивости прироста у разных деревьев в сообществе;

2) принцип постоянства реакции древесного растения на внешние воздействия (в частности, климатические) на протяжении большей части его жизни.

Ширина годичного кольца является одной из характеристик роста дерева, которая интегрирует внешние воздействия за весь сезон, поэтому синхронность годичных изменений прироста отдельных деревьев свидетельствует о том, что общая компонента реакции у разных деревьев значительно превосходит индивидуальную изменчивость. Можно полагать, что и многие другие показатели структуры годичных колец, зависящие от кинетики сезонного роста деревьев, должны так же, как и ширина годичного кольца, показывать синхронность годичных изменений. Это предположение неоднократно подтверждено экспериментально. Например, экспериментально доказана синхронность годичной изменчивости плотности годичных колец у различных деревьев в сообществе [10].

Считается, что температура – это главный ограничивающий фактор для роста деревьев дуба. Самым важным фактором для формирования древесины дуба считаются температурные изменения, такие как поздние весенние заморозки и сильные зимние морозы. Прямое влияние температуры на радиальный прирост древесины часто наблюдается в начале сезона, когда необычно холодная погода вызывает задержку активации роста после периода зимнего покоя. В северных районах ареала дуба теплые и влажные условия в течение вегетационного сезона приводят к формированию широких годичных колец, в то время как теплые и сухие условия приводят к формированию узких годичных колец.

Не оценив роль климатических факторов в изменении прироста деревьев, нельзя правильно определить влияние на прирост и состояние лесных экосистем самых разнообразных антропогенных, биологических и катастрофических факторов (лесных пожаров, массового размножения

насекомых вредителей и др.). При стандартизации в хронологиях в первую очередь убирается возрастной тренд, тем самым усиливается климатический индекс изменения прироста. В результате чего остается общая ответная реакция деревьев на постоянно меняющиеся условия среды. При проведении дендроклиматических исследований наиболее пригодны обобщенные хронологии второго порядка, когда используют модельные деревья одного вида, произрастающие на близко расположенных участках (на расстоянии не более чем 5 км), с одинаковым типом условий. В этом случае дополнительно гасятся различного рода сигналы, в том числе микроклиматические [4].

Незначительную роль в лесных биогеоценозах приобретают фитоценоотические факторы, уменьшающие влияние климатических условий на прирост деревьев. Поэтому в динамике радиального прироста деревьев не только отражается многолетняя изменчивость показателей климата, но и визуально фиксируются результаты экологической конкуренции, как межвидовой, так и внутривидовой, а также другие процессы, протекающие в лесных сообществах, например, возрастные или восстановительные смены растительности. Все это ведет к следствию методического характера: при проведении дендроклиматических исследований в полидоминантных разновозрастных, многоярусных лесных фитоценозах. Эти факторы ведут к следствию, отраженному в методике исследования: необходимо тщательно учитывать положение деревьев в структуре древостоя, а также внутривоупуляционные взаимодействия. Хотя ширина годичного кольца не является точным мерилем отдельных показателей годового климата, она дает полезную основу для понимания длительности рядов климатических изменений. При этом каждый вид дерева обладает индивидуальной реакцией на изменения окружающей среды. Все это надо учитывать при создании древесно-кольцевых хронологий, с помощью которых производятся массовые и точные датировки многих природных явлений и процессов.

Важным лесообразовательным фактором, определяющим состояние и динамику лесов, являются лесные пожары. Это явление весьма характерно для южных границ ареала дуба и весьма сказывается на его ценопопуляции, особенно страдает опушечная часть дубравы [21].

Оценка календарных лет прошлых пожаров, основанная на обратном счете годовых колец (от первого, расположенного под корой кольца, когда год образования его точно известен), до пожарного шрама, имеет достаточно широкое распространение. С ее помощью определяется сроки, повторяемость и распространение пожаров, а иногда и климатические условия тех лет, на которые пришлись наиболее сильные пожары. Наиболее сильные пожары наблюдаются в основном в засушливые фазы различных по продолжительности климатических циклов. Лесоводственные приемы определения пожарных лет дают надежные результаты только в тех случаях роста деревьев, когда не наблюдается выпадения слоев или появления ложных годовых колец прироста. Иногда датировка лесных пожаров усложняется тем, что пожарные шрамы на стволах сохранившихся деревьев распространены локально как на высоте, так и по окружности ствола. Поэтому для полного выявления пожаров, определения их интенсивности и последствий лучше всего использовать поперечные срезы на разных высотах стволов деревьев. Анализ буровых образцов, наиболее часто используемый в дендрохронологических исследованиях для датировки лесных пожаров, менее надежен, так как приводит к пропуску следов пожаров и к существенной потере информации о их воздействии. Так же следует учитывать, что интенсивные пожары вызывают значительное изреживание древостоев, когда в первую очередь выпадают наиболее пострадавшие от пожара деревья. Кроме того, пожары, особенно низовые, существенно изменяют распределение прироста по высоте ствола. В нижней части дерева после пожарный прирост по диаметру откладывается более интенсивно, чем вверх по стволу.

Дендрохронологическая информация широко используется в экологическом прогнозировании. Прогнозы, основанные на данных древесного прироста, выделяются в особый класс экологических прогнозов – дендрохронологических. Причем ряды индексов прироста вместе с другими гелио и геофизическими данными используются для прогнозирования климата, урожаев сельскохозяйственных культур, экологической обстановки и других природных процессов. В лесном хозяйстве такие прогнозы необходимы при планировании охраны лесов от пожаров и защиты от вредителей и болезней, лесовосстановительных работ, рубок ухода за лесом и других видов лесохозяйственной деятельности [2].

Вывод: для создания представлений о основах дендрохронологического изучения необходимо изучить несколько аспектов. В первую очередь – особенности годичного строения деревьев и особенности его прироста, также факторы определяющие величину радиального прироста древесины. Кроме этого необходимо узнать теоретические основы возможностей из изучения радиального прироста деревьев, а именно для диагностики климатической обстановки. Изучение теоретического материала данной темы позволяет создать комплексное представление об особенностях дендрохронологического исследования.

## Глава 2. Объекты и методика изучения состояния *Quercus robur L.* в условиях Белгородской области

### 2.1. Эколого-биологические особенности *Quercus robur L.*

*Quercus robur L.* – латинское названия дуба черенчатого. Данное растение – крупное, массивное дерево высотой до 40 м и широко-пирамидальной и сильно ветвистой кроной. Молодые побеги красновато-бурых или сероватых оттенков, с многочисленными светлыми чечевичками. Почки яйцевидные, черепитчато покрыты многочисленными чешуйками. Верхушечные почки тупо-пятигранные, светло-бурые или коричневые, часто окружены несколькими боковыми почками. Листья обратнойцевидные или продолговато-обратнойцевидные, длиной 7-15 см, на черешках около 5 мм, перисто-лопастные (лопастей обычно 6 пар), весной красноватые, летом зеленые, кожистые, слегка блестящие. Плод – желудь продолговатый, длиной 2-3 см, односеменной (изредка с 2-3 семенами). В зрелом состоянии серый или бурый с продольными зелеными полосками. Созревает в сентябре-октябре. Сердцевина пятилучевая, с хорошо заметными сердцевинными лучами, со светло- или тёмно-бурым ядром. Древесина твёрдая, тяжёлая и прочная и поэтому стоит на одном из первых мест и высоко ценится на мировом рынке.

Распространен *Quercus robur L.* почти во всей Европе от Пиренейского полуострова до Урала. Северная граница ареала в Скандинавии идет от 63° с. ш. на западе, до 60° с. ш. на востоке. На севере Русской равнины она постепенно смещается к югу, проходя через истоки реки Сухоны и через верховья реки Уфы, вдоль Урала направляется к Аралу. Южная граница ареала дуба проходит через Кишинев, Кривой Рог, Днепропетровск, устье реки Северный Донец, немного южнее Волгограда, а затем идет к Саратову. Фрагменты ареала размещены также в Крыму и на Кавказе. Северная граница ареала в основном совпадает со среднегодовой изотермой 2 °С и

продолжительностью вегетационного периода не менее 120 дней. Дуб обыкновенный – один из основных видов зоны широколиственных лесов на Восточно-Европейской равнине. Кроме того, он широко распространен в подзоне хвойно-широколиственных лесов, но становится редок в подзоне южной тайги, где встречается почти исключительно по долинам крупных рек. В степной и лесостепной зоне он растет главным образом по долинам рек, днищам и склонам балок, образуя так называемые долинные и балочные или байрачные леса. На рисунке 2.1. представлена карта с обозначением ареала дуба черешчатого.

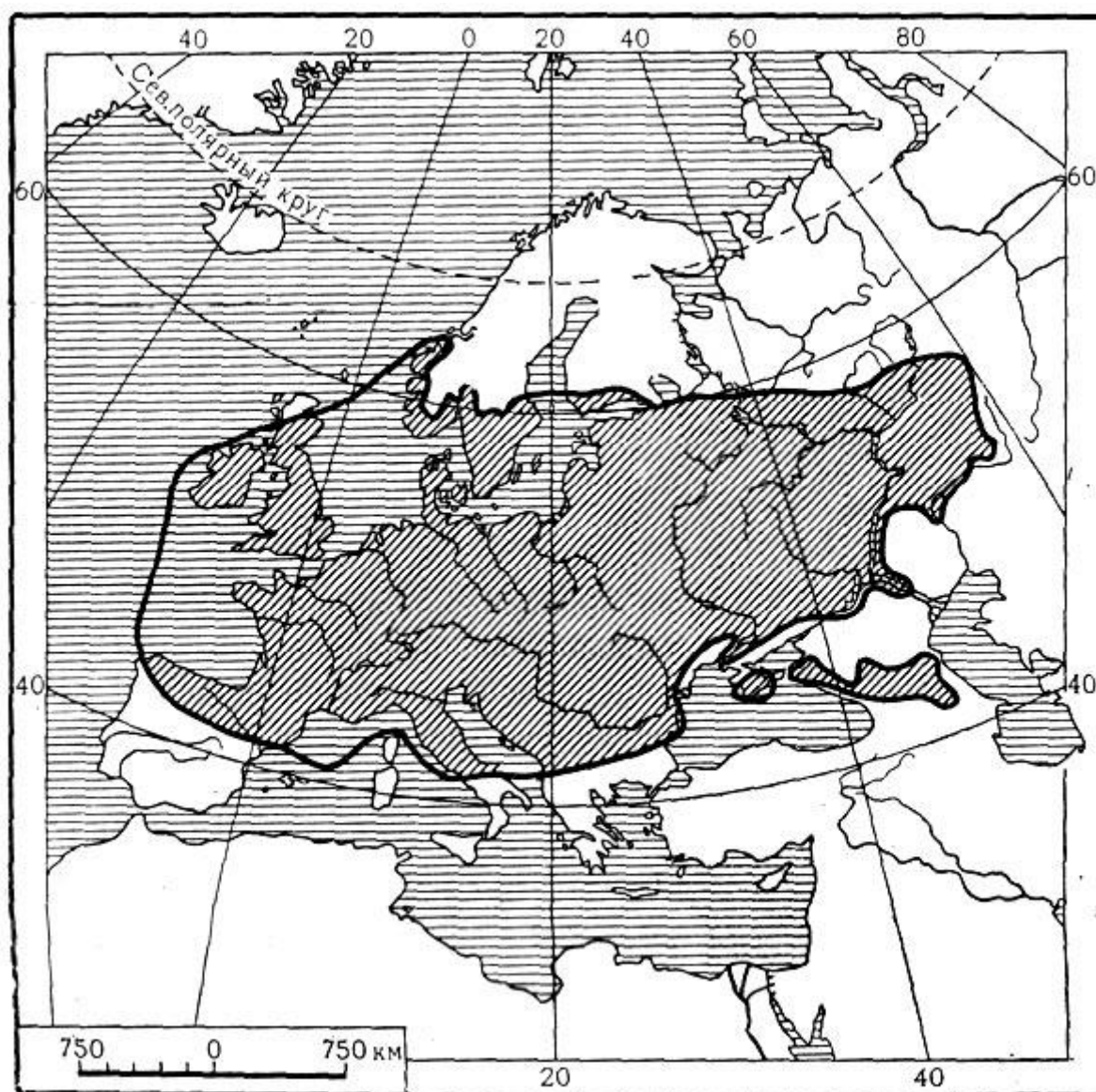


Рис. 2.1. Ареал распространения *Quercus robur* L [7]

Дуб черешчатый образует леса с примесью других широколиственных пород: липы, вяза, клена и ясеня. Наиболее широко распространены эти леса в южной части лесной зоны и в северной части лесостепной подзоны. В северной и восточной части своего ареала дуб обыкновенный встречается и в хвойных лесах. Чистые насаждения дуб образует редко, обычно лишь в поймах рек. Лучше всего растет на среднеувлажненных серых лесных суглинках, деградированных черноземах, на буроземах (в горах) и на аллювиальных почвах (в поймах больших рек). Растет на разнообразных почвах в горах, на меловых склонах речных долин, в степной зоне – в байрачных лесах на солонцеватых почвах, по обрывистым склонам оврагов и их днищам.

В северной части ареала дуб растет по речным долинам; в его средней части образует на водоразделах смешанные леса с елью, а южнее – полосу широколиственных лесов, в которых он преобладает. На южном пределе своего распространения образует небольшие леса по оврагам, балкам и в поймах рек.

В горах Крыма и Кавказа растет на каменистых, иногда довольно сухих, богатых известью почвах; встречается также на меловых склонах, а в северных районах Кавказа – даже на солонцеватых почвах.

Дуб относится к теплолюбивым породам. Он относительно светолюбив, требователен к почвенным условиям, мало требователен к влаге, но не выносит избыточно увлажненных почв; иногда растет на аллювиальных почвах, в местах, непродолжительно затопляемых весенними водами.

Дуб хорошо возобновляется. В первые годы растет относительно медленно, к 10 годам достигает высоты 0,5-1 м, а при боковом затенении и освещении сверху к этому сроку вырастает до 2- 4 м. Рост дуба в высоту продолжается до 150 – 200 лет.

Засухоустойчив и используется в полевых защитных полосах степной зоны. Относительно устойчив к загрязнению атмосферы и при умеренной концентрации токсичных веществ продолжает существовать в окрестностях химических предприятий. Уплотнение почвы в местах с неумеренной рекреационной нагрузкой приводит к сухостершинности крон. Дуб растет также в поймах рек, выдерживая непродолжительное половодье. Он более светолюбив, чем другие компоненты широколиственных лесов (ясень, липа, клен) и плохо переносит верхушечное затенение по сравнению с боковым. Благодаря теплолюбивости и засухоустойчивости распространяется в южные районы степной зоны, где уже не могут расти его более влаголюбивые спутники.

Семена дуба прорастают без периода покоя, при этом всхожесть мелких желудей ниже, чем у крупных. У проростка первоначально формируется главный корень, а потом главный стебель. Уже за 1-ый год корень может достигнуть в длину 50 см. Более высокие темпы роста корня по сравнению со стеблем сохраняются на протяжении нескольких последующих лет, что способствует высокой жизнестойкости молодых растений в разных условиях, в том числе неблагоприятных (высокое затенение, бедные почвы). В период от 30 до 50 лет энергично растет главная ось и его крона имеет островершинную форму. В дальнейшем, в возрасте около 100 лет и более крона дерева становится куполообразной. Дуб обыкновенный доживает до 500-600 лет. Старые дубы нередко сухостершинят и одновременно образуют в кроне водяные побеги из спящих почек, кроме того, ствол у старых, массивных дубов начинает поражаться продольными трещинами, которые часто приводят к гибели растения [5].

Молодой подрост дуба часто поражается мучнистой росой, в некоторых местах поражение не даёт возобновить лес. Старые же деревья наиболее часто поражаются другим заболеванием – корневой губкой. На интенсивность роста также влияют многочисленные вредители, например



гусеницы дубовой зелёной листовёртки в Черноземье, тутовый шелкопряд на Южном Урале.

В лесном сообществе состояние дуба черешчатого зависит от множества факторов. Наиболее трудно воздействие переносят молодые или наоборот старые деревья. Кроме того, повышенным нагрузкам подвержены дубы, произрастающие на опушках леса и неудобном рельефе. К наиболее частым факторам, приводящим к сильному отклику на состояние дерева можно отнести рубки, засухи, повреждениям филлофагами. Для различных регионов произрастания, характерные различные типы доминирующих факторов, но большинство из сталкивается на границах ареала[16].

Дубовые леса России занимают небольшую площадь. Располагаясь в густонаселенных районах, они в течение длительного времени подвергаются воздействию неблагоприятных экологических природных и антропогенных факторов. Это приводит к сокращению их площади, ухудшению качества и состояния. Дубравы Центральной лесостепи представлены тремя геоморфологическими комплексами: нагорными, пойменными и байрачными [25].

Вывод: Объект исследования – *Quercus robur L* является достаточно объективным для исследования объектом. Пригодным для этого его делает достаточно широкое распространение в Европе, где он представляет собой одну из самых значимых лесных пород. Кроме этого дубы составляют обычно верхний растительный ярус, и не выживают долго в состоянии низких ярусов, а также это растение имеет экологическую стратегию дерева – доминанта. Помимо этого дубы достаточно долговечны, их возраст может составлять более 600 лет, что делает их хорошими образцами для построения длительных дендрохронологических рядов.

## 2.2. Характеристика условий произрастания *Quercus robur L.* в урочище Разуменская дача

Урочище, Разуменская дача, в котором были взяты исследуемые образцы, расположено в 5 километрах к востоку от поселка Разумное, Белгородской области. Расстояние от города Белгород – 12 километров к юго-востоку. Географические координаты местоположения N 50° 33' E 36°46'. На рисунке 2.2 представлен спутниковый снимок урочища Разуменская дача.

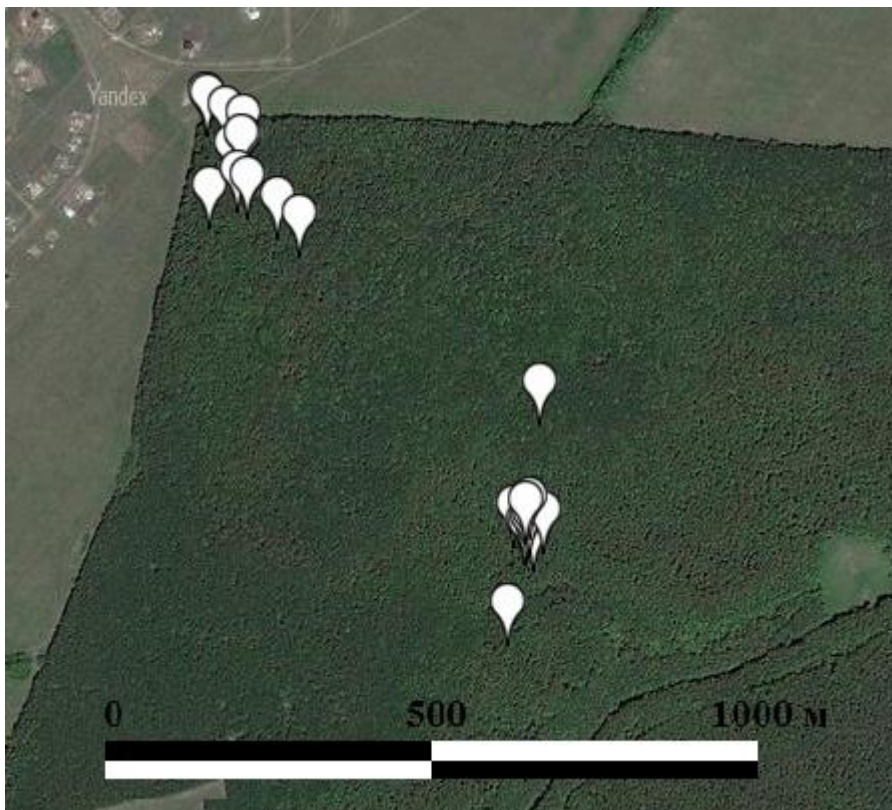


Рис. 2.2. Спутниковый снимок урочища Разуменская дача  
(спутник Spot Image, 2012 год, разрешение 1,2 метра).

В Белгородской области леса занимают площадь около 9,8%. Лесные массивы имеют островной характер, среди естественных массивов наиболее распространенный тип леса – дубравы. Они располагаются на водоразделах, а также на склонах балок (байрачные леса).

Лесной массив находится в верхней части балки Крутой Лог, принадлежащей бассейну реки Северский Донец. Размеры урочища примерно 3 на 2 километра, площадь около квадратных километров, при этом

оно занимает оба склона балки. Абсолютные высоты от 155 до 210 метров над уровнем моря. На рисунке 2.3. обозначены точки отбора образцов, для которых было проведено дендрохронологическое исследование.



*Рис. 2.3.* Спутниковый снимок северо-западной части урочища Разуменская дача (спутник Spot Image, 2012 год, разрешение 1,2 метра), с нанесением точек отбора образцов, для которых было проведено дендрохронологическое исследование

Общая площадь данного урочища составляет 128 гектаров. Основной породой слагающей верхний ярус является дуб черешчатый, подлесок представлен акацией белой и кленом татарским. Запасы древесины в урочище составляют 32700 м<sup>3</sup>, что обозначает удельные запасы в 255 м<sup>3</sup>/га. Лесной массив находится в спелом и переспелом состоянии, наиболее молодая часть массива расположена в нижней части балки, на ее дне. Наиболее старые деревья расположены в верхней части бортов балки. По высоте деревьев динамика следующая: в нижней части балки наблюдается

максимальная средняя высота 22-24 метра, встречаются отдельные деревья высотой выше 30 метров, высота уменьшается по мере движения вверх по склону, при этом возраст и диаметр деревьев имеет обратную тенденцию. В пределах пограничной части леса в верхней части балки высота деревьев находится на уровне 15-17 метров.

В целом состояние урочища удовлетворительно, однако растительность сильно подвержена влиянию болезней и паразитирующих организмов. В частности дубовый подрост более чем на 80% поражен мучнистой росой, взрослые деревья заражены корневой губкой, приводящей к валу деревьев, и созданию ветровальных нагромождений [12].

Участок расположен в лесостепной зоне, умеренного климата. Для региона характерен непродолжительный период засушливого и жаркого периода летом, связанного с заходом воздушных масс из Центральной Азии, и периодических кратковременных сильных морозов зимой, связанных с Арктической воздушной массой. Весной и осенью господствуют воздушные массы, пришедшие из Атлантики. Средняя температура июля: +19,5 °С, средняя температура января: -7,9 °С, среднегодовая температура: +6,5 °С. Средняя продолжительность безморозного периода: 165-170 дней. Средняя продолжительность периода вегетации с устойчивой среднесуточной температурой воздуха выше 5°С: – 198 суток, сумма температур воздуха за период с устойчивой температурой выше 5 °С: около. 3000. Средняя продолжительность периода активной вегетации с устойчивой среднесуточной температурой выше 10 °С: 161 день. Сумма активных температур за данный период 2600-2650. Значение гидротермического коэффициента: около 1,04. Годовое количество атмосферных осадков: около 600 мм [6].

Данные климатические показатели указывают на то, что урочище находится в типичных, для произрастания *Quercus robur L* условиях. Однако ближе к южной границе ареала произрастания, так как на севере лимитирующим фактором является среднегодовая температура +2 °С и

продолжительность вегетационного периода не менее 120 дней, а на юге – низким гидротермическим коэффициентом, обозначающим повышенную засушливость климата.

В таблице 1 представлены данные, показывающие длину окружности и радиус деревьев на исследуемом участке. При этом представлены те деревья, с которых были взяты образцы кернов для исследования.

Таблица 1

Длина окружности и радиус исследуемых деревьев

Образец №	Окружность (см)	Радиус (см)
1	170	27,1
2	230	36,6
3	120	19,1
4	143	22,8
5	125	19,9
6	120	19,1
7	152	24,2
8	145	23,1
9	128	20,4
10	142	22,6
11	190	30,3
12	134	21,3
13	155	24,7
14	152	24,2
15	205	32,6
16	148	23,6
17	136	21,7
18	170	27,1
19	140	22,3
20	145	23,1
21	134	21,3
22	193	30,7
23	160	25,5
24	146	23,2
25	136	21,7

Согласно данных таблицы, можно полагать, что окружность взрослых деревьев высшего яруса, в среднем составляет от 125 до 230 сантиметров, радиус соответственно составляет в среднем от 19,9 до 36,6 сантиметров. При этом средние значения окружности и радиуса составляют 152 и 24,3 сантиметров соответственно.

Исследуемые деревья разделены на две группы по их пространственному размещению. Первая ценопопуляция расположена в нижней части склона балки, на высоте 160-170 метров над уровнем моря, вторая исследуемая ценопопуляция отстоит к северо-востоку и располагается в верхней части правого борта профиля балки, на высотах 200-210 метров. На первом участке отобрано 15 образцов (образцы нумерацией 1-14), во второй 10 (образцы нумерацией 15-25).

Вывод: на исследуемом участке дуб, является типичным представителем высшего яруса леса. Как и в урочище Разуменская дача, так и в целом регионе дубравы являются основным видом произрастания лесной растительности. Исследуемые деревья произрастают в благоприятном для данного растения климате, ближе к его южной границе ареала. Это делает дубы на данном участке наиболее подходящим объектом для дендрохронологического исследования. Для исследования были отобраны две площадки, одна в водораздельной части урочища Разуменская дача, где было отобрано 11 образцов, вторая в нижней части балки, также в пределах урочища, где отобрано 14 образцов.

### **2.3. Методические основы изучения радиального прироста**

При изучении радиального прироста древесины, требуется выполнить ряд методических указаний. На данных указаниях основываются основные стадии дендрохронологического изучения: Выбор модельных деревьев, отбор образцов, измерение годичных слоев древесины на образце, обработка полученных данных[26].

1) Выбор пробных площадок и модельных деревьев.

Отбор пробных площадок для дендрохронологических исследований проводится с учетом ряда особенностей характерных для лесных массивов:

1. Выбираются участки леса естественного или искусственного происхождения, находящиеся на водоразделах крупных и малых рек.

2. Особое внимание обращается на лесорастительные условия. Возможен отбор модельных деревьев с привязкой к следующим типам местообитаний: сухие, свежие и заболоченные. Для ели, дуба и липы модельные деревья следует отбирать в местообитаниях с одинаковыми лесорастительными условиями.

3. Для определения климатических особенностей на основе дендрохронологических рядов – отбираются лишь такие модельные деревья, на прирост которых неклиматические факторы оказывают наименьшее влияние. Не должны рассматриваться деревья на тех участках где:

- а) выражено влияние фитоценологических факторов,
- б) происходили существенные изменения почвенно-грунтовых условий.

4. Предпочтение отдается деревьям с наибольшим возрастом, для того чтобы получить более длительные древесно-кольцевые хронологии [29].

#### 2) Отбор дендрологических образцов.

Для изучения радиального прироста используют различные виды образцов древесины: круговые поперечные спилы, бруски по радиусу и диаметру, клиновидные выпилы с пней и живых деревьев, буровые керны и высечки. Круговой спил является наиболее информативной формой образца. Однако, для исследования живых деревьев, наиболее рационально использовать буровые керны, так как их извлечение не сопровождается рубкой дерева и наносит минимальный вред для его роста. В классической лесной дендрохронологии с одного участка, как правило отбирают 15-30 кернов, в экстремальных условиях местообитания можно ограничиться взятием образцов с 10-15 деревьев. Буровой керн извлекают на высоте 1,3 метра от поверхности земли.

#### 3) Обработка дендрохронологических образцов.

Для большей точности и визуальной видимости годовых слоев древесины, образец бурового керна следует зачистить. При зачистке используется смачивание водой, с помощью которого улучшается качество зачистки каждого годового слоя.

Готовые к обработке керны снова смачивают водой, для лучшей видимости границ поздней и ранней древесины, далее образец помещают на рабочий стол измерительного прибора (использовался LINTAB 5/6). Измерение проводят слева на право, помещая образец таким образом, чтобы начинать исследование от коры к сердцевине. Измеряют каждый слой древесины, начиная от первого, расположенного сразу за корой и заканчивая сердцевиной. В случае если буровой керн не прошел через сердцевину дерева, а отклонился от неё в незначительных пределах, то, измерение ведут таким образом, чтобы границы каждого слоя располагались перпендикулярно линии хода измерения. Для этого в видимости бинокля располагается крестообразная насечка, с помощью которой и ориентируют исследуемый образец.

#### 4) Датировка образца.

Для датировки исследуемого образца используется представление о том, что последний слой образца был образован за последний год, до его изъятия. При этом стоит учитывать время проведения сбора образцов, для формирования представления о характере первого слоя (ранняя или поздняя древесина). В случае, если не известна дата взятия образца, или же на нем присутствуют «выпавшие» кольца и невозможно распознать точное количество слоев на участке образца – используют метод перекрестной датировки дендрохронологических рядов. Метод основывается на представлении о том, что на каждом конкретном участке каждое из деревьев синхронно реагировало на изменение климатических показателей или других факторов, влияющих на годичный прирост. В этом случае дендрохронологические ряды сопоставляются с помощью сравнения нескольких образцов с одного участка.



#### 5) Возрастной тренд.

Практически в любом дендрохронологическом образце можно обнаружить закономерность к уменьшению ширины годичного кольца от сердцевины к наружному слою. Данный тренд связан геометрической особенностью прироста (чем толще дерево, тем меньшее увеличение ширины необходимо, для повышения объема или массы на условную единицу), также на данный процесс влияют биологические особенности – снижение активности деления клеток камбия, а также исчерпание питательных веществ из почв под деревом.

#### б) Выявление климатической обусловленности колебаний прироста.

Традиционным объектом изучения климата по дендрологическим рядам являются лесные насаждения, произрастающие в экстремальных условиях. У насаждений в не экстремальных условиях, лимитирующий фактор из года в год может меняться, это вызывает сложности в выделении фактора определяющего минимальный или максимальный годичный прирост колец. Однако если иметь данные о климате прошлых лет, то для таких участков можно определить годы, в которые действовали иные факторы, отличные от климатических[29].

Кроме того, если древесные растения произрастают в благоприятных климатических условиях, то действие факторов, увеличение которых в иных случаях вызовет увеличение кольца, в данном – вызовет его уменьшение. То есть – действие одного фактора как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения будет давать одинаковую реакцию, что снижает ценность таких лесных участков для изучения влияния экологических факторов на прирост годичных слоев. Так как нельзя точно определить, в какую сторону отклонялся фактор [24].

Вывод: в методике дендрохронологического исследования существует общий порядок действий по сбору образцов и их анализу. С помощью данной методики можно произвести качественное исследование радиального прироста древесины.

### Глава 3. Результаты дендроклиматической диагностики состояния *Quercus robur L.* в условиях Белгородской области

#### 3.1. Полученные древесно-кольцевые хронологии и их анализ

В результате обработки дендрохронологических образцов, относящихся к деревьям вида *Quercus robur L.* произрастающих на территории урочища Разуменская дача, было получено 25 дендрохронологических рядов. 11 принадлежат ценопопуляции в верхней части профиля балки, 14 – нижней части балки. Возраст деревьев, дендрохронологические ряды которых были получены от 54 до 91 лет. В рядах была приведена перекрёстная датировка, с целью выявления образцов с ложными или пропущенными кольцами. Собранные данные по сопоставимости образцов занесены в таблицу 2.

Таблица 2

Данные о сопоставимости образцов

Ценопопуляция нижней части урочища				Ценопопуляция верхней части урочища			
№ образца	GLK	GSL	%CC	№ образца	GLK	GSL	%CC
1	77	***	72	15	74	***	52
2	80	***	59	16	73	***	82
3	68	**	19	17	65	***	79
4	75	***	80	18	70	***	82
5	60	*	85	19	79	***	51
6	75	***	83	20	72	***	71
7	84	***	62	21	73	***	65
7(2)	80	***	76	23	74	***	65
8	68	***	58	24	70	***	70
9	63	**	73	25	72	***	20
10	86	***	83				
11	89	***	84				
12	75	***	72				
13	73	***	78				
14	74	***	81				

В таблицу занесены данные коэффициента GLK, отражающего среднюю синхронность хода графиков прироста, по шкале 0-100. Параметра GSL, показывающего уровень значимость синхронности графиков, с вариацией значений \*- слабая значимость, \*\* - средняя значимость и \*\*\* - высокая значимость. И коэффициента корреляции (СС%), характеризующий уровень зависимости между величинами[8].

В результате можно выделить, что коэффициенты синхронности (GLK), для популяции в верхней части урочища имеют значения в интервале 60-89, что соответствует от малого до высокого параметра значимости. При этом диапазон коэффициента корреляции наблюдается в пределах от 19% до 85%. Наибольшие отклонения хода прироста от генерализированной хронологии отмечаются у образцов №3 и №5.

Во второй ценопопуляции полученные результаты коэффициента синхронности находятся в диапазоне 65-79, что соответствует высокому уровню синхронности, меньшая, чем в первой ценопопуляции разница показателей, отчасти объясняется меньшим количеством образцов. Значения корреляции разнятся в интервале 20-82%. Наибольшие отклонения от усреднённого графика наблюдается у образцов №17 и №25.

В целом, полученные индивидуальные хронологии, полученные на двух исследуемых участках, обладают достаточными для дальнейшего изучения показателями синхронности и совместимости.

С целью исключить влияние изменений скорости роста растений с возрастом, в полученных рядах прироста найдены полиномиальные линии тренда. Затем, рассчитан индекс прироста, рассчитывающийся по формуле (3.1).

$$I = i_f / i_s \quad (3.1)$$

$I$  – индекс прироста,  $i_f$  – фактический прирост,  $i_s$  – стандартизированная величина прироста [23].

Индекс прироста отражает отклонение фактического годового прироста от общего тренда. Таким образом обнаружилось экстремумы максимума и минимума прироста, не зависящие от возрастного тренда. Для каждой из двух ценопопуляций был рассчитан также усредненный индекс, отражающий общие закономерности прироста внутри популяции. На рис. 3.1. показан график изменения индекса прироста для двух исследуемых ценопопуляций деревьев.

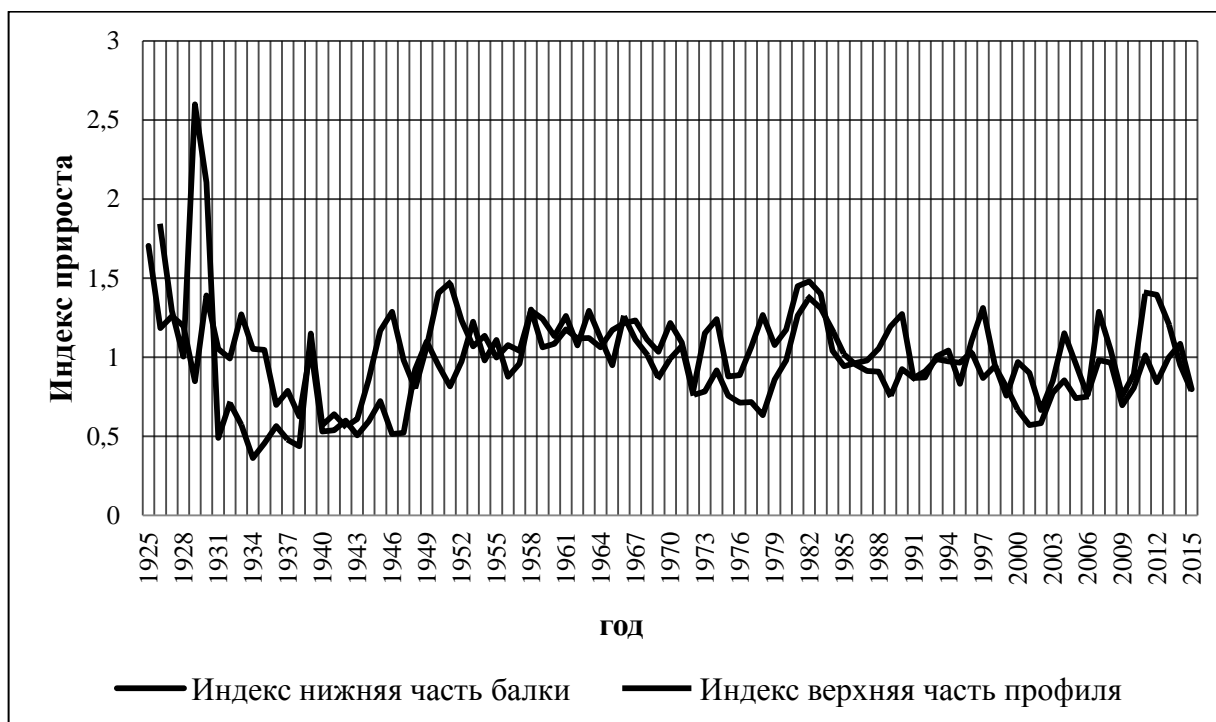


Рис. 3.1. График изменения среднего индекса генерализированной хронологии общего радиального прироста с течением времени

Анализ индексов прироста позволил выявить реперные года, когда отклонение от среднего в два раза превышало стандартное отклонение. Для деревьев, произрастающей в нижней части балки это минимальные уровни прироста в 1940, 1941, 1943, 1946, 1947 годах и максимальные в 1925 и 1982 годах. Для деревьев верхней части профиля балки – максимумы 1926, 1929 и 1930 годов. Так как для популяции в нижней части выявлено больше

реперных годов, можно сделать вывод, что эта ценопопуляция более чувствительно реагирует на внешние факторы среды.

Для получения данных о сопоставимости реакции прироста групп деревьев были получены значения коэффициента корреляции между приростом двух групп деревьев по десятилетним периодам. Высокие значения коэффициента отражают то, что в данный период прирост в обоих исследуемых местах определялся сходной группой внешних факторов. Значения коэффициентом корреляции между двух групп модельных деревьев по десятилетиям представлены на рисунке 3.2.

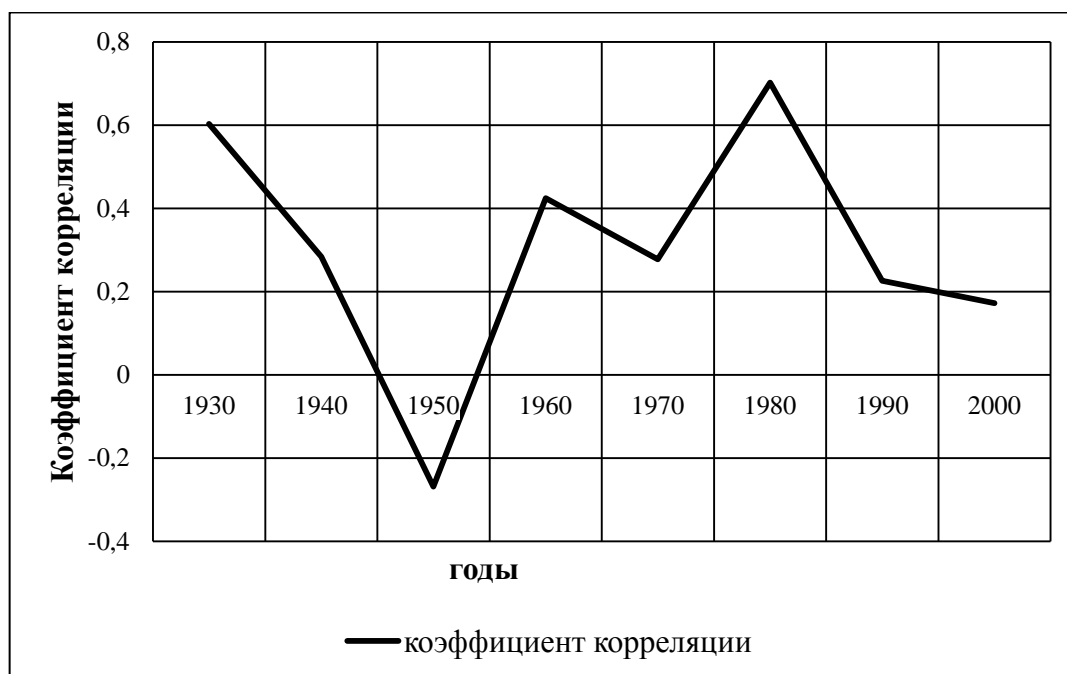


Рис.3.2. Коэффициенты корреляции между дендрохронологиями нижней и верхней части профиля балки

Из графика следует, что наибольшая степень сходимости прироста двух ценопопуляций наблюдалась в 1980-е и 1930-е годы, соответственно в эти периоды, на прирост действовали одинаковые группы факторов с близкой реакцией прироста для всех деревьев. В 1950-е годы, наблюдается отрицательная корреляция, это значит, что лимитирующие факторы в эти

годы для популяций были различны, либо же они реагировали на действие факторов разнонаправлено [28].

Для выявления влияния местоположения в рельефе на фактический прирост были собраны данные о среднем радиусе дерева на каждом из участков во время достижения им определённого возраста. Для этого считался диаметр первых от центра 10, 30 и 50 колец каждой хронологии. Данные о среднем радиусе дерева в возрасте 10, 30 и 50 лет внесены в таблицу 3.

Таблица 3

Средний радиус деревьев в зависимости от возраста

Возраст деревьев, лет	10	30	50
Радиус, нижняя часть балки, мм	33,7	93,2	139,8
Радиус, верхняя часть профиля, мм	33,9	85,5	133,4
Отношение среднего радиуса деревьев нижней части урочища и верхней, %	99,4	109	104,8

Рост деревьев в нижней части, в первое десятилетие жизни незначительно уступает росту в верхней части, в последующие годы, радиус деревьев нижней части обгоняет этот показатель в верхней части урочища. Относительная разница в радиусе деревьев возраста 30 лет составляет 9%, а в возрасте 50 лет сокращается до 4,8%. Соответственно условия прироста *Quercus robur L.* в нижней части балки можно считать более благоприятными, для, но различия представлены в малой степени. При этом в раннем возрасте (10 лет и меньше), условия прироста в нижней части урочища не дают преимущества.

С помощью спектрального анализа были найдены циклы прироста, имеющие место для ценопопуляций в нижней и верхней части урочища. На рисунке 3.3. представлен график спектральной плотности хода прироста исследуемых генерализированных дендрохронологических рядов, для двух участков.



Рис.3.3.График спектральной плотности дендрохронологических рядов дуба черешчатого

По результатам анализа выделились некоторые циклы в приросте исследуемых ценопопуляций, длиной от 3 до 45 лет. Для ценопопуляции в нижней части урочища характерны циклы длиной от 3 до 30 лет. Наиболее выражены короткие циклы 3 года, 4 года, 7,5 лет, а также циклы связанные с периодом солнечной активности 11,25 лет (цикл Швабе) и 22,5 года (цикл Хейла). Наиболее крупный обнаруженный циклический период для популяции в нижней часть урочища составляет 30 лет.

Для верхней части урочища, циклы отчасти имеют иную протяжённость, их длина варьируется от 3 до 45 лет. Выделены циклы длительностью 3 и 4 года, как и для нижней части урочища, также цикл 8 лет, близкий к 7,5-летнему циклу. А также, более продолжительные нехарактерные для второго участка – 15-летний и 45-летний цикл. На основе сопоставления данных можно сделать вывод о меньшем влиянии солнечной активности на прирост ценопопуляции в верхней части профиля балки,

нежели популяции в нижней, где выделяются циклы, сходные по длине с солнечными.

Вывод: полученные хронологии имеют достаточный уровень сходства между собой, как внутри отдельной ценопопуляции, так и между деревьями с разных участков. Однако, из-за различных условий произрастания деревьев наблюдаются отклонения отдельных деревьев от стандартизированной хронологии, кроме того прирост деревьев расположенных в разных морфологических частях рельефа, реагируют на внешние факторы не одинаково. Максимальный уровень коэффициента корреляции между генерализованным ходом прироста для двух ценопопуляций был в 1980-е годы, минимальный в 1950-е, когда коэффициент был отрицательным. Наблюдаются различия в динамике, как относительной (индекс прироста), так и абсолютной (фактический прирост). Годы, когда индекс прироста значительно отклонялся от общего тренда, для популяций различны. Обнаружено, что рост деревьев в нижней части балки более быстрый, этот факт свидетельствует о более благоприятных условиях произрастания дуба в этой части урочища. Кроме того, выделены циклы характерные для прироста, обнаружена большая связь дендрохронологического ряда ценопопуляции нижней части балки с солнечной активностью, нежели популяции в верхней части урочища.

### **3.2. Влияние метеопараметров на динамику радиального прироста**

#### ***Quercus robur L.***

В ходе работы произведён анализ влияния метеопараметров на радиальный прирост. В анализ были включены данные по среднемесячным и среднегодовым температурам, а также среднемесячным и среднегодовым количеством осадков, по данным метеостанции Белгород, расположенной в



25 км от границы урочища Разуменская дача На рисунке 3.4. показана динамика годового количества осадков.

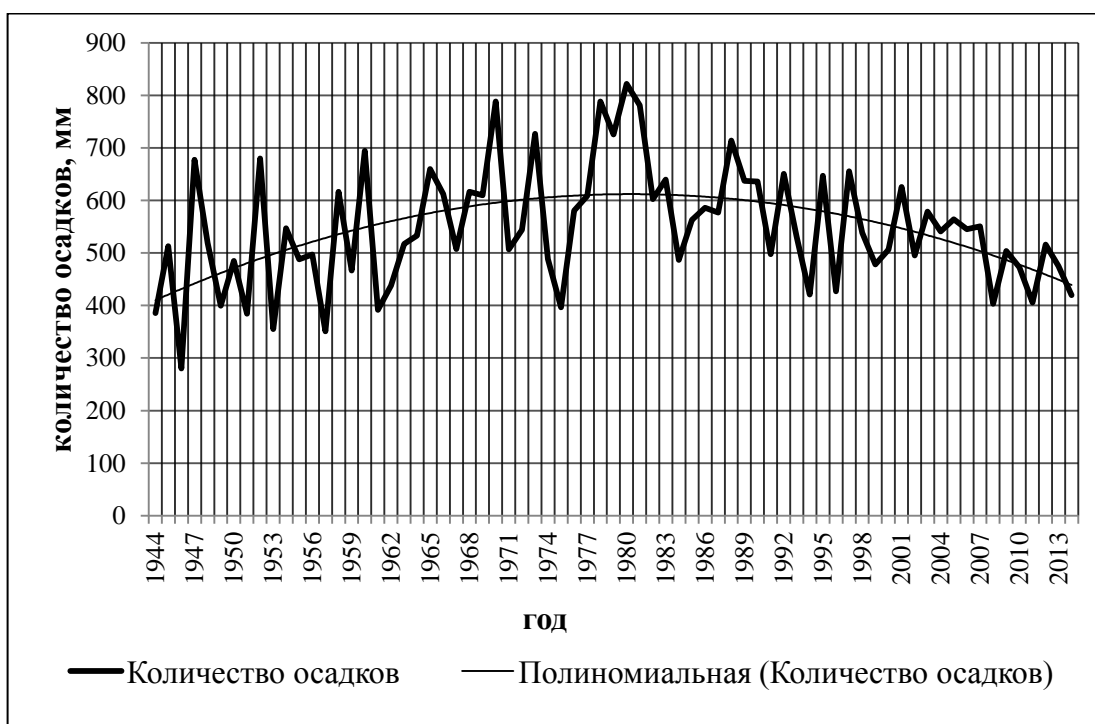


Рис. 3.4. График количества осадков по годам

Анализируя данные по количеству осадков, были найдены реперные годы, наиболее сильно влияющие на прирост. Это года, когда количество осадков превышало среднегодовое на два и более стандартных отклонения – 1970, 1978, 1980, 1981. Или же было меньше среднегодового на два стандартных отклонения – 1946 год. Кроме того, из графика видно, что количество осадков увеличивалось до начала 1980-х годов, а затем тренд меняется на уменьшение увлажнения.

Помимо осадков, важным параметром, влияющим на прирост, является температурные условия. На рисунке 3.5. показана также динамика среднегодовой температуры по метеостанции в Белгороде.

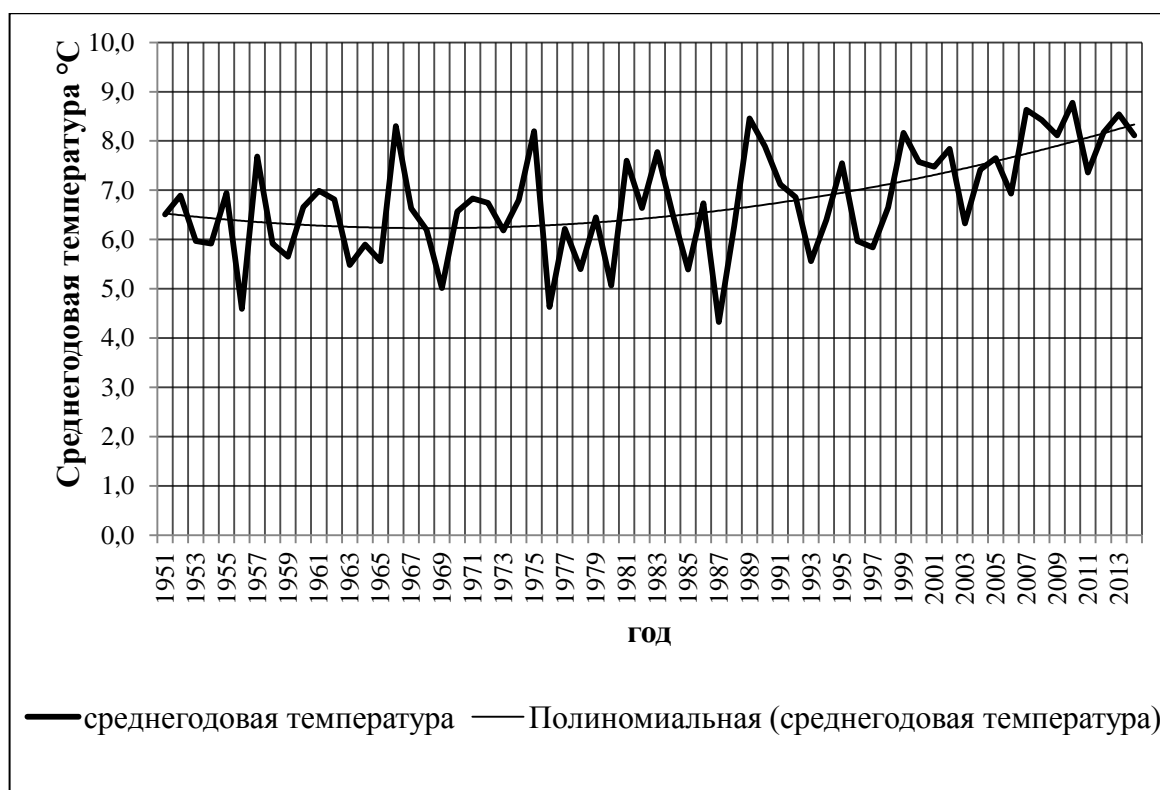


Рис. 3.5. График хода среднегодовых температур

Проанализировав динамику среднегодовой температуры, выделены реперные годы, когда отклонение от средней температуры превышало два стандартных отклонения. Это года пониженной температуры – 1956 и 1987 годы, в положительную сторону температура так сильно не отклонялась. Общий тренд хода температуры, начиная с середины 1970-х годов, направлен на увеличение

Если сравнить реперные годы для индексов прироста деревьев и метеопараметров, можно обнаружить влияние осадков на прирост деревьев, расположенных в нижней части балки. Так в 1946 и 1947 году наблюдаются минимальные значения прироста, при этом в 1946 году наблюдалось минимальное количество осадков. Можно сделать вывод, что засуха на два года замедлила радиальный прирост. В 1982 году наблюдаются максимальные значения индекса прироста, при этом в 1980 и 1981 году – максимальные значения количества осадков. Таким образом, прирост через

1-2 года отреагировал увеличением прироста на хорошие условия увлажнения.

Помимо отдельных климатических показателей, для изучения реакции прироста целесообразно использовать комплексные показатели, одним из таких показателей является гидротермический коэффициент (ГТК), чем выше его значения, тем выше влагообеспеченность территории. На рисунке 3.6, показан график хода гидротермического коэффициента.

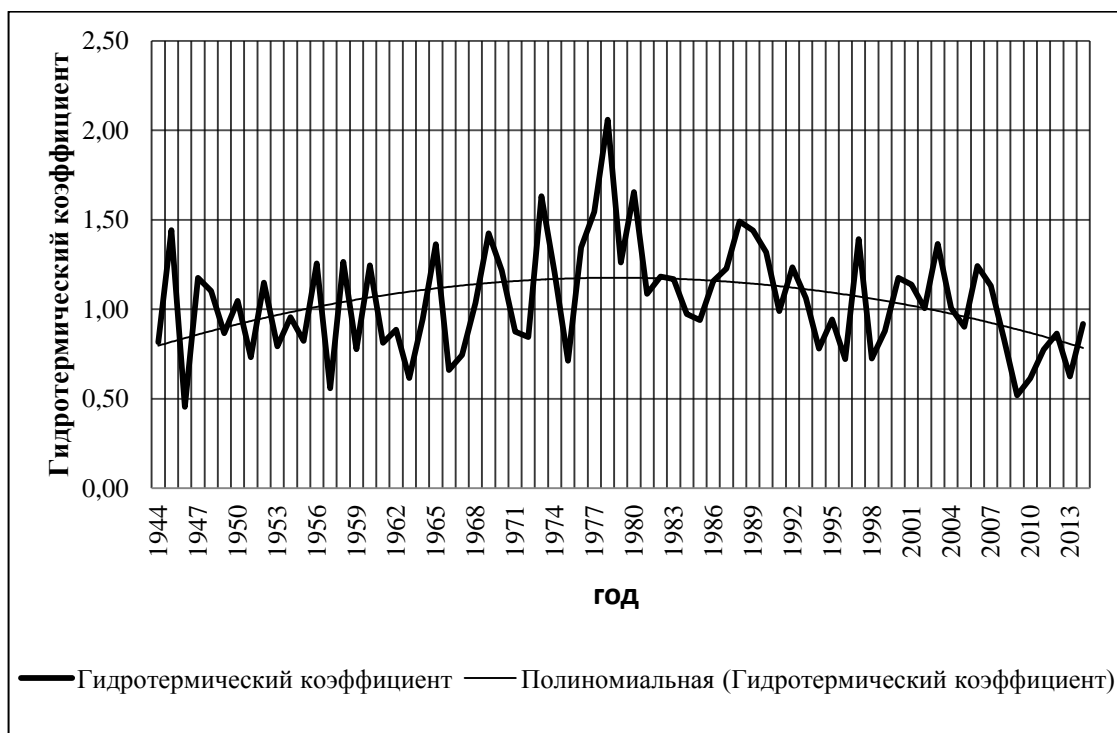


Рис.3.6. График хода ГТК

Как видно из графика, значения ГТК росли до конца 1970-х, затем коэффициент пошёл на снижение, при среднем значении 1,04. Более чем в два раза от стандартного отклонения значение ГТК изменялось в 1978 и 1980 годах, когда коэффициент достигал максимальных значений. Можно предположить, что хорошие условия увлажнения повлияли на увеличение прироста в нижней части балки с задержкой на два года в 1982. При рассмотрении зависимости был найден также коэффициенты корреляции хода ГТК с приростом. Полученное значение для ценопопуляции в низине

равно 0,292, для группы в верхней части профиля значение корреляции отрицательно и составляет -0,354.

Таким образом, условия тепло и влагообеспеченности, выраженные ГТК, влияют прямым образом на прирост в условиях нижней части балки, и в обратной степени влияют на прирост в верхней части балки. Эта закономерность подтверждает разную степень зависимости прироста двух популяций деревьев от метеопараметров, ввиду различных условий произрастания [13].

Помимо этого было рассмотрено влияние климатических показателей каждого месяца вегетационного периода в текущем году на прирост. Для этого были найдены коэффициенты корреляции между индексами прироста стандартизированных хронологий для двух ценопопуляций деревьев и метеопараметрами отдельных месяцев. Учитывались месяцы с марта по ноябрь, так как в это время формируется прирост. Результаты значений корреляции с месячным количеством осадков выражены в виде диаграммы на рисунке 3.7.

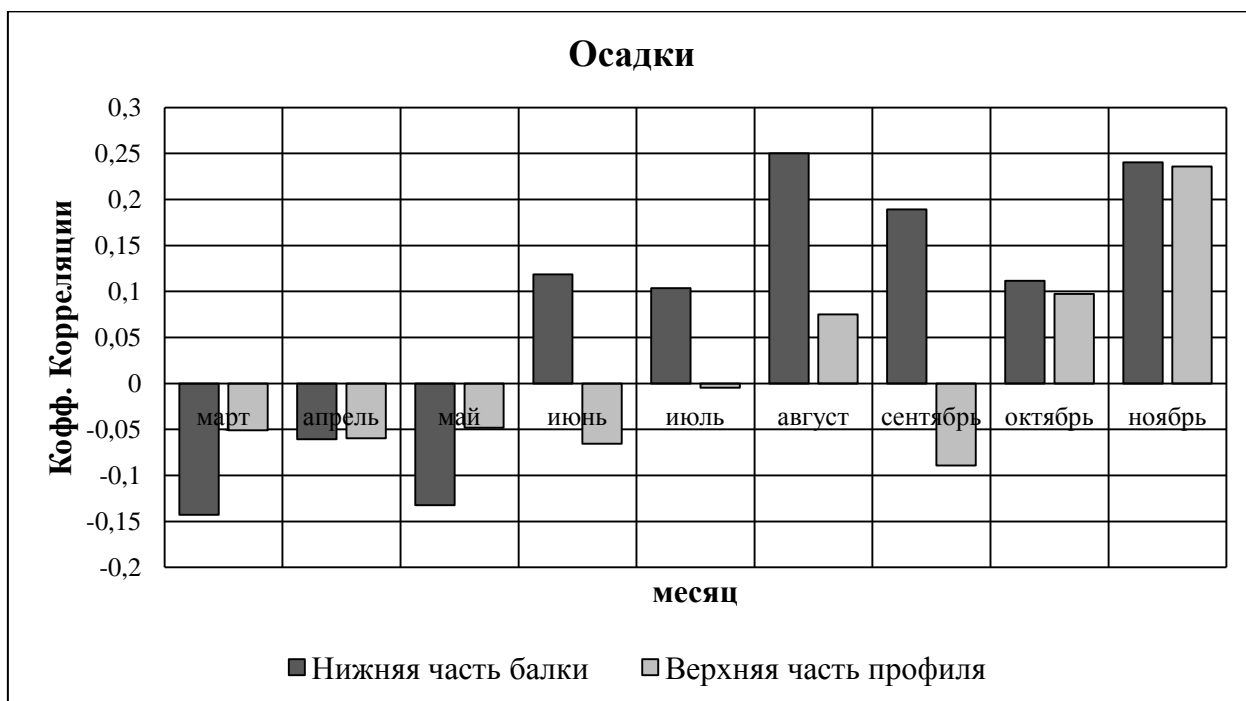


Рис 3.7. Данные корреляции индекса прироста с месячным количеством осадков

С помощью полученных данных, можно сделать вывод, что для деревьев в нижней части балки наиболее важны осадки в августе, сентябре и ноябре, для деревьев верхней части профиля – ноябрь, октябрь и август. В общих чертах ценопопуляция, располагающаяся в нижней части больше зависит от увлажнения, нежели деревья расположенные выше по профилю рельефа. Для обоих участков осадки с марта по май негативно отражаются на приросте. Осадки – наиболее важный фактор во второй половине года. Данная зависимость для деревьев нижней части балки возникает в июне, а для популяции верхней части – в августе. Полученные значения соответствуют слабой обратной или прямой корреляционной связи.

Помимо осадков, были найдены коэффициенты корреляции со среднемесячными значениями температур воздуха, полученные результаты представлены в виде диаграммы на рисунке 3.8.

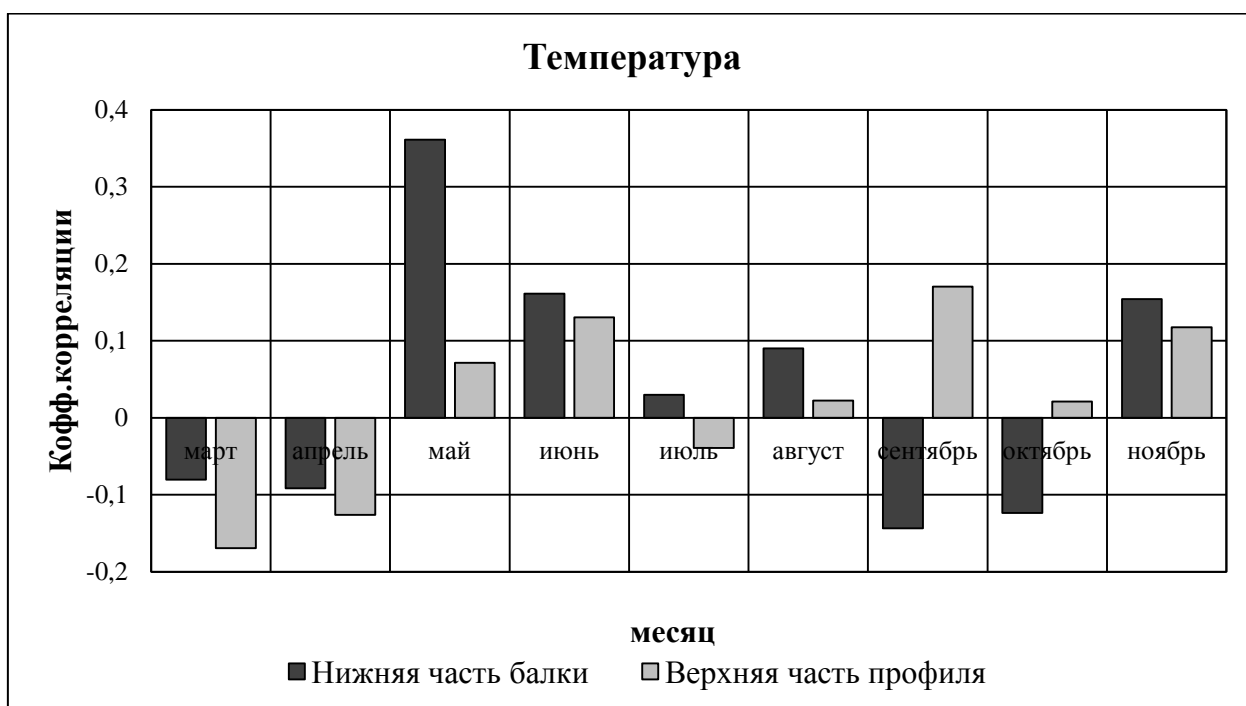


Рис 3.8. Данные корреляции индекса прироста со среднемесячными температурами

Из полученных результатов следует, что радиальный прирост у деревьев, произрастающих в нижней части профиля наиболее сильно зависит от температур мая июня и ноября, деревья же в верхней части профиля наиболее зависят от температур июня, сентября и ноября. Обе популяции примерно в равной степени выражают зависимость от температур. В марте и апреле у деревьев двух участков выявляется отрицательная корреляция с температурами, прирост обеих ценопопуляций зависит от температур мая, июня и ноября. Наиболее сильное различие в реакциях на температуру сентября, когда ход прироста деревьев в верхней части профиля имеет корреляцию с температурами равную 0,171, а в верхней части -0,144. Корреляция согласно полученным данным имеет слабую и среднюю (май, нижняя часть балки) силу, связи наблюдаются прямые и обратные.

Вывод: с конца 1970-х годов климат исследуемого региона менялся в сторону увеличения среднегодовой температуры и уменьшения количества осадков, что привело к уменьшению увлажнения, отображаемого через гидротермический коэффициент. Эти процессы, несомненно, отражаются на приросте в лесных сообществах. Проанализировав схожесть полученных генерализированных хронологий и их корреляцию с ежемесячными метеопараметрами, можно заключить, осадки для двух изучаемых ценопопуляций – являются важным фактором. Наибольшее влияние данный фактор оказывает во второй половине года, начиная с июня-августа, при этом этот фактор более важен для деревьев в нижней части урочища. Температура же для ценопопуляции нижней части балки более важна в летний период с мая по август, а для деревьев верхней части в осенний сентябрь-октябрь. Можно также отметить, что температура и осадки являются важным фактором как для прироста на всей исследуемой территории.

### 3.3. Влияние метеопараметров на индивидуальную динамику радиального прироста вида *Quercus robur L.*

Также нами определено влияние метеопараметров на индивидуальный радиальный прирост каждого отдельного изучаемого дерева. Необходимо это для выявления факторов, влияющих только на часть исследуемых объектов из общей популяции, реакция которых ассимилируется при рассмотрении средних значений реакции.

Методика включает в себя определение корреляции между приростом каждого отдельного дерева, с ходом температуры и количества осадков отдельных месяцев вегетационного периода. Для каждого дерева определяются временные интервалы в один месяц, на протяжении которых метеопараметр существенно влияет на формирование размеров годичного радиального прироста. Идентификация существенных интервалов в данном случае проводится с использованием непараметрического коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Единицей измерения в данном случае служит количество деревьев, чей прирост наиболее схож с ходом метеопараметра отдельного месяца. При этом коэффициент корреляции  $\geq 0,2$ , помимо этого, отдельно считаются те деревья, корреляция хода прироста которого с температурой имеет отрицательный коэффициент  $\leq -0,2$ . Данный анализ позволяет выделить те месяцы, в которых повышение температуры или увеличение количества осадков действовало положительно, и те, когда повышение температуры или увеличение количества осадков сказывается отрицательно на приросте. Для сглаживания данных влияния среднемесячных температур, на гистограммах проведён полиномиальный тренд. Степень полиномиальной кривой, учитывалась, исходя из коэффициента детерминации ( $R^2$ ), значение которого для приемлемой модели, должно быть выше 0,5 [19].

На основе полученных результатов были построены гистограммы, отдельно каждой из двух ценопопуляций для положительной и

отрицательной корреляции. На рисунке 3.9. представлена гистограмма, отражающая количество деревьев, чей анализ хода прироста со среднемесячными температурами с марта по ноябрь, для деревьев в нижней части урочища, имеет результаты выше 0,2.

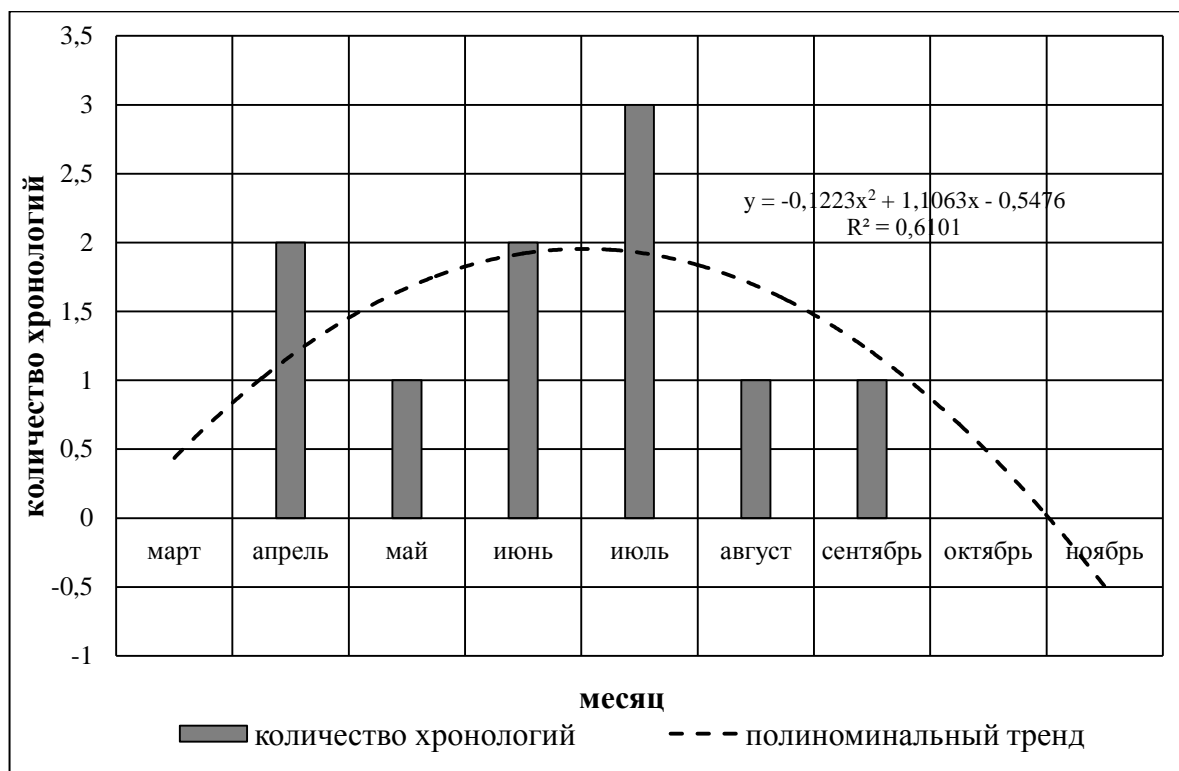


Рис. 3.9. Распределение зависимости прироста отдельных деревьев от среднемесячных температур, на основе положительных корреляций выше 0,2 (для нижней части урочища)

На основе данной гистограммы видно, что среднемесячные температуры в нижней части урочища, наиболее сильно влияют на прирост отдельных деревьев с апреля по сентябрь, с максимумом в июле. Таким образом, можно сделать вывод, что прирост деревьев в нижней части урочища, формируется в достаточно сильной зависимости от тепла в основной период вегетации. При этом популяция не страдает от избытка тепла в летний период. На рисунке 3.10. показана гистограмма с обозначением количества хронологий, прирост которых имеет корреляцию с ходом среднемесячных температур менее (-0,2), что обозначает негативное



влияние высоких температур в данный период, или же положительное влияние низких температур.

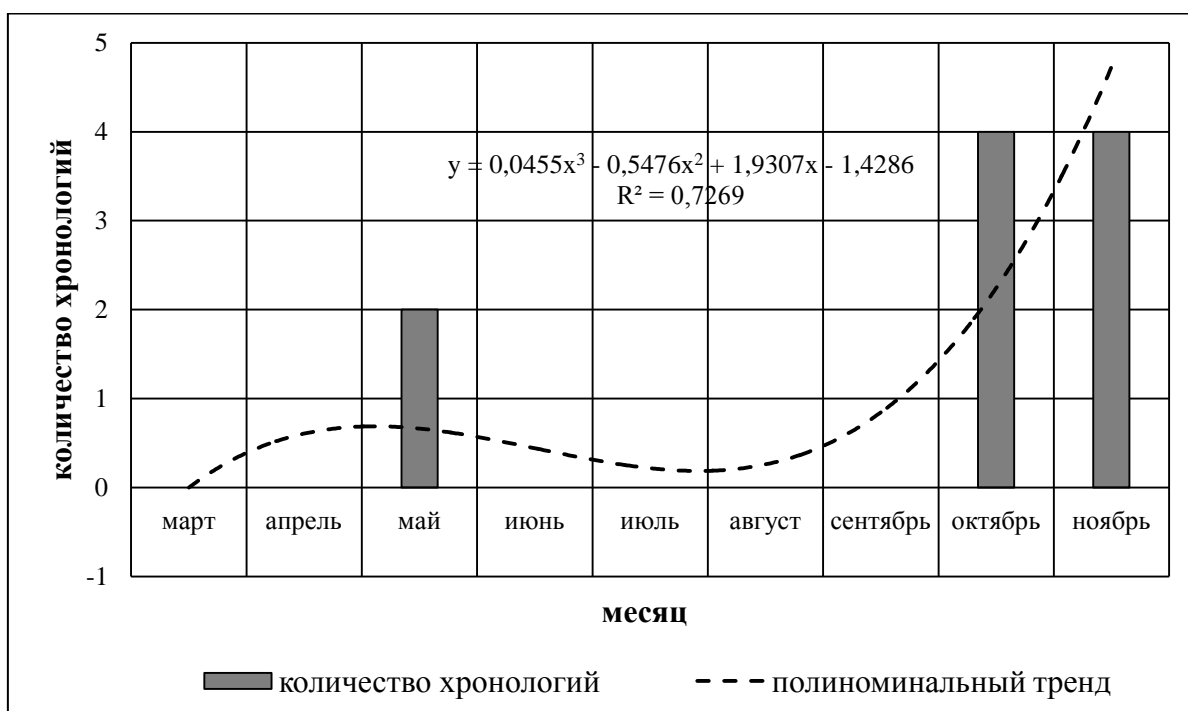


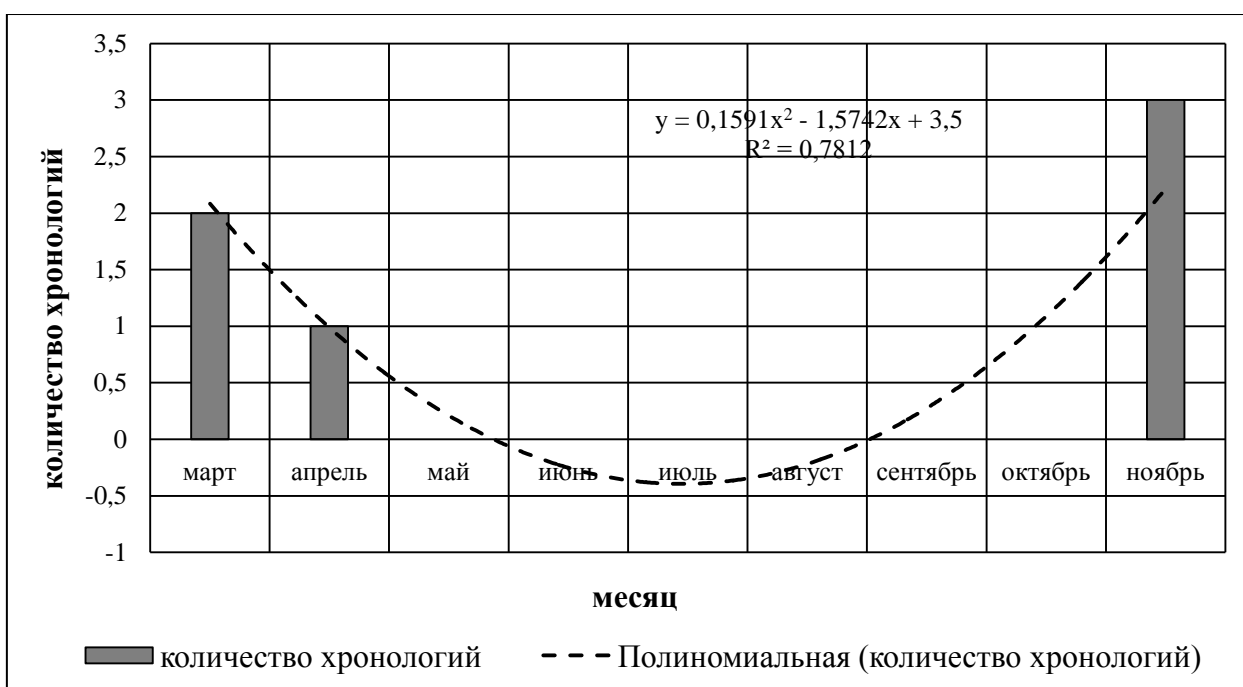
Рис. 3.10. Распределение обратной зависимости прироста отдельных деревьев от среднемесячных температур, на основе отрицательной корреляции (-0,2 и ниже), для нижней части урочища

Из данного графика видно, что в осенний период, на прирост некоторых деревьев высокие для данного периода температуры влияют отрицательно, или же низкие температуры влияют положительно. Данная динамика характерна для месяцев октябрь и ноябрь. Вероятно, это связано с завершением вегетативного периода дерева. При этом высокие температуры в этот период могут вызвать повторную активацию роста, которая резко обрывается с приходом заморозков и вызывает повреждения, негативно сказывающиеся на приросте.

Проанализировав гистограммы, отражающие положительное и отрицательное влияние температуры, можно обнаружить, что в мае, для некоторых хронологий существует как отрицательное значение корреляции,

так и положительное. Это обозначает, что температуры данного месяца по-разному действовали на прирост на разных участках.

Для получения данных о факторах, действующих на деревья другой морфологической части урочища, проведён анализ действия среднемесячных температур на динамику прироста деревьев верхней части профиля балки. Гистограмма с распределением хронологий со значениями ранговой корреляции Спирмена выше 0,2, между приростом и среднемесячными температурами, для верхней части урочища, представлена на рисунке 3.11.



*Рис.3.11.* Распределение зависимости прироста отдельных деревьев от среднемесячных температур, на основе положительных корреляций выше 0,2 (для верхней части урочища)

Данная гистограмма позволяет выявить, что деревья в верхней части урочища имеют иную зависимость от температур, нежели деревья в нижней его части. Наиболее важны для прироста некоторых деревьев верхней части урочища высокие температуры в марте, апреле и ноябре. То есть периоде, когда прирост только начинается или же в период его остановки. Можно предположить, что данная популяция деревьев в меньшей степени

обеспечена влагой, поэтому в летний период прирост ограничивается, недостатком увлажнения. А раннее начало вегетативного периода, или же позднее его окончание позволяет использовать избыток воды для формирования прироста. Выделим также период негативного влияния высоких температур, или положительного влияния низких температур. Гистограмма, отображающая хронологии деревьев верхней части урочища, прирост которых имеет отрицательную корреляцию (ниже  $-0,2$ ) со среднемесячными температурами, представлена на рисунке 3.12.

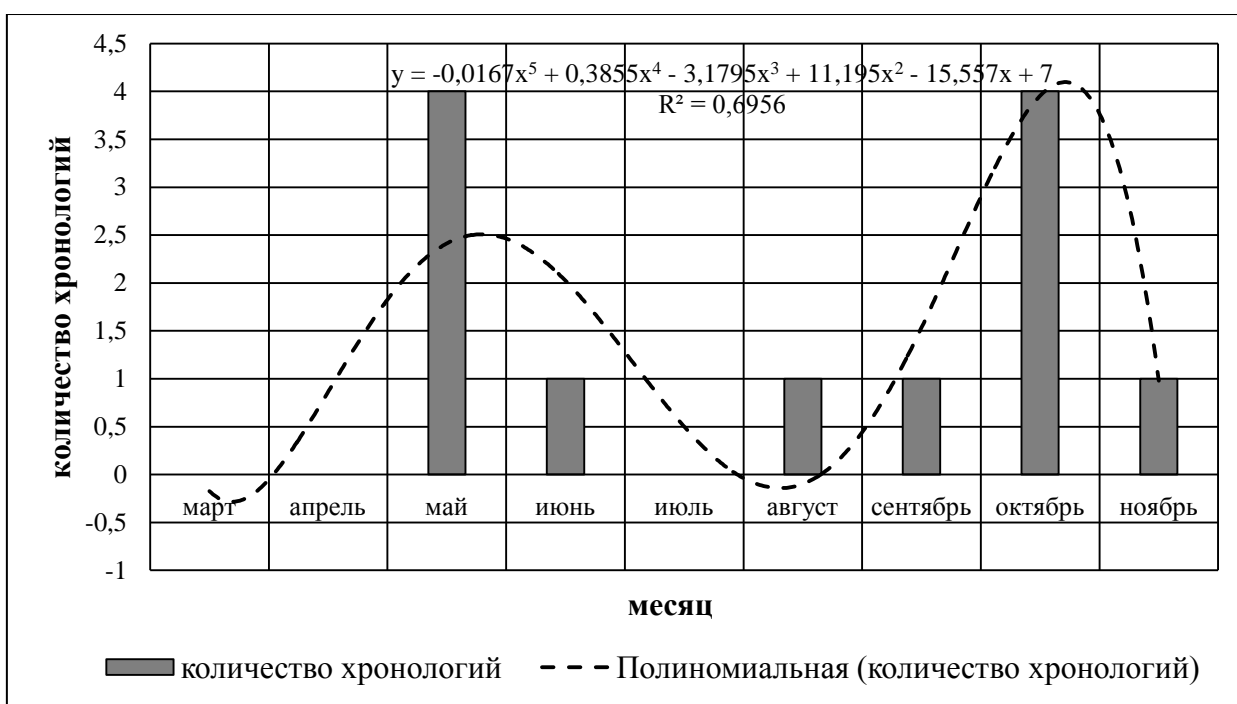
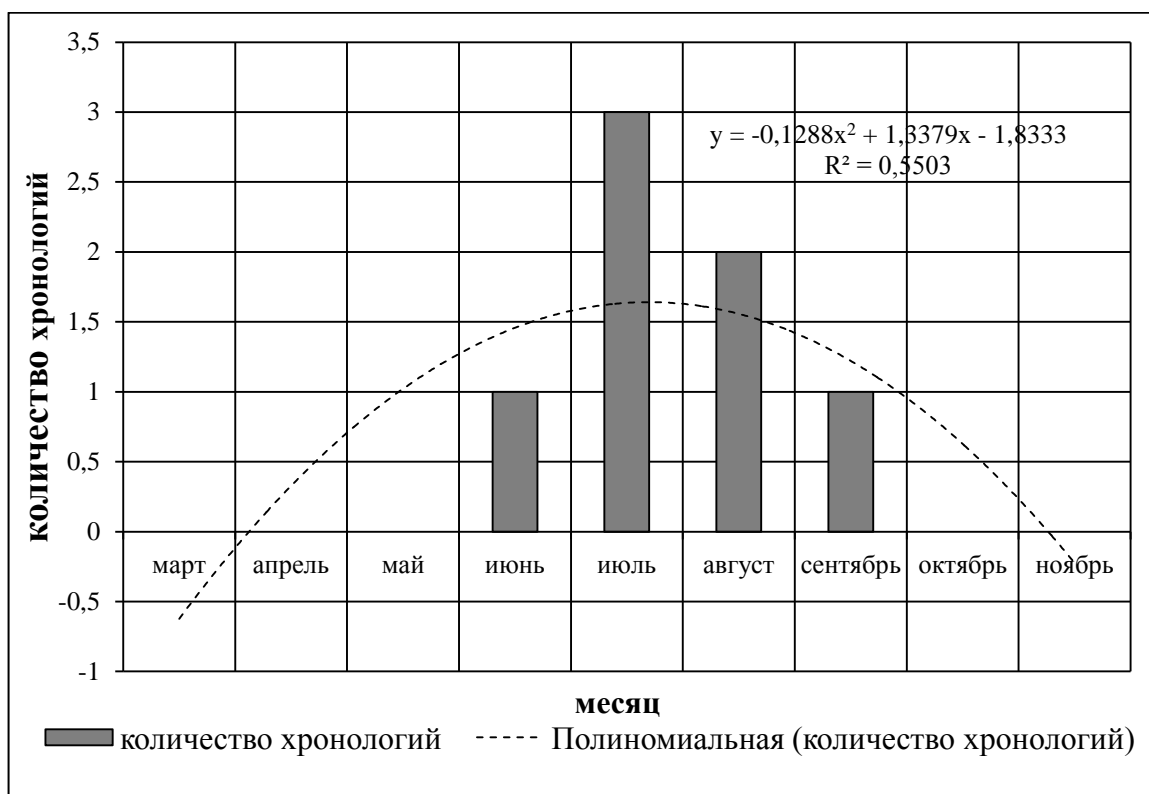


Рис.3.12. Распределение обратной зависимости прироста отдельных деревьев от среднемесячных температур, на основе отрицательной корреляции ( $-0,2$  и ниже), для верхней части урочища

С помощью данной гистограммы выделяются два месяца, влияние температур которых оказывает негативный эффект – май и октябрь. Это распределение более близко к распределению для деревьев в нижней части урочища. Однако выделяются большая роль мая и существование единичных случаев отрицательной корреляции для июня, августа и сентября. Роль ноября меньше, кроме того, в этот месяц имеется значительное количество

хронологий с положительной корреляцией. Можно предположить, что данное распределение связано с возможностью возникновения засух, с возникновением недостатка увлажнения с мая по сентябрь. В мае же недостаток увлажнения бывает только при увеличении температур намного выше средних. А значит, прирост в мае, составляющий большую долю от общего прироста, формироваться не будет в избыточно жаркий год. Значимость октября определяется теми же процессами, что и в нижней части урочища и связаны с окончанием вегетационного периода.

Рассмотрим влияние количества осадков на прирост отдельных деревьев. На рисунке 3.13. представлено распределение количества хронологий с корреляцией выше 0,2, для ценопопуляции в нижней части урочища.



*Рис. 3.13.* Распределение зависимости прироста отдельных деревьев от количества осадков, на основе положительных корреляций выше 0,2 (для нижней части урочища)

Из полученной гистограммы видно, что наиболее важны для деревьев нижней части урочища осадки в период с июня по сентябрь, с максимальным влиянием в июле. В условиях повышенного увлажнения в низовьях балки, деревья получают достаточно воды в весенний и осенний период. Повышенное увлажнение летом, даёт возможности для прироста, при условии благоприятного соотношения тепла и влаги. Таким образом, для некоторых из деревьев этой морфологической части урочища, стало важно поступление осадков в летний период. Вероятно, в данном случае отреагировали наиболее сильные организмы, эффективно использующие избыток влаги на построение прироста. Помимо положительного действия осадков, наблюдается и обратное воздействие. На рисунке 3.14. представлена гистограмма отображающая распределение хронологий по периодам с отрицательной корреляцией  $\leq -0,2$ .

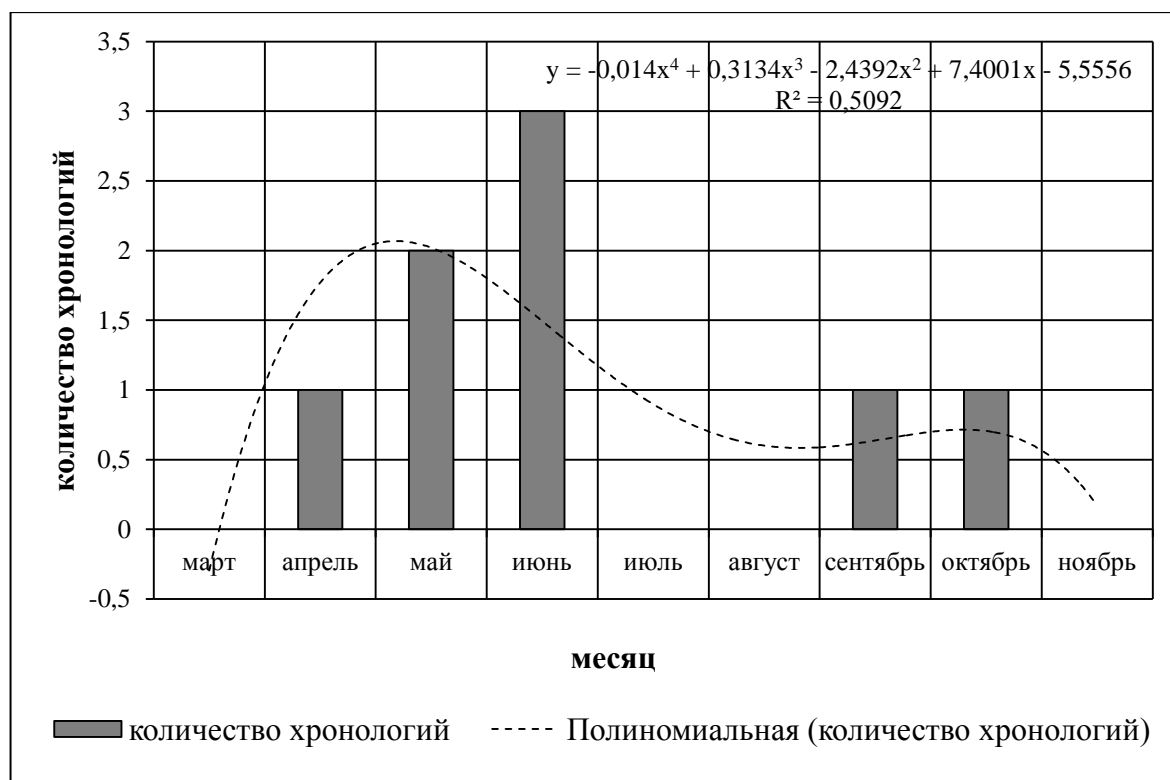


Рис. 3.14. Распределение обратной зависимости прироста отдельных деревьев от количества осадков, на основе отрицательных корреляций  $\leq -0,2$  (для нижней части урочища)

Данная гистограмма помогает выделить периоды, избыток влаги в которые негативно сказывается на приросте ценопопуляции в нижней части урочища. Замечен один наиболее важный период с апреля по июнь, и проявление в единичных хронологиях сентября и октября. Вероятно, положение ценопопуляции в нижней части склона балки, вызывает условия чрезмерного увлажнения в весенний и осенний период, играющие лимитирующую роль в приросте некоторых деревьев. Таким образом, для ценопопуляции нижней части балки характерен положительный эффект осадков летом и отрицательный весной и осенью. На рисунке 3.15. представлено распределение количества хронологий с корреляцией выше 0,2, для второй ценопопуляции, расположенной в нижней части урочища.

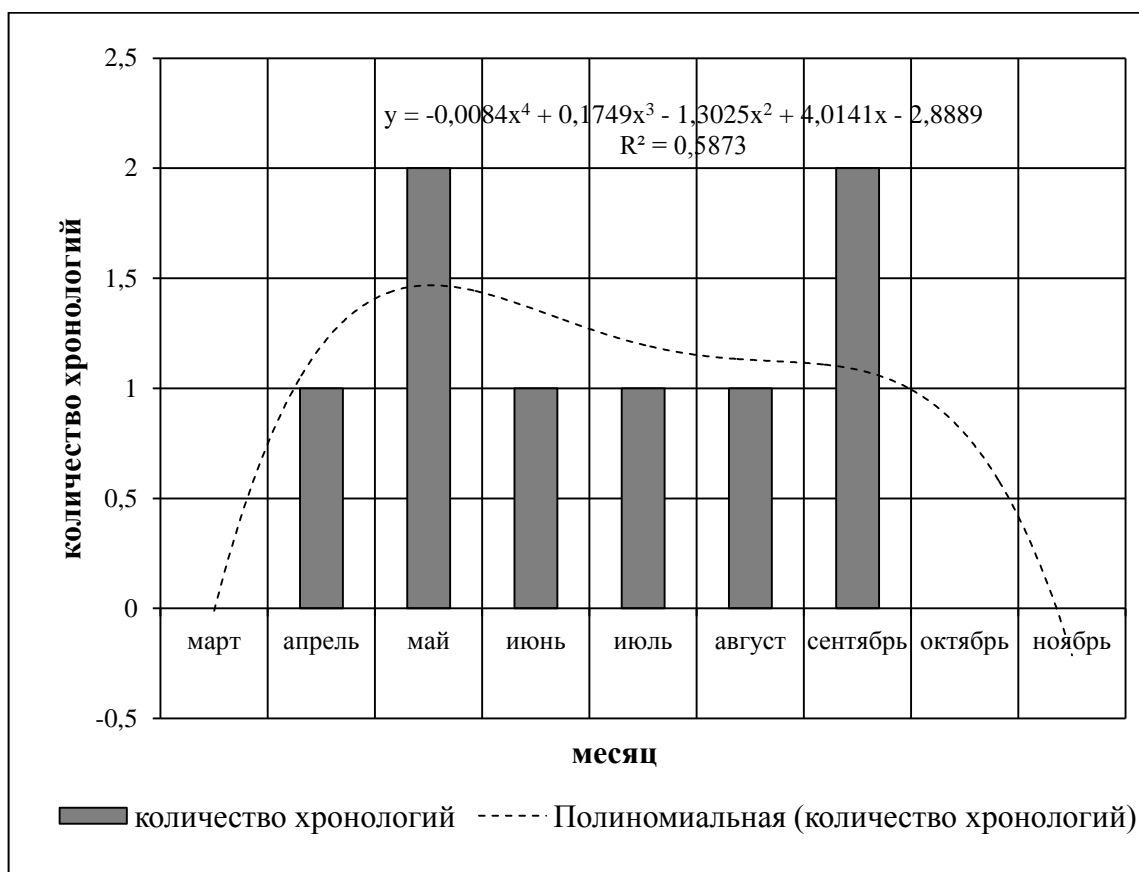


Рис. 3.15. Распределение зависимости прироста отдельных деревьев от количества осадков, на основе корреляций  $\geq 0,2$  (для верхней части урочища)

На данной гистограмме выделяется большой период с апреля по сентябрь, когда для некоторых из исследуемых деревьев, растущих в верхней части балки, влияние количества осадков оказывает прямое действие на прирост. В итоге, выделяется более продолжительный период дефицита влаги, нежели в нижней части урочища. Кроме того, пики влияния приходятся на май и сентябрь, а не на летний период, что связано с оптимальным соотношением тепла и влаги в эти месяцы. Летом, вероятней всего влага редко задерживается при избыточном испарении и стоке вниз по профилю рельефа. Выделены также отрезки вегетационного периода с отрицательным влиянием осадков на прирост. На рисунке 3.16. представлено распределение количества деревьев верхней ценопопуляции, чей ход прироста имеет отрицательную корреляцию с ежемесячным количеством осадков ( $\leq -0,2$ ).

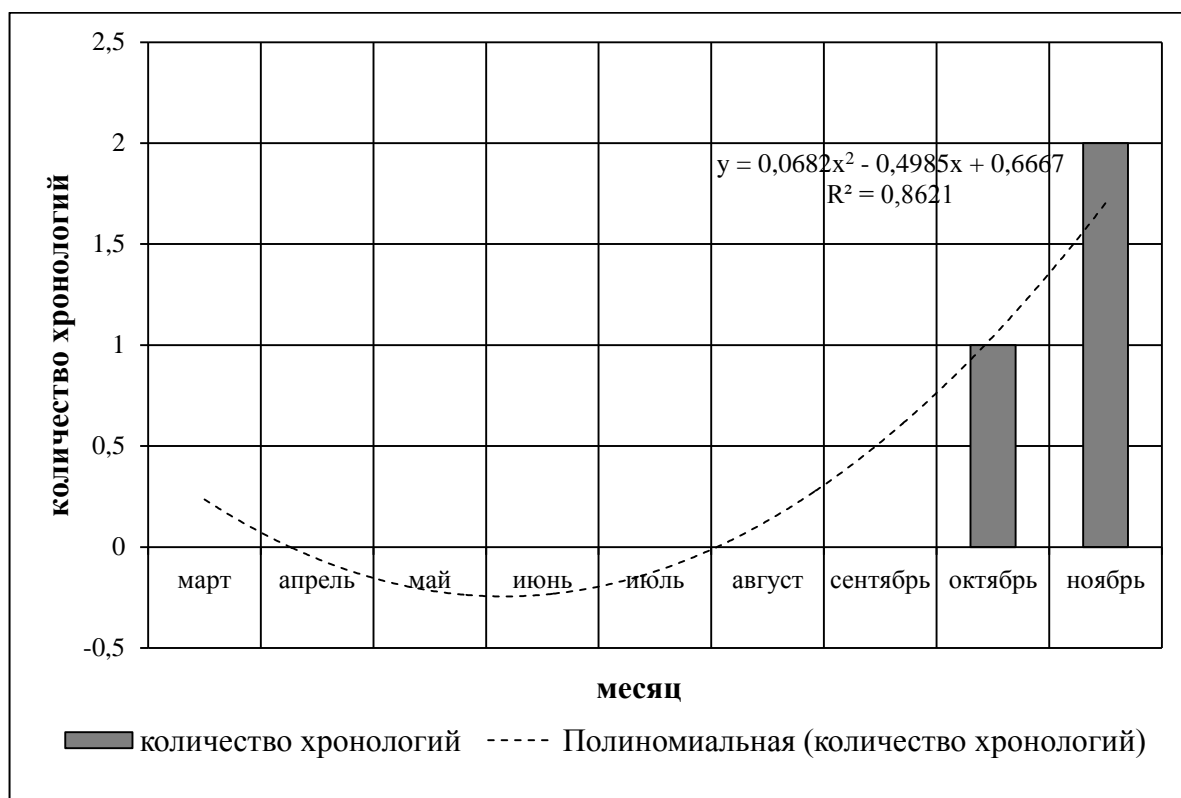


Рис. 3.16. Распределение обратной зависимости прироста отдельных деревьев от количества осадков, на основе отрицательных корреляций  $\leq -0,2$  (для верхней части урочища)

На данной гистограмме отражено, что избыток увлажнения оказывает негативное действие на прирост в верхней части урочища с октября по ноябрь. Данные результаты связаны с малым испарением в этот период, при достаточном количестве осадков, поэтому даже в верхней части профиля рельефа, для некоторых деревьев прирост уменьшается при избытке осадков в эти месяцы, вероятней всего вызывая завершение вегетационного периода. Однако в данном случае корреляцию  $\leq -0,2$  имеют всего 3 хронологии, что меньше предыдущих случаев, а значит отрицательное влияние количества осадков для этой популяции наименее значительно.

Вывод: индивидуальная динамика прироста деревьев, в нижней и верхней части урочища, зависит от разных параметров. Для нижней части урочища, положительная корреляция (выше 0,2) с температурами, наблюдается в период активной вегетации с апреля по сентябрь с максимумом в июле. Отрицательная корреляция (ниже -0,2), наблюдается для мая, октября и ноября. Такое распределение связано с благоприятным увлажнением летом и отрицательными процессами, связанными с поздним прекращением роста осенью. Для ценопопуляции, расположенной выше по профилю рельефа, некоторые деревья показали положительную корреляцию (выше 0,2) прироста с температурами для марта, апреля и ноября, а отрицательную (ниже -0,2) для мая и октября с отдельными проявлениями в июне, августе, сентябре и ноябре. Такое распределение объясняется значимостью раннего и позднего периода вегетации на прирост, и связано с недостаточным увлажнением летом, а также важностью благоприятных температур и увлажнения в мае.

Осадки – наиболее важный положительный фактор для прироста некоторых деревьев нижней части урочища в период с июня по сентябрь. Отрицательный эффект осадков при этом наблюдается в периодах апрель-июнь и сентябрь-октябрь. Для верхней части урочища характерно положительный эффект осадков с апреля по сентябрь и обратный эффект с октября по ноябрь. Данные закономерности говорят о избытке увлажнения в



нижней части урочища в весенний и осенний период и недостатке влаги летом. И недостаточном количестве воды в верхней части урочища в течение большей части вегетационного периода с апреля по сентябрь, при избытке в завершающую его часть в октябре-ноябре. Таким образом, можно говорить о различных условиях микроклимата для исследуемых ценопопуляций

Исходя из полученных в рамках исследования результатов, можно заключить: обе исследуемые ценопопуляции деревьев вида *Quercus robur L.* подвержены действию климатических факторов, что отражается на их жизненной активности, а как следствие – на годичном радиальном приросте. Для популяций, из-за их различного положения в рельефе характерны отклонения в реакции на различные факторы среды.

Участок в нижней части профиля имеет более благоприятные для роста *Quercus robur L.* условия. Для этой ценопопуляции в целом характерна зависимость от осадков в летний и осенний период года, при важности значений температур с мая по август. При исследовании индивидуальной реакции деревьев из данной популяции, на динамику температуры обнаружилась положительная корреляция с мая по сентябрь и отрицательная в октябре и ноябре. Это говорит о достаточном увлажнении летом, при котором рост температуры сказывается благоприятно на приросте. В осенний период, отрицательная корреляция связана с процессами, сопутствующими завершению вегетационного периода, прерывание которых (при возвращении тепла), неблагоприятно влияет на организм данного растения. Анализ индивидуального влияния осадков на прирост деревьев говорит о положительном эффекте повышенного увлажнения летом и избыточном увлажнении в весенний и осенний период.

Ценопопуляция в верхней части профиля балки, произрастающая в пределах данного урочища, зависит от количества осадков и температуры более в осенний и весенний период. Это говорит о важности для деревьев периода начала и конца вегетационного периода, при этом в летний период из-за недостатка увлажнения популяция находится в слабом состоянии и

прирост в этот период незначительный при любой вариации климатических факторов. При исследовании индивидуальной реакции на температуру для данной ценопопуляции, выявлена прямая зависимость от температур марта, апреля и ноября, а также обратная зависимость от температур мая и октября, с единичными проявлениями в июне, августе, сентябре, ноябре. Это говорит о важности для прироста начала и конца вегетационного периода, а также о неблагоприятных условиях увлажнения летом. Май играет роль переходного периода, при отклонении температур от средних в положительную сторону условия становятся неблагоприятными, при средних или ниже температурах условия оптимальны для прироста деревьев верхней части урочища. Исследования индивидуального влияния осадков выявили недостаток влаги с апреля по сентябрь и избыток для небольшой части в октябре и ноябре.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках исследования были получены данные о радиальном приросте древесины вида *Quercus robur L.*, на территории урочища Разуменская дача. Проанализирована структура влияния динамики метеопараметров на прирост. На основе полученной информации были сформулированы следующие выводы:

1. В результате изучения радиального прироста древесины установлены особенности прироста годовых колец, также выделены факторы влияющие на радиальный прирост. Установлено, что климатические факторы являются во многих ландшафтах лимитирующими, и их значение наиболее четко отражается в радиальном приросте древесины. Таким образом было определено, что с помощью дендрохронологического изучения можно установить изменения климата, происходящие в прошлом

2. Изучение объекта исследования – вида *Quercus robur L.*, установлено, что данный вид является пригодным для дендрохронологического исследования, так как обладает длительной продолжительностью жизни, а также является весьма устойчивым к внешним факторам растением. Кроме того, *Quercus robur L.* является типичным лесным растением высшего яруса для Белгородской области, что обозначает объективность использования данного вида для изучения климата прошлых лет на территории области.

3. В завершение работы проведено практическое исследование – дендроклиматический анализ радиального прироста. Исследование проводилось для двух ценопопуляций деревьев вида *Quercus robur L.*, расположенных в различных морфологических частях рельефа балки, на территории урочища Разуменская дача. При проведении анализа полученных древесно-кольцевых хронологий, были найдены основные закономерности в динамике изменения годового радиального прироста древесины у исследуемых образцов. Сопоставлены данные относительного и абсолютного

прироста в двух исследуемых популяциях. Найдены циклы прироста для деревьев двух исследуемых участков. Проведена диагностика реакции ежегодного радиально прироста древесины исследуемых деревьев на динамику метеопараметров. Соотнесено распределение экстремальных точек динамики прироста и метеопараметров. Найдены коэффициенты корреляции при сопоставлении значений индексов прироста со среднемесячными температурами и количеством осадков за каждый отдельный месяц. На основании данных, были определены периоды, когда метеопараметры наиболее явно влияют на радиальный прирост. Ценопопуляции при исследовании учитывались отдельно. Кроме того, с целью учесть факторы, действующие лишь на часть деревьев из популяций, был проведен анализ индивидуальной динамики прироста деревьев. Установлено, что для деревьев, расположенных в нижней части склона балки, важный фактор прироста – высокие температуры в летний период и низкие температуры в октябре-ноябре. В верхней части профиля сильная реакция прироста модельных деревьев возникает при повышенных температура в период с марта по апрель и с октября по ноябрь. Положительно на приросте сказываются пониженные температуры в мае и октябре. В результате полученных результатов сделаны выводы о различной реакции прироста двух ценопопуляций на метеопараметры и о общей зависимости от данного вида факторов.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Активный прирост древесины. Факторы//<http://ru-ecology.info>
2. Анализ роста дерева по структуре годичных колец//<http://www.booksite.ru/fulltext/rusles/vaganalis/text.pdf>
3. Дендрохронология Восточной Европы//<http://hbar.phys.msu.su/gorm/dating/kolchin.htm>
4. Дендроэкология (методика древесно-кольцевого анализа)//[http://kpfu.ru/docs/F1084091223/tishin\\_dendroecology.pdf](http://kpfu.ru/docs/F1084091223/tishin_dendroecology.pdf)
5. Дуб черешчатый, или летний//<http://www.rus-nature.ru>
6. Интерактивная карта Белгородской области//<http://maps.bsu.edu.ru/Atlas>
7. Растения и человек//<http://plant.geoman.ru>
8. Tree-Ring Chronology of Pedunculate Oak (*Quercus robur*) and its Potential for Development of Dendrochronological Research in Croatia / K. Čufar, B. Šefc , M. De Luis , A. Morgós, M. Grabner , M. Merela, J. Trajković // *Drvna Industrija* – 2014. С. 129-137.
9. *Ваганов Е.А.* Дендрохронология учебное пособие / Ваганов Е.А., Круглов В.Б., Васильев В.Г. - Красноярск.: Изд-во Сибирского федерального университета, 2008. - 117 с.
10. *Вахнина И.Л.* Применение дендрохронологического метода исследований при проведении экспертиз по незаконным рубкам / Вахнина И.Л // *Успехи современного естествознания*. – 2014. – № 5-2. – С. 73-75;
11. *Гавриков В.Л.* Моделирование роста деревьев и древостоев в контексте углеродного цикла / В.Л. Гавриков. – Красноярск: Изд. СФУ, 2015. – 493 с.
12. *Губаревский В.В.* Лесохозяйственный регламент ОГУ «Белгородское лесничество» Белгородской области / В.В. Губаревский –

Воронеж: Филиал ФГУП «Рослесинфорг» «Воронежлеспроект», 2010. – 181 с.

13. *Емельяшина Е.В.* Устойчивость лесных экосистем и дендроиндикация для мониторинга (Брянская область) / Е. В. Емельяшина, А. И. Шмелькова // Интеллектуальный и научный потенциал XXI века. – 2016. С. 13-15.

14. *Ермохин М.В.* Анализ многовековой древесно-кольцевой хронологии центральной Беларуси / М.В.Ермохин // Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. Выпуск 42 – 2013. С. 216-231.

15. *Замолодчиков Д.Г.* Влияние изменений климата на леса России: зафиксированные воздействия и прогнозные оценки / Г.Н. Краев, Д.Г. Замолодчиков // Устойчивое лесопользование № 4 (48). – 2016. С. 23-31.

16. *Каплина Н.Ф.* Динамика фитомассы листьев, состояния и развития крон деревьев нагорной дубравы юго-восточной лесостепи в неблагоприятных условиях последнего десятилетия / Н. Ф. Каплина, Н. Г. Жиренко // Вестник ПГТУ. №2 – 2012. С. 3-11.

17. *Комин Г.Е.* Дендрохронологическая оценка динамики продуктивности лесов Северо-Западного Кавказа / Г.Е. Комин // Журнал Сибирского Федерального Университета – 2012. С. 4-11.

18. *Королева Т.С.* Оценка влияния наблюдаемых эффектов климатической изменчивости на устойчивость лесных экосистем Российской Федерации к угрозе массовых размножений вредителей и болезней леса / А. В. Константинов Е. А. Кушнир Т. С. Королева // Лесотехнический журнал №4. – 2016. С. 67-79.

19. *Кузьмин А.В.* Определение временных интервалов влияния температурных факторов на формирование радиального прироста в сосновых древостоях Кольского региона / А.В. Кузьмин , Е.Ю. Полоскова, О.А. Гончарова // Вестник МГТУ, том 14, №3 – 2011. С. 565-576.

20. *Кулик К.Н.* Катастрофические засухи в степной европейской части России, их дендрохронологическая индикация и связь с цикличностью

солнечной активности / К.Н. Кулик, А.Т. Барабанов, В.И. Панов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 18, №2(2). – 2007. С. 438-443.

21. *Кучеров С.Е.* Усыхание дуба на юго-восточной границе ареала в связи с воздействием повреждающих факторов / С.Е.Кучеров, С.В Кучерова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 15 №3(4). – 2013. С. 1341-1343.

22. *Ламеза Н.А.* Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Экология растений» / Н.А. Ламеза. – Минск: Издательство Белорусского государственного университета, 2015. – 41 с.

23. *Марченко С.И.* Особенности индексирования древесно-кольцевых хронологий древесных пород / С.И. Марченко.- Брянск: БГИТА, 2013.- 20 с.

24. Методы и алгоритмы восстановления климатоэкологической информации на основе дендрохроноиндикаторов / И.А. Ботыгин, Ю.В. Волков, В.Н. Попов, В.А. Тартаковский. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2015. – 185 с

25. *Миленин А.И.* Динамика радиального прироста дуба черешчатого в байрачных дубравах Воронежской области / А.И. Миленин // ИВУЗ. «Лесной журнал». № 6. – 2010. С. 39-44.

26. *Румянцев Д.Е.* История и методология лесоводственной дендрохронологии: монография / Д.Е. Румянцев. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2010. – 109 с.

27. *Тайник А.В.* Прирост лиственницы сибирской (*larix sibirica ledeb.*) На верхней границе леса в республике Тыва / А. В. Тайник, В. С. Мыглан, В. В. Баринов, О. Ч. Ойдупаа, А. Н. Назаров. // География и природные ресурсы № 2 – 2015. С. 91–99.

28. *Тишин Д.В.* Влияние природно-климатических факторов на радиальный прирост основных видов деревьев среднего Поволжья / Д.В. Тишин. – Казань: Издательство Казанского университета, 2006. – 20 с.

29. *Тишин Д.В.* Дендрэкология (методика древесно-кольцевого анализа) / Д.В. Тишин. – Казань: Издательство Казанского университета, 2011. – 33 с.
30. Трансформация климатического отклика в радиальном приросте деревьев в зависимости от топоэкологических условий их произрастания / Бабушкина Е.А., Кнорре А.А. Ваганов Е.А., Брюханова М.В.. - География и природные ресурсы 2011. –С. 159-166.
31. *Харитонов Т.И.* Реакция продуктивности ландшафтов мещеры на смену типов природопользования / Т.И Харитонов // вестн. Моск. Ун-та. Сер. 5. География. № 5. – 2013. С. 67-74.
32. *Швамм Е.Е.* Строение древесины / Е.Е. Швамм. – Екатеринбург: Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ, 2010. – 37 с.
33. *Швейнгрубер Ф.* Атлас стволов древесных растений (эволюция, строение, модификации под влиянием окружающей среды) / Ф. Швейнгрубер, А. Бернер Э.Д. Шульце // Журнал лесоведенье. – 2007. С. 75-76.