

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 РЕПНОЕ)**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки
05.03.06 Экология и природопользование
заочной формы обучения, группы 81001253
Иванова Алексея Евгеньевича

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

БЕЛГОРОД 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | Стр. |
|---|------|
| Введение..... | 3 |
| Глава 1. Теоретические основы древесно-кольцевого анализа..... | 6 |
| 1.1. Строение годичного кольца древесины и особенности его прироста..... | 6 |
| 1.2. Влияние природно-климатических факторов на радиальный прирост древостоев..... | 12 |
| 1.3. Анализ распределения климатического сигнала в древесно-кольцевых хронологиях..... | 16 |
| Глава 2. Объекты и методика дендроклиматического анализа радиального прироста <i>Quercus robur L.</i> , произрастающего в условиях Белгородской области..... | 22 |
| 2.1. Эколого-биологические особенности <i>Quercus robur L.</i> | 22 |
| 2.2. Характеристика условий произрастания <i>Quercus robur L.</i> в урочище Репное Корочанского района Белгородской области..... | 27 |
| 2.3. Методологические основы дендроклиматического анализа радиального прироста <i>Quercus robur L.</i> | 32 |
| Глава 3. Результаты дендроклиматического анализа радиального прироста <i>Quercus robur L.</i> в урочище Репное Корочанского района Белгородской области..... | 40 |
| 3.1. Анализ полученных древесно-кольцевых хронологий..... | 40 |
| 3.2. Диагностика реакции ежегодного радиального прироста древесины <i>Quercus robur L.</i> в урочище Репное Корочанского района Белгородской области на динамику метеопараметров..... | 48 |
| Заключение..... | 58 |
| Список источников..... | 60 |
| Приложения..... | 64 |

Введение

Актуальность. Отмечающиеся в последние десятилетия глобальные изменения температурного режима и количества осадков, оказали существенное воздействие на состояние биосферы. Подобные изменения окружающей среды, особенно в постиндустриальный период, могут приводить к серьезным экологическим и хозяйственным последствиям. В связи с этим **актуально** проведения работ, направленных на изучение реакций экосистем на меняющиеся условия среды. Динамика радиального прироста деревьев отражает в себе процессы, протекающие в природных сообществах.

Дендроклиматический анализ радиального прироста, т.е. метод анализа временных рядов или серий календарно датированных годовых слоев деревьев [5], позволяет получить ответ на большой спектр вопросов, связанных с динамикой леса, реконструкцией и прогнозированием природно-климатических изменений применительно к конкретным природно-климатическим условиям. Представляется важным выявить тенденции изменений параметров климата и связанных с ними реакций лесных сообществ на региональном и локальном уровнях как отражение глобальных перестроек природной среды.

Белгородская область расположена в пределах лесостепной зоны юга Среднерусской возвышенности. Региональные изменения климата на юге Среднерусской возвышенности определяются тенденциями глобальных климатических вариаций, зависящих от природных и антропогенных факторов. В настоящее время на фоне многовекового тренда потепления (тепло-сухая эпоха 2000-летнего цикла) наблюдается диаметрально противоположная тенденция вековой прохладно-влажной фазы климата. Современный многовековой тренд потепления несколько сглаживает (подавляет) развитие внутривековых и вековых прохладно-влажных фаз климата и, наоборот, резко усиливает проявление тепло-сухих тенденций. В

соответствии с сочетаниями климатических явлений, наблюдавшихся в голоцене, в ближайшие 100 лет прогнозируется похолодание и аридизация климата, генетически связанные с завершившимся в середине XIX века малым ледниковым периодом. Отличительной особенностью климатических условий в начале XXI столетия является увеличение количества осадков на юге Среднерусской возвышенности примерно на 15 % от многолетней климатической нормы при тенденциях роста как годовых, так и сезонных температур. Но на фоне происходящего потепления их количества недостаточно для формирования оптимальных условий увлажнения. На современном этапе климатических изменений усиление аридизации продолжается, особенно это касается явления атмосферной засухи [23].

Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) является главной лесообразующей породой на территории Белгородской области, одной из долгоживущих пород деревьев чувствительных к воздействию различных антропогенных, климатических и биотических факторов.

Предмет исследования – радиальный прирост *Quercus robur* L. в современных климатических условиях.

Объектом исследования являются насаждения *Quercus robur* L. в урочище Репино, расположенном в Корочанском районе Белгородской области.

Цель работы заключается в анализе радиального прироста *Quercus robur* L. – главной лесообразующей породы Белгородской области, – в современных климатических условиях.

Задачи исследования:

1. Изучить теоретический материал о радиальном приросте деревьев, а именно – строение годичного кольца и особенности его прироста, факторы влияющие на величину годичного радиального прироста, и возможности изучения особенностей годичного радиального прироста деревьев для диагностики климатических параметров.

2. Дать характеристику объекта исследования и методики его изучения.

3. Провести анализ реакции ежегодного радиального прироста древесины *Quercus robur L.* в урочище Репное Корочанского района Белгородской области на динамику метеопараметров.

Научная новизна. Впервые проведен дендрохронологический и дендроклиматический анализ для дубовых насаждений ОКУ «Корочанское лесничество» (квартал 1, выдел 31) в урочище Репное в Корочанском районе Белгородской области. Установлен возраст памятника природы «Дуб долгожитель» (137 лет на момент исследования), который имеет статус ООПТ регионального значения – особо защитный участок леса, который произрастает на территории выдела.

Структура: работа состоит из трёх глав, введения и заключения, приложений. В работе представлены 15 рисунков и 6 таблицы. Список литературы состоит из 36 источников.

Глава 1. Теоретические основы древесно-кольцевого анализа

1.1. Строение годичного кольца древесины 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 [6]:

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

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.

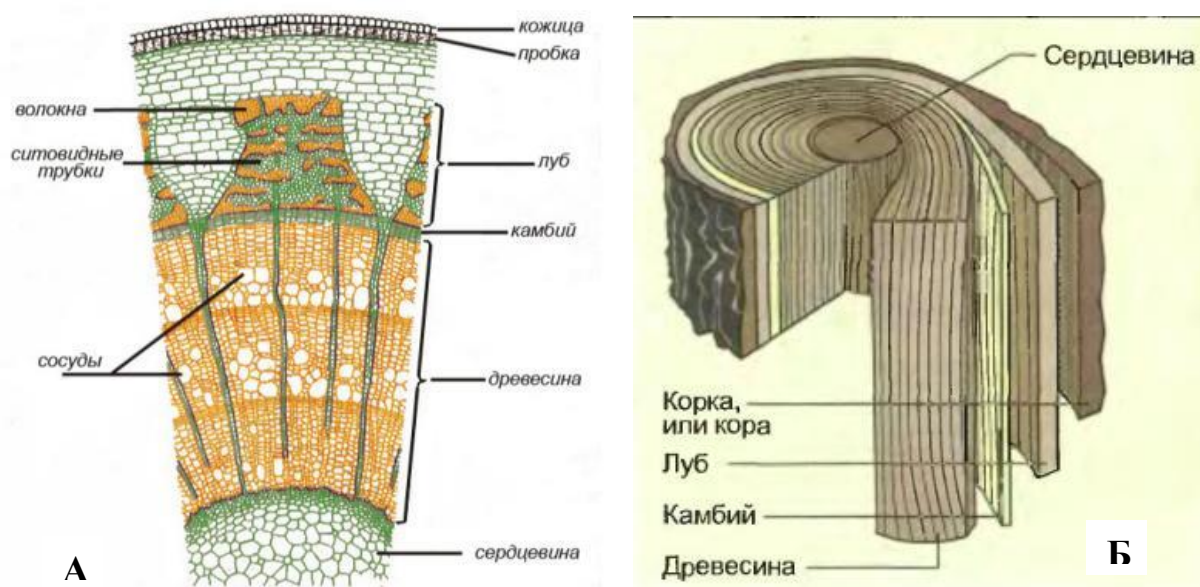


Рис. 1.1. Схема строения древесины из ствола дерева [30]

А – поперечный разрез, Б – продольный разрез

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» (рис. 1.2).

Различие между ранней и поздней древесиной сильнее выражено у хвойных пород (особенно в лиственнице) и в меньшей мере – у многих лиственных пород. По ранней древесине годичных слоев в растущем дереве происходит передвижение воды вверх по стволу, а поздняя древесина выполняет преимущественно механические функции [18].



Рис. 1.2. Поздняя и ранняя древесина на поперечном разрезе ствола [25]

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 1.3. представлено изображение годичных слоев с разделением ранней и поздней древесины, с разным типом группировки проводящих сосудов.

Такое распределение сосудов позволяет разделить лиственные породы на кольцесосудистые, с кольцом крупных сосудов в ранней зоне годичных слоев, и рассеянососудистые, у которых сосуды независимо от величины распределены по годичному слою более или менее равномерно. Резкая разница между ранней и поздней зоной делает хорошо заметными годичные слои в кольцесосудистых породах. В то же время у рассеянососудистых пород нет различия между этими зонами, поэтому годичные слои имеют однородное строение и границы между ними плохо заметны.

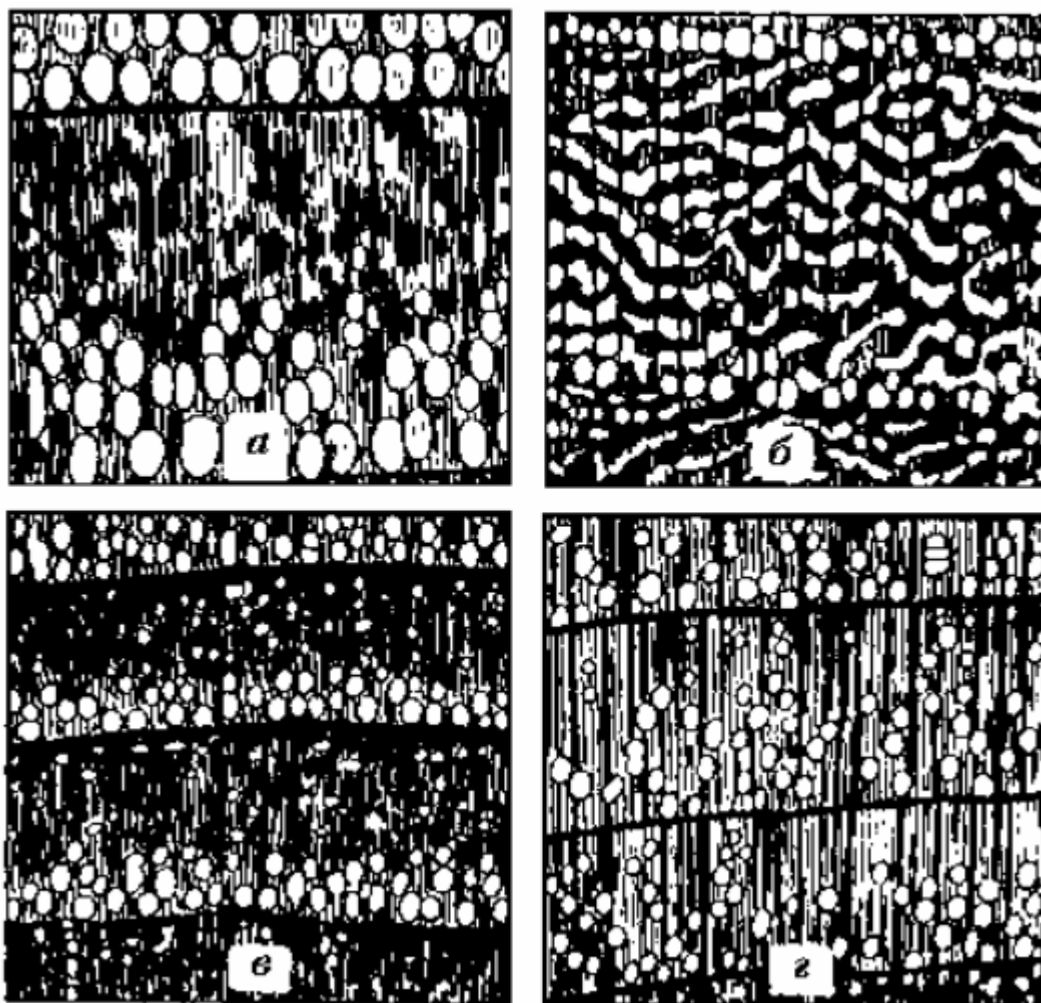


Рис. 1.3. Годичные слои с разделением ранней и поздней древесины, с разным типом группировки проводящих сосудов [32]:

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

Кольцесосудистыми среди наших лиственных пород являются дуб, ясень, каштан съедобный, вяз, ильм, карагач, бархатное дерево, фисташка и некоторые др. К рассеяннососудистым относится большинство лиственных пород, среди них с крупными сосудами — грецкий орех и хурма, а с мелкими — остальные: береза, осина, ольха, липа, бук, клен, платан, тополь, ива, рябина, груша, лещина и др. [25].

По группировке мелких сосудов в поздней древесине кольцесосудистые породы могут быть разделены на три подгруппы: 1)

породы с радиальной группировкой мелких сосудов (дуб, каштан съедобный); группы мелких сосудов здесь имеют вид язычков пламени, расположенных в поздней древесине и направленных поперек годичных слоев; 2) породы с тангенциальной группировкой мелких сосудов (ильмовые); в этих случаях группы мелких сосудов имеют вид светлых волнистых линий, направленных параллельно границе годичных слоев; 3) породы с мелкими сосудами, распределенными в поздней зоне без особого порядка (ясень).

На продольных разрезах сосуды, особенно крупные, бывают заметны в виде бороздок. Сосуды редко проходят в стволе строго вертикально, поэтому на продольных разрезах бороздки обычно бывают короткими, так как в разрез попадает только часть сосуда. Диаметр крупных сосудов колеблется от 0,2 до 0,4 мм, мелких – от 0,016 до 0,1 мм. Длина сосудов обычно не превышает 10 см, но у дуба достигает 3,6 м. Объем сосудов у разных пород колеблется в широких пределах, а для данной породы зависит от условий произрастания. Объем крупных сосудов в древесине дуба из нагорных дубрав и с солонцовых почв примерно одинаков, но объем мелких сосудов во втором случае в 2 раза больше. По радиусу ствола размер сосудов сначала увеличивается по направлению от сердцевины к коре, достигая максимума, после чего остается постоянным или несколько уменьшается. По высоте ствола число сосудов и площадь их сечения возрастает по направлению от комля к вершине. В растущем дереве по сосудам поднимается вода из корней в крону; в срубленной древесине сосуды, являясь слабыми элементами, понижают ее прочность.

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 [18].

Заморозки, осенняя реактивизация 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 [25].

Радиальный прирост деревьев (ширина годичного кольца) – 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 освещённой 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 [33].

Таким образом, 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. Различие между ранней и поздней древесиной сильнее выражено у хвойных пород (особенно в лиственнице) и в меньшей мере – у многих лиственных пород. Радиальный прирост деревьев – мера ростовой активности ствола за сезон роста и зависит от влияния внешних факторов среды.

1.2. Влияние природно-климатических факторов на радиальный прирост древостоев

Динамика радиального прироста деревьев отражает в себе процессы, протекающие в природных сообществах. Многообразие факторов определяет погодичную скорость прироста древесины, среди которых внутривидовая конкуренция, особенности популяционных взаимодействий, биология видов деревьев, влияние человека, богатство почвы, ландшафтные особенности произрастания. 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 [21].

Хвойные породы 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. 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.

Среди группы природных 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 сут для полярного предела леса (около 71° с.ш.) до 95 – 105 сут в зоне лесостепи (51- 52° с.ш.). Еще больше она в субтропической зоне – до 150-160 сут. 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 [4].

Относительная роль факторов внешней среды, оказывающих влияние на интенсивность прироста, сильно меняется в течение жизни дерева. Например: в начале вегетационного периода интенсивность прироста белого 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.

Значительная связь устанавливается между средней температурой лета и приростом, при этом эта зависимость уменьшает свой приоритет при движении с севера на юг. Довольно часто определяется связь между колебаниями условий среды и изменениями годичного прироста в экстремальных условиях произрастания, где число лимитирующих факторов снижается до минимума

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 [26].

Важную роль в продуктивности фитоценозов играет приход фотосинтетически активной радиации, определяющей интенсивность фотосинтеза, дыхания, транспирации. 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 активностью в июле и августе, из-за нарушений которых происходят достаточно существенные уменьшения ширины прирастающего слоя [30].

Таким образом, радиальный прирост древесины зависит от действия множества факторов, как внутренних, так и внешних. 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.

1.3. Анализ распределения климатического сигнала в древесно-кольцевых хронологиях

В дендрохронологии принята линейно-агрегированная модель, отражающая формирование ширины годичного кольца: $R_t = A_t + C_t + D1_t + D2_t + E_t$, где: A – тенденция роста, вызванная нормальным процессом старения, C – воздействие климатических факторов, $D1$ – эндогенные воздействия, например, плодоношение, $D2$ – экзогенные воздействия, например, воздействия вредителей, загрязнение и т. д., E – случайная составляющая. Формула иллюстрирует, что общий сигнал в каждый год t может быть разделён на влияние ряда естественных и антропогенных факторов, воздействующих на дерево. Все они могут влиять на прирост как положительно, так и отрицательно. Из анализа этой формулы становится ясна основная задача проведения экологических исследований – выделить «след», оставленный интересующим нас фактором [30].

В ряде исследований установлено, что климатические факторы могут определять до 50 % величины годичного прироста лесной растительности [34]. Однако, результаты изучения влияния климата на прирост весьма разнообразны.

Одним из методов косвенной оценки влияния климатических факторов является метод индикации тепло- и влагообеспеченности по радиальному приросту деревьев (дендроклиматология) [3].

У древесных растений ежегодно в вегетационный период происходит образование древесины по внешнему слою, охватывающему все растение. Эти годовые слои на поперечных срезах ствола (спилах) 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- и влагообеспеченностью района произрастания.

Возможность использования особенностей строения годовых древесных колец для определения экологических условий в годы формирования колец основана на двух принципах [5]:

- 1) принцип синхронности погодичной 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.

Исследованиями установлено, 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 годовых колец, в то время как теплые и сухие условия приводят к формированию узких годовых колец [13].

Многими исследователями установлена связь между приростом деревьев и показателями солнечной активности.

Некоторыми авторами установлен положительный тренд в радиальном приросте древесины под воздействием глобальной трансформации климата последнего столетия [14, 17] Другими

исследователями [1, 18, 19, 31] установлено наличие регулярных и устойчивых циклов в многолетних колебаниях прироста. Наиболее заметны в динамике прироста высокочастотные циклы: 2-3 летние, 4-7 лет, 10-12-летние циклы (солнечные, или циклы Швабе-Вольфа). Характерны и другие внутривековые циклы в полосе частот 22-24 года (магнитный цикл, или цикл Хейла), 30-35 (цикл Брикнера) и 40-59 лет. Для некоторых наиболее продолжительных древесно-кольцевых хронологий выявляются вековые и сверхвековые циклы [7, 26, 31].

Незначительную роль в лесных биогеоценозах приобретают фитоценотические 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, отраженного в методике исследования: необходимо тщательно учитывать положение деревьев в структуре древостоя, а также внутривидовые 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. Оценка календарных лет прошлых пожаров, основанная на обратном счете годичных 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 пришлось 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 годичных 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 [15].

Дендроклиматическая информация широко используется в экологическом прогнозировании. Прогнозы, основанные на данных древесного прироста, выделяются в особый класс экологических прогнозов – дендрохронологических. 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 [10].

Таким образом, общий сигнал в древесно-кольцевой хронологии в каждый год может быть разделён на влияние ряда естественных и антропогенных факторов, воздействующих на дерево. Все они могут влиять на прирост как положительно, так и отрицательно. В ряде исследований установлено, что климатические факторы могут определять до 50 % величины годичного прироста лесной растительности. Исследованиями установлена связь радиального прироста и показателями солнечной активности, температурой воздуха, количеством осадков, стихийными бедствиями, фитоценотическими особенностями, антропогенным влиянием и другими факторами. Дендроклиматическая информация широко используется в экологическом прогнозировании.

Таким образом, годичные слои древесины, образуются путем наращивания годичных колец дерева. Кольца дерева состоят из двух слоев – ранняя и поздняя древесина. Радиальный прирост деревьев – мера ростовой активности ствола за сезон роста. Радиальный прирост древесины зависит от действия множества факторов, как внутренних, так и внешних. 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. В ряде исследований установлено, что климатические факторы могут определять до 50 % величины годичного прироста лесной растительности. Установлена связь радиального прироста и показателями солнечной активности, температурой воздуха, количеством осадков. Дендроклиматическая информация широко используется в экологическом прогнозировании.

Глава 2. Объекты и методика дендроклиматического анализа радиального прироста *Quercus robur L.*, произрастающего в условиях Белгородской области

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

Quercus robur L. – латинское названия Дуба черешчатого. Дуб черешчатый, или Дуб летний, или Дуб обыкновенный, или Дуб английский – типовой вид рода Дуб (*Quercus*) семейства Буковые (*Fagaceae*); образующий широколиственные леса (дубравы) на юге лесной и в лесостепной зонах. Видовой эпитет «черешчатый» этот вид получил за длинные плодоножки, отличающие его от других видов [12].

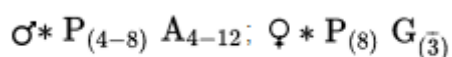
Это растение крупное, массивное высотой до 40 м и широкопирамидальной и сильно ветвистой кроной. Молодые побеги красновато-бурых или сероватых оттенков, с многочисленными светлыми чечевичками (рис. 2.1.). Почки яйцевидные, черепитчато покрыты многочисленными чешуйками. Верхушечные почки тупо-пятигранные, светло-бурые или коричневые, часто окружены несколькими боковыми почками. Листья обратнояйцевидные или продолговато-обратнояйцевидные, длиной 7-15 см, на черешках около 5 мм, перисто-лопастные (лопастей обычно 6 пар), весной красноватые, летом зеленые, кожистые, слегка блестящие. Плод – орех голый (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 [11].



Рис. 2.1. *Quercus robur* L. А – ветвь с цветками; В – ветвь с плодами; на рисунке А слева вверху – женское соцветие, остальные – мужские; 1 – часть мужского соцветия с 2 цветками; 2 – околоцветник мужского цветка; 3а и 3б – пыльник; 4 – пыльник в поперечном разрезе; 5 – женский цветок; 6 – плод (жёлудь); 7 – то же в поперечном разрезе [11].

Цветки раздельнополые. Цветение начинается у деревьев возрастом от 40 до 60 лет, вместе с распусканием листьев, обычно в мае. Растение однодомное. Тычиночные цветки собраны в длинные свисающие серёжки 20–30 мм длиной, с десятью и более цветками, по два–три вместе или одиночно на вершинах прошлогодних побегов или в нижней части молодых побегов [12].

Формулы цветков [28]:



Известны две формы дуба черешчатого – ранняя и поздняя. У ранней («дуб летний») листья распускаются в апреле – мае и на зиму опадают, а у поздней («дуб зимний») распускаются на две–четыре недели позднее. Одновременно с распусканием листьев дуб цветёт. Опыляется ветром. Листья опадают позже, чем у многих других деревьев, в конце сентября – октябре. На молодых растениях дуба зимнего листья осенью бурют, но остаются на дереве иногда на всю зиму [9].

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 2.2. представлена карта с обозначением ареала дуба черешчатого.



Рис. 2.2. Ареал распространения *Quercus robur* L [25].

Quercus robur L. 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 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 суховершинности 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 «проникает» в южные районы степной зоны, где уже не могут расти его более влаголюбивые «спутники» [24].

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 суховершиняют 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 [29].

Таким образом, *Quercus robur L.* – крупное, массивное высотой до 40 м образующее широколиственные леса (дубравы) на юге лесной и в лесостепной зонах. Известны две формы дуба черешчатого – ранняя и поздняя. Достаточно широко распространен 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 Репное Корочанского района Белгородской области

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).

Урочище Репное, в котором отобраны образцы, расположено в Корочанском районе Белгородской области, граничит с Губкинским районом (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Место расположения исследовательского полигона в пределах ОКУ «Корочанское лесничество» (выделен красным цветом)

Урочище Репное относится к ОГУ «Корочанское лесничество». Общая площадь лесничества составляет 10312 га. Исследуемая территория принадлежит к лесостепной лесорастительной зоне лесостепного района европейской части Российской Федерации. Это земли лесного фонда, защитные, противозерозионные леса, кв. 1, выд. 31. Происхождение леса – естественное. На территории выдела произрастает памятник природы «Дуб долгожитель», особо защитный участок леса – ООПТ (регионального значения). На территории урочища Репного отобрано 13 кернов деревьев дуба черешчатого семенного происхождения, средний возраст которых составляет 80 лет, ср. диаметр 46 см., ср. высота 26 м. Пробная площадь

отбора дендрохронологических образцов характеризуется преобладанием деревьев дуба черешчатого 3 категории жизнеспособности. Наиболее устойчивыми и жизнеспособными породами на исследуемой территории отмечены деревья клена остролистного, вяза, березы повислой, которые добавляются к главной породе во втором ярусе. Произрастающие деревья имеют семенное происхождение. Сомкнутость крон на ПП отмечается 80%. Кустарниковый ярус представлен лещиной обыкновенной, бересклетом европейским. Напочвенный покров: зеленые мхи, купена лекарственная, сныть обыкновенная, будра плющевидная, копытень европейский, звездчатка ланцетовидная. Растительная ассоциация: снытьевая. Отбор образцов осуществлен 15 октября 2014г. Лесоводственно-таксационные характеристики пробной площади в пределах кв. 1 выд. 31 приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Таксационная характеристика древостоя в кв. 1 выд. 31

| Состав | Ярус | Возраст, лет | Высота, м | Диаметр см | Класс возраста | Группа возраста | Бонитет | Тип леса | ТУМ | Полнота | Запас м ³ /га | Запас на выделе, |
|--|------|--------------|-----------|------------|----------------|-----------------|---------|----------|-----|---------|--------------------------|------------------|
| 7КЛВ2ЯОВ1ДВС подлесок СВД редкий | 1 | 25 | 12 | 12 | 2 | 1 | 2 | ДСН | Д2 | 0,8 | 100 | 220 |
| единичные деревья ДННП | | 140 | 20 | 52 | | | | | | | 10 | |

Исследовательский полигон расположен в пределах особо охраняемой природной территории регионального значения памятник природы «Дуб - долгожитель» (рис. 2.4.).



Рис. 2.4. Спутниковый снимок урочища Репное (с сайта Google, разрешение 1,2 метра), с нанесением полигона исследования (выделен красным цветом) (космоснимок «QuikBird», 2004 г., разрешение 1,2 м)

В орографическом отношении район исследования представляет собой верхнюю часть водораздельного склона реки Сухая Ольшанка (приток реки Ольшанка, бассейна реки Дон) северо-западной экспозиции крутизной до 10° (рис. 2.5).

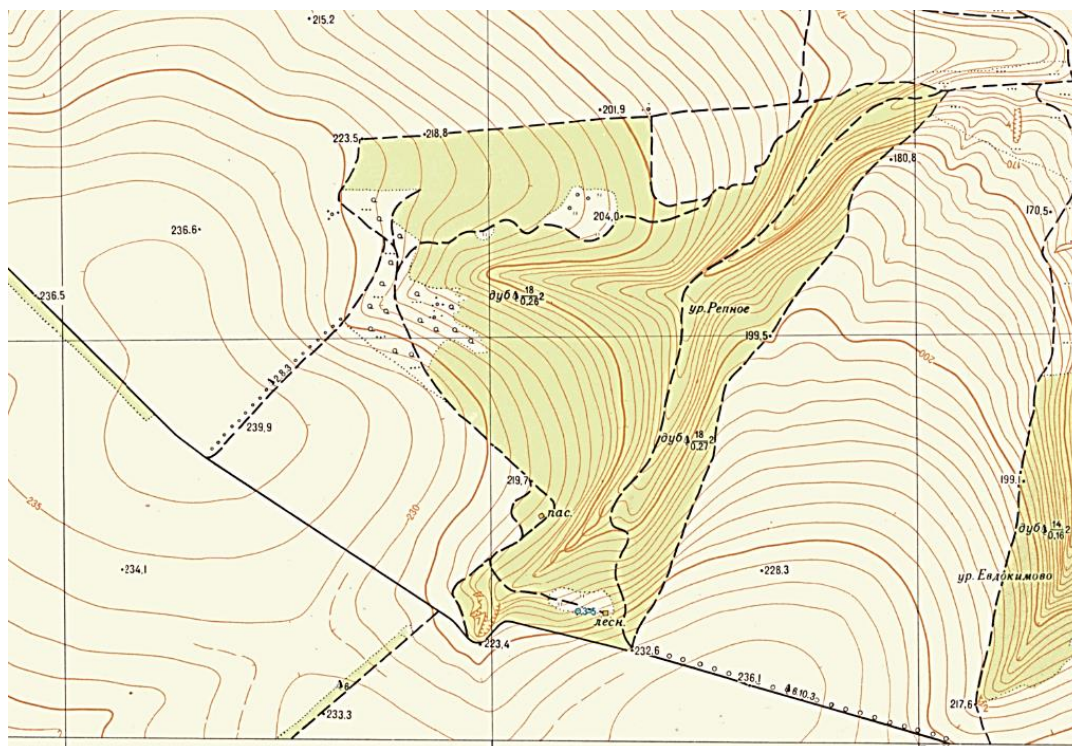


Рис. 2.5. Топографическая карта урочища Репное
(масштаб 1:10000)

Исследовательский полигон расположен в лесостепной зоне, умеренного климата. Средняя температура июля: $+19,5^{\circ}\text{C}$, средняя температура января: $-7,9^{\circ}\text{C}$, среднегодовая температура: $+6,5^{\circ}\text{C}$. Средняя продолжительность безморозного периода: 165-170 дней. Средняя продолжительность периода вегетации с устойчивой среднесуточной температурой воздуха выше 5°C : – 198 суток, сумма температур воздуха за период с устойчивой температурой выше 5°C : ок. 3000. Средняя продолжительность периода активной вегетации с устойчивой среднесуточной температурой выше 10°C : 161 день. Сумма активных температур за данный период 2600-2650. Значение гидротермического коэффициента примерно 1,1. Годовое количество атмосферных осадков около 600 мм [2].

Таким образом, исследовательский полигон расположен в 1 квартале в 31 выделе ОКУ «Корорчанское лесничество» в урочище Репное в Корочанском районе Белгородской области. На исследуемом участке *Quercus*

robur L., является типичным представителем первого яруса леса. Исследуемая территория принадлежит к лесостепной лесорастительной зоне лесостепного района европейской части Российской Федерации. Тип леса – дубрава снытьевая. В орографическом отношении район исследования представляет собой верхнюю часть водораздельного склона северо-западной экспозиции. На территории урочища Репного отобрано 13 кернов деревьев дуба черешчатого семенного происхождения. Объекты отбора дендрохронологических образцов произрастают в благоприятном для данного растения климате, ближе к его южной границе ареала и выступает обоснованным объектом для дендрохронологического исследования.

2.3. Методологические основы дендроклиматического анализа радиального прироста *Quercus robur L.*

Основными стадиями дендрохронологического изучения являются: выбор модельных деревьев, отбор образцов, измерение годичных слоев древесины на образце, обработка полученных данных [30]. Рассмотрим каждую стадию.

Выбор пробных площадок и модельных деревьев 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: выражено влияние фитоценологических факторов, происходили существенные изменения почвенно-грунтовых условий;

4) предпочтение отдается деревьям с наибольшим возрастом, для того чтобы получить более длительные древесно-кольцевые хронологии.

Древесно-кольцевая хронология представляет собой дискретный временной ряд (последовательность дат) длительностью от нескольких лет до многих тысячелетий, характеризующий тот или другой показатель годичного прироста, физико-механические свойства, анатомическую структуру и химический состав древесины в границах годичных колец в стволах, ветвях и корнях (преимущественно) деревьев и крупных кустарников. Дискретность древесно-кольцевых хронологий обусловлена тем, что в высоких, умеренных и даже в некоторых тропических районах рост деревьев происходит лишь в отдельные сезоны года. Хронология может быть непрерывной, если в ней последовательно представлены годичные изменения характеристик прироста за все годы определенного отрезка времени, и прерывистой, если в ней представлены характеристики прироста за отдельные календарные годы или отдельные интервалы времени (например, лишь экстремальные значения прироста). В зависимости от целей исследования используются различные виды древесно-кольцевых хронологий. При датировке исторической и археологической древесины, а также различного рода катастрофических событий в лесах (пожары, ветровалы, вспышки массового размножения насекомых-вредителей и др.) в основном используются индивидуальные хронологии, т.е. хронологии, полученные с одного одноствольного или многоствольного дерева или кустарника. Для реконструкции климатических и гидрологических условий используются обобщенные и генерализированные хронологии, т.е. хронологии, построенные путем

использования древесно- кольцевого материала от достаточно большого числа деревьев, принадлежащих одному или нескольким видам и произрастающих в одном или нескольких типах местообитаний. Хронологии также могут быть подразделены на локальные, региональные и глобальные, которые характеризуют прирост деревьев и условия внешней среды на территориях различного масштаба [6].

Отбор дендрологических образцов. Для изучения радиального прироста используют различные виды образцов древесины: круговые поперечные спилы, бруски по радиусу и диаметру, клиновидные выпилены 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.

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

Готовые к обработке керны снова смачивают водой, для лучшей видимости границ поздней и ранней древесины, далее образец помещают на рабочий стол измерительного прибора. 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.

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

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 истощение питательных веществ из почв под деревом.

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.

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 [25].

Выбор участков для закладки пробной площади предусматривал сопоставимость по основным таксационным и типологическим показателям лесных сообществ. Пробные площади закладывались в соответствии с ОСТ 56-69-83 [22]. Выбирали участки леса естественного (семенные дубравы) происхождения. Выбор модельных деревьев на конкретных участках осуществляли как из здоровых деревьев – без признаков поражения и угнетения, с густой кроной, с неповрежденной листвой и хвоей (категория состояния 1-2), так и из угнетенных деревьев – с редкой ажурной кроной или суховершинными (категория состояния 3-4) [35]. Сходство внутри пробной площади учитывали по таксационным показателям древостоев.

В пределах пробной площади проводили комплексную лесоводственную оценку: внешнюю оценку состояния древостоев на пробной площади при маршрутном обследовании по лесоводственно-таксационным показателям, оценку состояния подлеска, естественного возобновления, живого напочвенного покрова [20]. Жизненное состояние древостоя оценивали по шкале категорий состояния леса. Высота каждого учетного дерева измерялась визуальными методами, рассчитывалась методом треугольника, диаметр поперечного сечения рассчитывался от длины окружности, категория состояния определялась на основании действующих «Санитарных правил в лесах России» [27].

Оценку радиального прироста производили по кернам, взятым на высоте 1,3 м. перпендикулярно продольной оси ствола дерева с помощью приростного бурава Пресслера (шведского производства Haglöf), с восточной и/или западной стороны ствола.

Датирование и измерение ширины годовых колец проводили на высокоточном устройстве для измерения годовых колец LINTAB-6 (с точностью $1 \cdot 10^{-3}$ мм) в комплекте с платформой TSAP-Win (Professional 4.0). Для контроля за правильностью измерений использовали процедуру перекрестной датировки. Результатом перекрестной датировки выступают показатели совместимости индивидуальных хронологий, среди которых нами использованы: GLK – совместимость – сумма интервалов равной крутизны (%); CC – перекрестная корреляция (%); GSL – уровень совместимости (* - 95,0%; ** - 99,0%; *** - 99,9%).

Ряды значений радиального прироста с целью устранения эдафических и возрастных эффектов были преобразованы в ряды индексов радиального прироста, индексов поздней и ранней древесины сглаживанием пятилетней левосторонней скользящей средней по формуле [25]:

$$I_t = W_t / Y_t \quad (2.1),$$

где I – индекс прироста, W – фактическая ширина годового кольца, Y – средняя ширина годового кольца за 5 лет, все для года t .

Индексирование путем нахождения отклонений значения прироста от скользящей средней ценно тем, что не требует биологического основания в выборе функций роста и обеспечивает неспецифическое удаление эффектов воздействия долговременных факторов различной природы [25].

Рассчитанные индексы ширины колец отдельных образцов объединялись в единый ряд (обобщенную хронологию по каждой пробной площади) путем погодичного осреднения.

Анализ динамики прироста древостоев и динамики метеопараметров проводили по данным реперной для Белгородской области метеостанции «М-2 Богородицкое-Фенино».

Для определения степени зависимости колебаний величины радиального прироста от колебаний метеопараметров были проведены расчеты коэффициентов корреляции (R). В поисках циклической составляющей радиального прироста использовали различные методы преобразования и сглаживания временных рядов, включая: удаление тренда, сглаживание методами скользящего среднего, простое экспоненциальное сглаживание (с весами Парзена), 4253H сглаживание в программе Statistica 6.0.

Таким образом, для дендрохронологического изучения древостоя на территории полигона исследований в урочище Репное Корочанского района Белгородской области учитывали все необходимые требования на каждой стадии изучения: выбор модельных деревьев, отбор образцов, измерение годичных слоев древесины на образце, обработка полученных данных. Пробные площади закладывались в соответствии с ОСТ 56-69-83. В пределах пробных площадей выбирали старовозрастные деревья (категория жизненного состояния 1-4). В пределах пробной площади проводили комплексную лесоводственную оценку. Оценку радиального прироста производили по кернам, взятым на высоте 1,3 м. перпендикулярно продольной оси ствола дерева с западной/восточной стороны с помощью приростного бурава Пресслера. Датирование и измерение ширины годичных колец проводили на высокоточном устройстве для измерения годичных колец LINTAB-6, затем осуществляли перекрестную датировку. Ряды значений радиального прироста с целью устранения эдафических и возрастных эффектов были преобразованы в ряды индексов радиального прироста, индексов поздней и ранней древесины. Рассчитанные индексы ширины колец отдельных образцов объединялись в единый ряд (обобщенную хронологию по каждой пробной площади) путем погодичного осреднения. Анализ динамики прироста древостоев и динамики метеопараметров проводили по данным реперной для Белгородской области метеостанции «М-2 Богородицкое-Фенино».

Таким образом, объектом дендроклиматического анализа радиального прироста выступают старовозрастные древостои *Quercus robur L.*, произрастающие в пределах лесного фонда 1 квартала 31 выдела ОКУ Корочанского лесничества Белгородской области в урочище Репное. На исследуемом участке *Quercus robur L.*, является типичным представителем первого яруса леса. На территории выдела произрастает памятник природы «Дуб долгожитель», особо защитный участок леса – ООПТ (регионального значения). Дубы здесь достаточно долговечны, их возраст может составлять более 600 лет, что делает их хорошими образцами для построения длительных дендрохронологических рядов. Дендрохронологический анализ осуществляли по общепринятым методикам. Влияние климата на радиальный прирост оценивали проводили по данным реперной для Белгородской области метеостанции «М-2 Богородицкое-Фенино».

Глава 3. Результаты дендроклиматического анализа радиального прироста *Quercus robur L.* в урочище Репное Корочанского района Белгородской области

3.1. Анализ полученных древесно-кольцевых хронологий

Для дендрохронологического изучения старовозрастного древостоя на территории 1 квартала 31 выдела ОКУ Корочанского лесничества Белгородской области в урочище Репное в сентябре 2014 года было отобрано 13 дендрохронологических образцов. Характеристика полученных образцов приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Характеристика дендрохронологических образцов Дуба черешчатого, полученных в урочище Репное ОКУ Корочанского лесничества Белгородской области

| № образца | Окружность, см | Длина керна, см | Ориентация места взятия керна на стволе дерева | Возраст, лет | Коеф. чувствительности | Средний прирост, мм |
|-----------|----------------|-----------------|--|--------------|------------------------|---------------------|
| 49 | 324 | 68 | восточная | 125 | 0,229 | 3,08 |
| 50 | 323 | 65 | западная | 123 | 0,223 | 2,98 |
| 51 | 188 | 31 | восточная | 86 | 0,233 | 2,88 |
| 52 | 267 | 43 | восточная | 131 | 0,168 | 3,09 |
| 53 | 230 | 37 | восточная | 133 | 0,136 | 3,10 |
| 54 | 199 | 50 | восточная | 109 | 0,165 | 3,93 |
| 55 | 274 | 44 | восточная | 137 | 0,153 | 2,94 |
| 56 | 222 | 36 | восточная | 92 | 0,250 | 2,66 |
| 57 | 172 | 29 | восточная | 74 | 0,257 | 3,29 |
| 58 | 217 | 36 | восточная | 87 | 0,214 | 3,25 |
| 59 | 143 | 25 | восточная | 53 | 0,283 | 4,53 |
| 60 | 171 | 28 | западная | 58 | 0,239 | 3,46 |
| 61 | 204 | 35 | восточная | 70 | 0,27 | 3,58 |
| 62 | 189 | 31 | восточная | 79 | 0,231 | 2,72 |

Анализируя радиальный прирост, можно отметить, что он обладает высокой степенью изменчивости, максимальный возраст имеют образцы № 55, 53 и 52. Однако максимальный прирост отмечен у других деревьев (образцы № 59, 54 и 61).

Под коэффициентом чувствительности понимается относительная величина межгодовой изменчивости прироста в сериях годовых колец индивидуальных хронологий. Он вычисляется путем нахождения абсолютного значения разности соседних значений ширины колец, деленной на их среднюю величину по формуле:

$$K_s = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{n-1} \frac{2(x_{t+1} - x_t)}{(x_{t+1} + x_t)}, \quad (3.1)$$

где x_t - ширина годового кольца, или индекс прироста в год t , n - длительность ряда (лет).

Этот коэффициент является одним из наиболее важных показателей, при помощи которого можно отбирать виды древесных растений и местообитания, наиболее пригодные для дендрохронологического анализа. Чем выше коэффициент, тем более сильный климатический сигнал содержится в древесно-кольцевых хронологиях. Серия колец считается чувствительной, когда средний коэффициент чувствительности больше 0.3 [36].

Исходя из данных, приведенных в табл. 3.1, наиболее чувствительны к факторам окружающей среды хронологии № 59, 54 и 61.

По каждому образцу построены индивидуальные древесно-кольцевые хронологии радиального прироста, прироста поздней и ранней древесины. Полученные древесно-кольцевые хронологии приведены в Приложении 1.

С помощью программы TSAP-Win™ Professional построена результирующая средняя хронология Half-chrono по индивидуальным хронологиям.

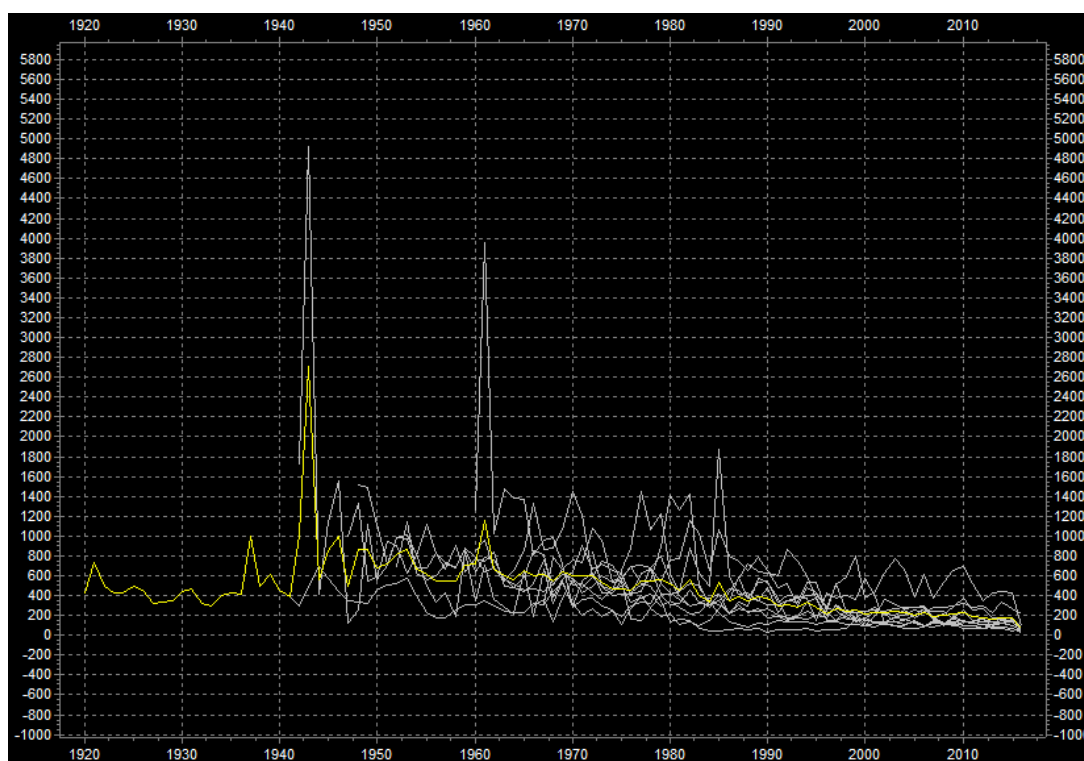


Рис. 3.1. Индивидуальные древесно-кольцевые хронологии (ДКХ) и Half-chrono (желтая линия)

Также с помощью TSAP-Win™ Professional для контроля за правильностью измерений использовали процедуру перекрестной датировки с Half-chrono. Результатом перекрестной датировки выступают показатели совместимости индивидуальных хронологий, среди которых нами использованы: GLK – показатель совместимости – сумма интервалов равной крутизны (%); CC – перекрестная корреляция (%); GSL – уровень совместимости (* - 95,0%; ** - 99,0%; *** - 99,9%). Подробные результаты полученные в ходе работы представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Результаты перекрестной датировки с Half-chrono.

Коэффициенты GSK, GSL, %CC.

| № образца | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| GLK | 72 | 68 | 72 | 72 | 74 | 79 | 76 | 69 | 69 | 68 | 79 | 72 | 81 | 76 |
| GSL | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| CC | 86 | 82 | 78 | 75 | 80 | 73 | 67 | 72 | 1 | 81 | 82 | 82 | 89 | 88 |

Из таблицы видно, что древесно-кольцевые хронологии имеют достаточно высокую корреляционную связь радиального прироста (CC) с Half-chrono, и достаточную синхронность (GLK), что по шкале синхронности С.Г. Шиятова (1986) соответствует среднему и высокому уровням синхронности. Низкая синхронность изменения величины радиального прироста может указывать на наличие интенсивного разделения деревьев в пределах отдельных рангов доминирования. Максимальный уровень дифференциации и изменчивости наблюдается в годы с оптимальным сочетанием факторов среды. Тем самым подтверждается положение о том, что с улучшением условий произрастания возрастает уровень конкуренции, приводящий к усилению расслоения популяции древесных растений на ценологически неоднородные группы [30].

Сопоставление индивидуальных хронологий с помощью коэффициента корреляции приведено в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Сопоставление индивидуальных хронологий на основании
коэффициента корреляции

| | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 |
|----|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 50 | 0,87 | | | | | | | | | | | | |
| 51 | 0,36 | 0,27 | | | | | | | | | | | |
| 52 | 0,00 | 0,02 | 0,59 | | | | | | | | | | |
| 53 | 0,79 | 0,73 | 0,13 | -0,30 | | | | | | | | | |
| 54 | 0,01 | 0,04 | 0,21 | 0,12 | 0,09 | | | | | | | | |
| 55 | -0,06 | -0,06 | 0,53 | 0,79 | -0,35 | 0,26 | | | | | | | |
| 56 | 0,71 | 0,56 | 0,10 | -0,36 | 0,82 | -0,08 | -0,42 | | | | | | |
| 57 | 0,16 | 0,25 | -0,17 | -0,10 | 0,30 | 0,40 | -0,17 | 0,26 | | | | | |
| 58 | 0,75 | 0,69 | 0,40 | -0,04 | 0,80 | 0,12 | -0,15 | 0,68 | 0,14 | | | | |
| 59 | 0,68 | 0,59 | 0,09 | -0,31 | 0,73 | 0,09 | -0,29 | 0,75 | 0,33 | 0,63 | | | |
| 60 | 0,72 | 0,67 | 0,00 | -0,43 | 0,85 | 0,10 | -0,51 | 0,83 | 0,37 | 0,73 | 0,77 | | |
| 61 | 0,72 | 0,69 | 0,43 | 0,03 | 0,67 | 0,31 | 0,02 | 0,64 | 0,36 | 0,78 | 0,73 | 0,66 | |
| 62 | 0,72 | 0,56 | 0,21 | -0,33 | 0,83 | 0,17 | -0,28 | 0,77 | 0,24 | 0,81 | 0,77 | 0,78 | 0,74 |

Жирным шрифтом показаны достоверные значения (при $p=0,05$)

Из таблицы видно, что практически все хронологии имеют достаточно высокие корреляционные связи (как прямые, так и обратные).

Индивидуальные хронологии, обладающие высокими показателями совместимости (а это все индивидуальные хронологии), объединяли в единый ряд (обобщенную древесно-кольцевую хронологию) путем погодичного осреднения (рис. 3.2).

Из графиков видно, что наименьший прирост имеет ранняя древесина, которая формируется в начале вегетационного периода. Большая часть годичного кольца формируется в поздней стадии периода роста.

Далее ряды значений радиального прироста с целью устранения эдафических и возрастных эффектов были преобразованы в ряды индексов радиального прироста.

Индекс представляет собой коэффициент отклонения размеров прироста от общего возрастного тренда. Методика расчетов следующая, сначала на график годичного радиального прироста древесины наносится линия тренда, для данного исследования обычно использовался полиномиальный тренд 3 степени, реже 2 степени. После графического наложения, находится значение тренда в каждом году, для этого в формулу задающую линию тренда подставляются значения прироста по каждому году. После чего находится собственно индекс, путем деления реального прироста, на полученное значение тренда, для каждого года. Измерения индекса проводились как для общего прироста, так и для ранней и поздней древесины в отдельности, графические результаты представлены в Приложении 2.

На рисунке 3.3 представлена динамика индекса радиального прироста, индекса ранней и поздней древесины обобщенной древесно-кольцевой хронологии.

По графикам рисунка 3.3 хорошо прослеживается динамика прироста. Минимальные показатели прироста отмечены в 1892, 1904, 1910, 1927, 1947, 1950, 1962, 1966, 1969, 1972, 1982, 1989, 2002, 2009 гг. Максимальные приросты наблюдаются в 1932, 1944, 1957, 1963, 1978-1979, 1985, 1993, 1997, 2001 гг. Как видно из динамики, экстремальные показатели прироста отмечаются в среднем каждые 9-15 лет.

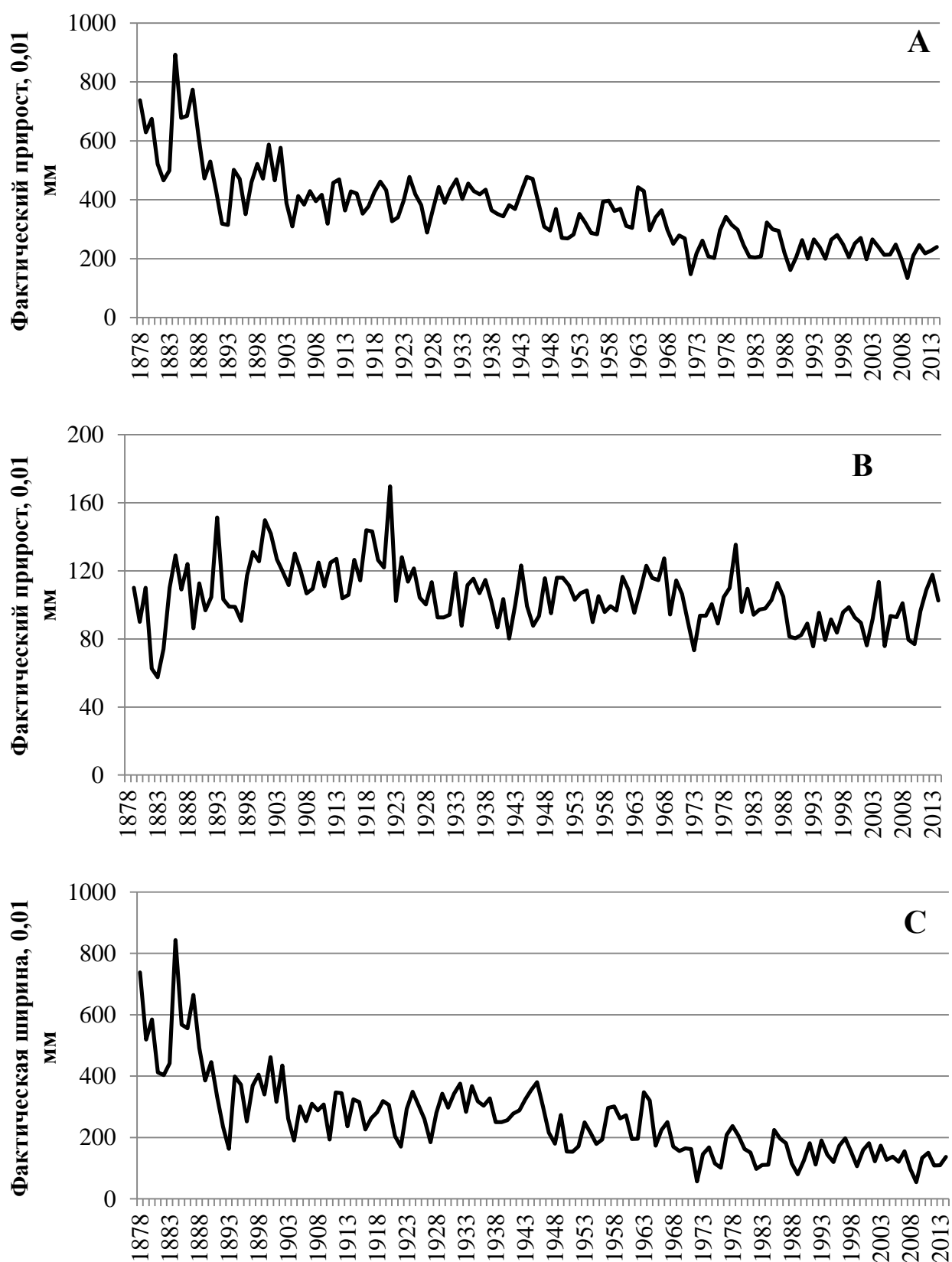


Рис. 3.2. Обобщенная древесно-кольцевая хронология образцов, полученных в урочище Репное ОКУ Корочанского лесничества Белгородской области (А – общая ширина кольца, В – прирост ранней древесины, С – прирост поздней древесины).

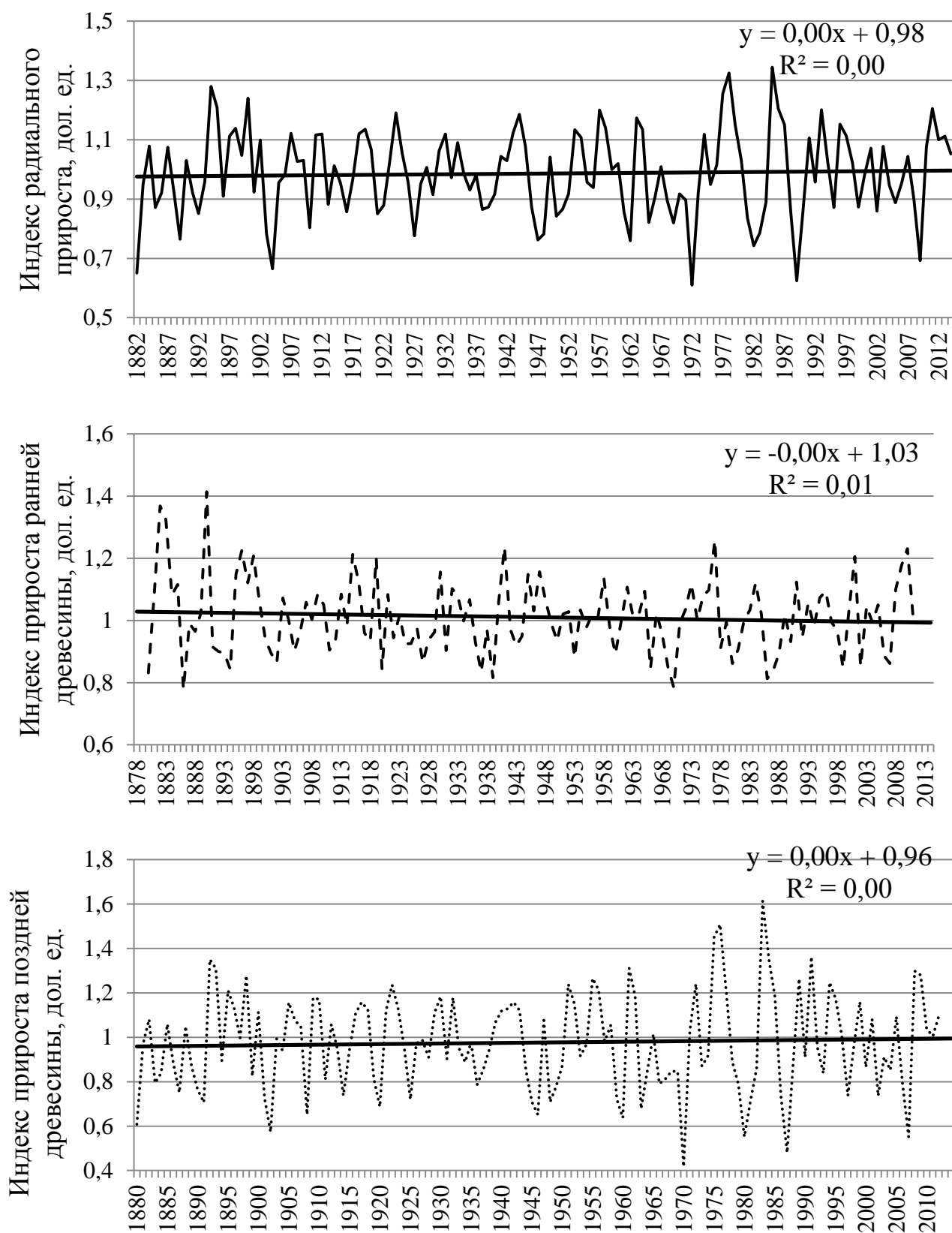


Рис. 3.3. Динамика обобщенного индекса радиального прироста, индекса ранней и поздней древесины

Применение линейного тренда показало увеличение индекса радиального прироста поздней древесины и уменьшение прироста ранней древесины *Quercus robur L.* на объекте исследования, что может свидетельствовать о постепенном изменении условий вегетационного периода за исследуемые отрезки времени.

Вывод: для дендрохронологического изучения старовозрастного древостоя на территории 1 квартала 31 выдела ОКУ Корочанского лесничества Белгородской области в урочище Репное в сентябре 2014 года было отобрано 13 дендрохронологических образцов. По каждому образцу построены индивидуальные древесно-кольцевые хронологии радиального прироста, прироста поздней и ранней древесины. Все полученные древесно-кольцевые хронологии обладают достаточно высокой корреляционной связью радиального прироста, и достаточной синхронностью. Индивидуальные хронологии объединяли в единый ряд (обобщенную древесно-кольцевую хронологию) путем погодичного осреднения. С целью устранения эдафических и возрастных эффектов были рассчитаны индексы радиального прироста, индексы прироста ранней и общей древесины. Выделены годы с максимальными и минимальными значениями прироста. Выделенные годы соответствуют минимуму или максимуму действия суммы факторов. Это делает возможным выделения наиболее значимых факторов среды, действующих на радиальный прирост древесины. Выявлено увеличение индекса радиального прироста поздней древесины и уменьшение прироста ранней древесины *Quercus robur L.* на объекте исследования, что может свидетельствовать о постепенном изменении условий вегетационного периода за исследуемые отрезки времени.

3.2. Диагностика реакции ежегодного радиального прироста древесины *Quercus robur L.* в урочище Репное Корочанского района Белгородской области на динамику метеопараметров

Анализ динамики прироста древостоя и динамики метеопараметров проводили по данным метеостанции «М-2 Богородицкое-Фенино». Отклик радиального прироста древесины *Quercus robur L.* оценивали на следующие метеопараметры: среднемесячные температуры воздуха, количество осадков за месяц.

Белгородская область расположена в пределах Центрально-Черноземного региона. Среднегодовое количество осадков составляет 420 - 590 мм (с колебаниями в отдельные годы от 260 мм до 750 мм). 80-85% осадков выпадает в виде дождя, остальное - твердые осадки, преимущественно в виде снега. Разнообразный рельеф обуславливает неравномерность распределения осадков по территории области: большее количество осадков выпадает на западных склонах возвышенностей и в долинах, открытых с запада. Крупные лесные массивы также останавливают несущие влагу западные ветры и принимают на себя осадки. Поэтому среднее количество осадков на севере и западе 540 -550 мм, на востоке и юго-востоке – до 400 мм. Средняя годовая температура воздуха на Белгородчине колеблется от +5,9° до + 6,6°. Возрастает температура воздуха с севера на юг. Максимальные значения ее достигают 41°, а абсолютные минимумы падают до -38°. Годовая амплитуда температуры воздуха - 79°. Климат умеренно континентальный, с довольно мягкой зимой со снегопадами и оттепелями и продолжительным летом. Средняя годовая температура воздуха изменяется от +5,4 градуса на севере до +6,8 градуса на юго-востоке. Самый холодный месяц — январь. Восточные и юго-восточные районы области пересекает в среднем своем значении ось Воейкова оказывающая определенное влияние на климат, особенно этих районов [2].

В течение XX столетия произошли определенные изменения в формировании климатических условий Центрально-Черноземного региона и экстремальных характеристик. На рис. 3.4 – 3.5 представлено изменение среднегодовой температуры воздуха и осадков для Белгородской области за весь период инструментальных наблюдений метеостанции «М-2 Богородицкое-Фенино».

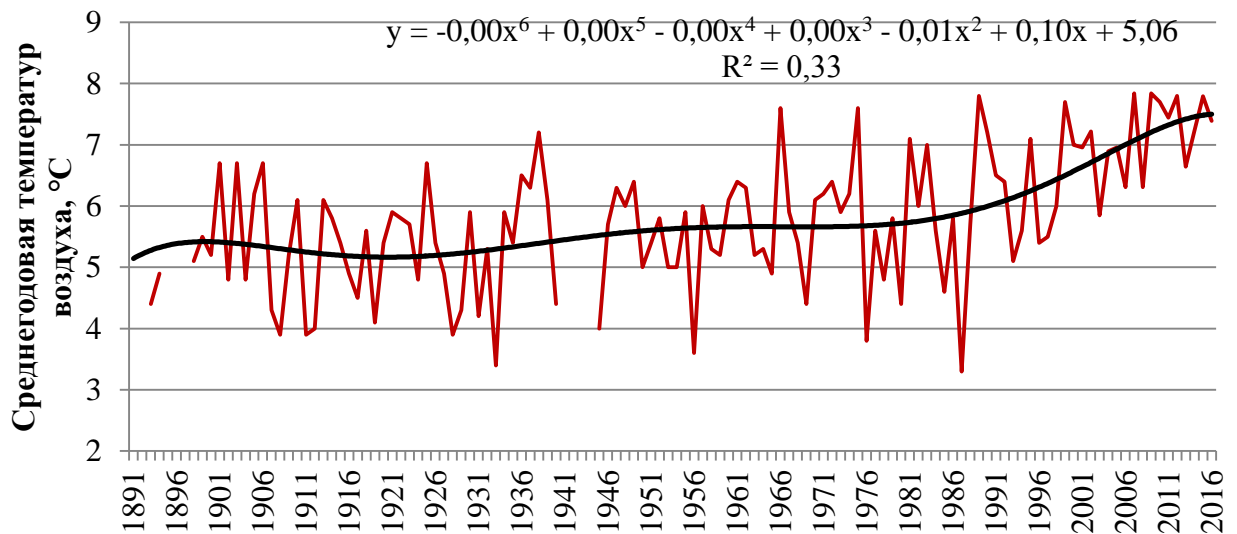


Рис. 3.4. Среднегодовая температура воздуха по данным метеостанции М-2 Богородицкое-Фенино

Установлено, что за период 1890-2015 гг. годовая температура воздуха увеличилась примерно на 1,7 °С. Наиболее активно температура увеличивалась с середины 60-х годов прошлого века. При этом скорость роста была различной: так, в десятилетнем периоде 1966-1975 гг. температура росла в среднем на 0,06 °С/год, а в следующие тридцать лет скорость изменения температуры увеличилась до 0,12 °С/год. В последнем десятилетии отмечено падение среднегодовой температуры со скоростью 0,05 °С/год. Увеличение претерпели средняя температура воздуха весны (за весь период наблюдений средняя температура весны возросла на 2,4 °С), лета (современный рост летней температуры начался в конце 1970-х годов) и

зимы (в зимний период за 1890-2015 гг. температура воздуха увеличилась примерно на 2,9 °С), температура воздуха осеннего сезона в регионе не претерпела существенных изменений [23].

Наряду с изменением термического режима атмосферы варьирует количество атмосферных осадков.

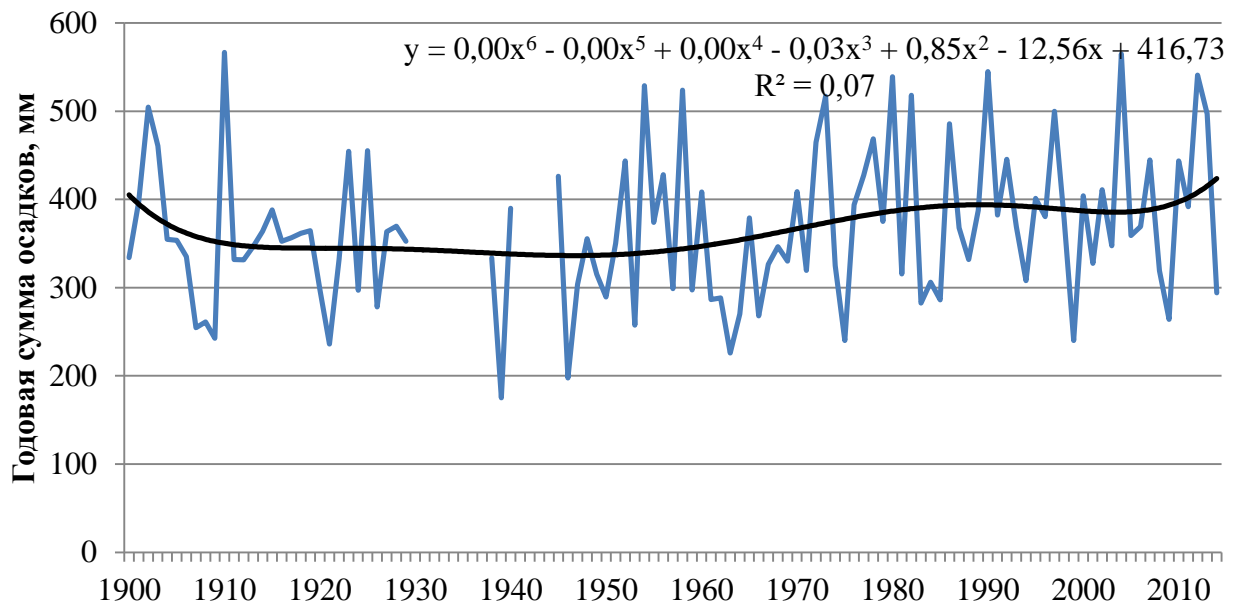


Рис. 3.5. Годовая сумма осадков по данным метеостанции М-2 Богородицкое-Фенино

Долгопериодическая динамика количества осадков на территории Белгородской области за 1890-2015 гг. характеризуется заметными изменениями. Наиболее существенное уменьшение годовых сумм осадков наблюдалось во втором десятилетии XX века. Затем последовал постепенный рост осадков, а в период наиболее активных современных изменений климата, с начала 70-х годов XX века, годовое количество осадков менялось незначительно. Рост осадков начался в начале XXI века [23].

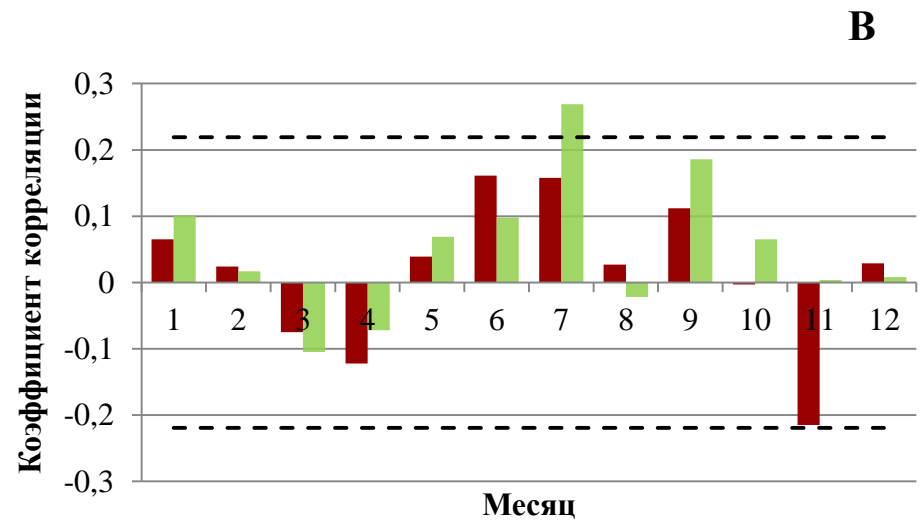
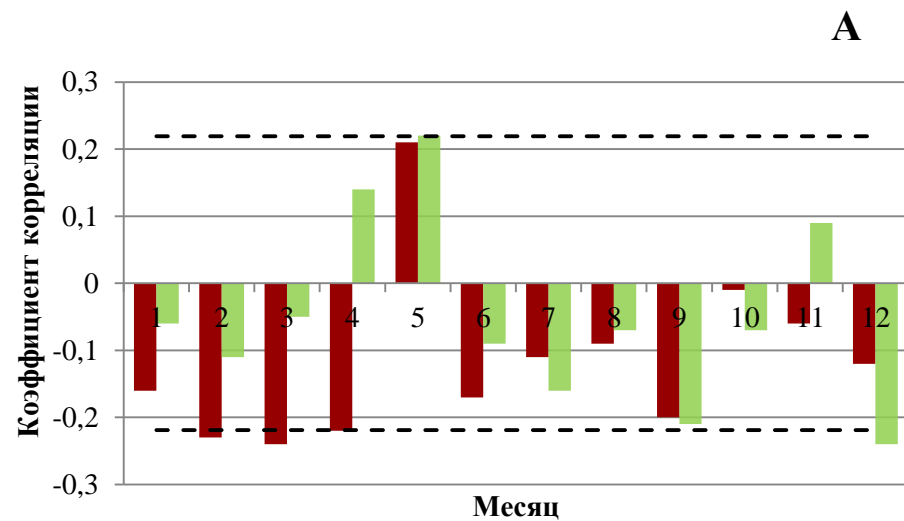
Территория Белгородской области относится к зоне недостаточного увлажнения, особенно южная и юго-восточная ее части. Засухи и суховеи малой и средней интенсивности здесь бывают каждый год. Интенсивные

засухи по статистике наблюдаются раз в несколько лет. Очень интенсивные засухи на Белгородчине были в 1938, 1946, 1954, 1972, 2010 годах. Учитывая одновременно тенденции изменения средней летней температуры воздуха и сумм летних осадков, можно отметить тенденцию увеличения засушливости летнего сезона [23]. В эти же годы получены минимальные показатели индекса прироста поздней древесины.

Для определения степени зависимости колебаний величины радиального прироста от колебаний метеопараметров были проведены расчеты коэффициентов корреляции (рис. 3.6).

Анализ полученных результатов показал, что связь индексов радиального прироста древесины с климатическими параметрами варьирует от 0,01 до 0,29, что соответствует уровню слабой зависимости между оцениваемыми параметрами.

Однако, можно отметить, что достоверных максимальных значений корреляции достигают температуры текущего года в мае (положительная корреляционная связь), а также февраля, марта и апреля (отрицательная корреляционная связь). Значимые значения температур предыдущего года достигаются в мае (положительная связь) и декабре (отрицательная связь). Если оценивать связь с количеством осадков, то наибольшее достоверное положительное влияние имеют осадки июля предыдущего года. Отрицательные корреляционные связи имеют прирост и количество осадков в марте, апреле и ноябре.



■ Текущий год ■ Предыдущий год
 - - - Критические значения коэффициента корреляции (уровень значимости P0,05)

Рис. 3.6. Динамика коэффициента корреляции индекса прироста обобщенной древесно-кольцевой хронологии со среднемесячной температурой воздуха (А) и годовым количеством осадков (В) по данным метеостанции Богородицкое-Фенино

Таким образом, на формирование радиального прироста древостоев в пределах ОКУ Корочанского лесничества Белгородской области в урочище Репное наибольшее влияние оказывает метеорологическая обстановка февраля, марта, апреля, мая, июля, ноября и декабря.

Данная динамика, вероятно, сопряжена с тем, что в мае и апреле происходит активный прирост ранней древесины, богатой проводящими сосудами, низкие температуры в этот период могут вызвать деградацию прироста, в результате чего надолго затормозить этот рост. При этом увеличение интенсивности выпадения осадков в декабре и феврале, позволяет сформировать снежный покров, защищающих корни растений от промерзания. А оттепели в этот период, с последующими заморозками могут вызвать деградацию древесной растительности, с тем же связано и отрицательное влияние февральских и мартовских высоких температур. Осадки в марте и апреле негативно влияют на прирост, возможно из-за уже интенсивного увлажнения при таянии снега. Чрезмерное увлажнение вызывает гниль корней и их вымывание, что тоже отрицательно влияет на радиальный прирост древесины.

Причины невысокой корреляции прироста с метеопараметрами заслуживают более детального анализа. Для этого проведен анализ связей прироста древесины с ГТК (гидротермический коэффициент) Селянинова, отражающего совокупность условий тепло- и влагообеспеченности. ГТК рассчитывает по формуле:

$$ГТК = \frac{\sum R}{0,1 \sum T \geq 10^{\circ} C}, \quad (3.1)$$

где $\sum R$ - сумма осадков за месяцы; $\sum T$ - сумма среднесуточных значений температуры воздуха больше $10^{\circ} C$.

Увлажнение оптимальный, если ГТК = 1–1,5, избыточный – ГТК более 1,6, недостаточный – ГТК менее 1, слабый – ГТК менее 0,5 [8].

Динамика ГТК за вегетационный период по данным метеостанции М-2 Богородицкое-Фенино приведена на рисунке 3.7.

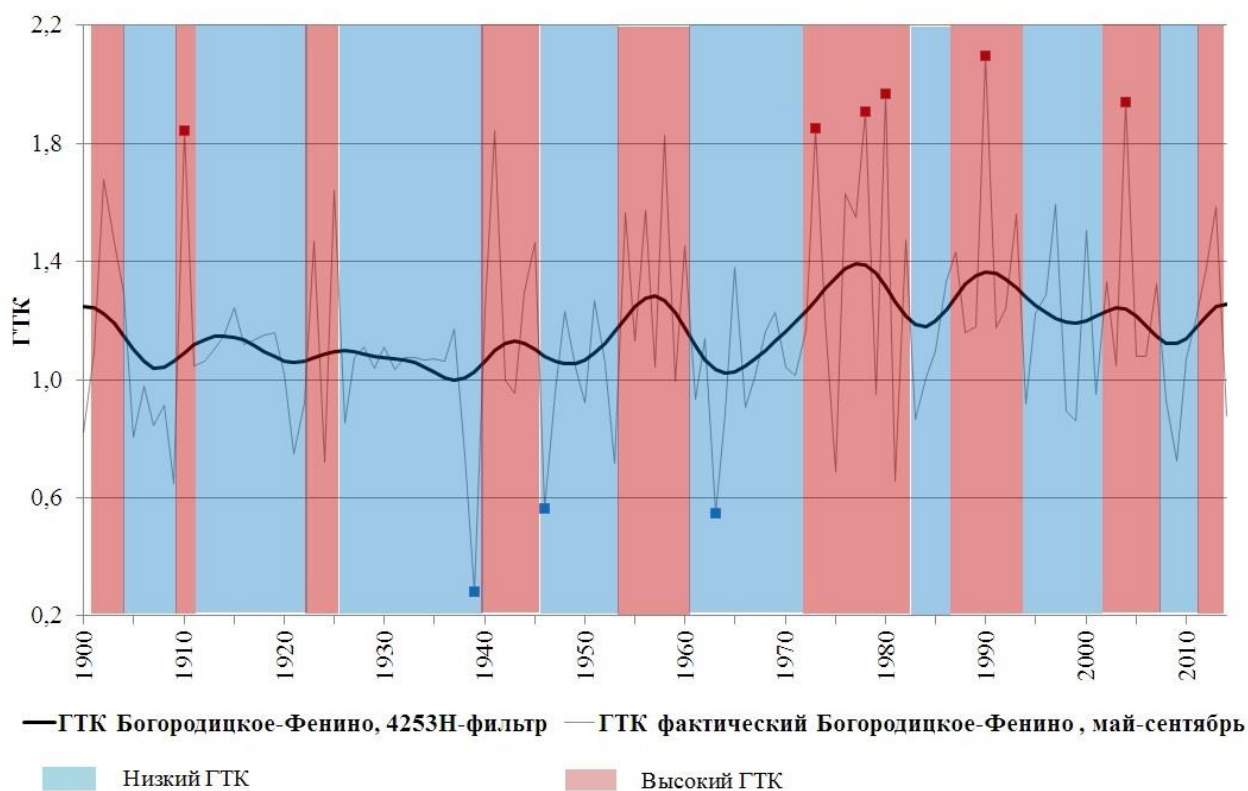


Рис. 3.7. Динамика ГТК за вегетационный период по данным метеостанции М-2 Богородицкое-Фенино

Из рисунка видно, что в динамике ГТК четко прослеживаются периоды повышения и понижения. Однако эти периоды по продолжительности имеют нерегулярный характер. При этом в начале XX века более продолжительными были периоды пониженного ГТК. А с середины XX в более продолжительными стали периоды повышенного ГТК. Продолжительность периодов разная: от 3 до 14 лет.

Также на графике выделены годы с максимальными и минимальными достоверными (при $p=0,05$) значениями ГТК. Максимальные значения ГТК наблюдались в следующие годы (ГТК характеризуется как избыточный):

| Год | ГТК |
|------|------|
| 2004 | 1,94 |

| | |
|------|---|
| 1990 | 1,90 (высокий радиальный прирост в 1993 году) |
| 1980 | 1,89 (высокий радиальный прирост в 1985 году) |
| 1978 | 1,83 (высокий радиальный прирост в 1979 году) |
| 1910 | 1,78 |
| 1973 | 1,75 |

При этом высокий радиальный прирост отмечен в большинстве случаев через 1-4 года после года с высоким показателем ГТК.

Минимальные значения ГТК наблюдались в следующие годы (ГТК характеризуется как слабый, год экстремально засушливый):

| Год | ГТК |
|------|--|
| 1946 | 0,55 (низкий радиальный прирост в 1947 году) |
| 1963 | 0,55 (низкий радиальный прирост в 1966 году) |
| 1938 | 0,27 |

При этом также вследствие слабой тепло- и влагообеспеченности года в большинстве случаев отмечается низкий радиальный прирост древесины через 1-3 года.

Следовательно, можно судить о том, что метеопараметры отражаются на величине прироста годичного кольца через 1-4 года. Однако, это проявляется не всегда, что означает, что величина прироста также может быть обусловлена иными факторами, помимо климатических.

В таблице 3.5 представлены средний ГТК и средний индекс прироста за периоды высокого и низкого ГТК. Из представленных данных видно, что в динамике среднего ГТК четко прослеживаются закономерная смена высоких и низких значений. Однако, в динамике среднего индекса прироста древесины данная закономерность за эти периоды не отмечается. Аналогичная закономерная смена высоких и низких значений в приросте древесины прослеживается также как в динамике ГТК с лагом в 2 года.

Таблица 3.5

Динамика среднего ГТК и среднего индекс прироста древесины за периоды высокого и низкого ГТК

| Период, годы | Средний ГТК, май-сентябрь | Средний индекс прироста за период времени | Средний индекс прироста за период времени со сдвигом 2 года |
|--------------|---------------------------|---|---|
| 1901-1904 | 1,4 | 1,09 | 1,18 |
| 1905-1909 | 0,8 | 0,94 | 0,90 |
| 1910 | 1,8 | 0,69 | 1,05 |
| 1911-1924 | 1,1 | 0,97 | 0,92 |
| 1923-1925 | 1,3 | 1,17 | 1,14 |
| 1926-1939 | 1,0 | 1,03 | 1,03 |
| 1940-1945 | 1,3 | 1,19 | 1,21 |
| 1946-1953 | 1,0 | 0,95 | 0,94 |
| 1954-1960 | 1,4 | 1,07 | 1,13 |
| 1961-1972 | 1,0 | 0,96 | 0,93 |
| 1973-1982 | 1,4 | 0,95 | 1,00 |
| 1983-1985 | 1,0 | 0,95 | 1,23 |
| 1986-1993 | 1,4 | 1,00 | 0,93 |
| 1994-2001 | 1,1 | 1,08 | 1,10 |
| 2002-2007 | 1,3 | 1,01 | 0,91 |
| 2008-2010 | 0,9 | 0,82 | 1,03 |
| 2011-2013 | 1,4 | 1,06 | 1,08 |
| 2014 | 0,9 | 1,06 | |

При этом коэффициент корреляции между показателями среднего ГТК (май-сентябрь) и среднего индекса прироста за установленные периоды высокого и низкого ГТК, изменится с 0,04 до 0,27 при расчете индекса прироста древесины за период времени со сдвигом на 2 года вперед.

Таким образом, анализ динамики прироста древостоя и динамики метеопараметров проводили по данным метеостанции «М-2 Богородицкое-Фенино». Отклик радиального прироста древесины *Quercus robur L.* оценивали на следующие метеопараметры: среднемесячные температуры воздуха, количество осадков, ГТК. Определение степени зависимости колебаний величины радиального прироста от колебаний метеопараметров производили на основе коэффициента корреляции. Установлена слабая зависимость между радиальным приростом и динамикой среднемесячной

температуры воздуха и количеством осадков. Максимальные корреляционные связи радиального прироста древостоев на объекте исследований установлены с метеорологическими параметрами февраля, марта, апреля, мая, июля, ноября и декабря. Наиболее важными месяцами для прироста являются май и июнь, негативные климатические условия в этот период, вызывают замедление прироста. Высокое количество осадков зимой – также благоприятный фактор, а большое количество осадков в марте и апреле – негативный. Анализ связей прироста древесины с ГТК (гидротермический коэффициент) Селянинова позволил установить, что высокий радиальный прирост отмечен в большинстве случаев через 1- 4 года после года с высоким показателем ГТК. Также вследствие слабой тепло- и влагообеспеченности года в большинстве случаев отмечается низкий радиальный прирост древесины через 1-3 года. Однако, это проявляется не всегда, что означает, что величина прироста также может быть обусловлена иными факторами, помимо климатических. Выделены периоды с закономерной сменой высокого и низкого ГТК. Однако эти периоды по продолжительности имеют нерегулярный характер. Наблюдается аналогичная смена лет с высоким и низким индексом прироста древесины с лагом в 2 года.

Заключение

В ходе работы был проведен дендроклиматический анализ радиального прироста *Quercus robur L.* в условиях Белгородской области (на примере урочища Репино Корочанского лесничества), по полученным данным сформулированы следующие выводы.

1. Кольца дерева состоят из двух слоев – ранняя и поздняя древесина. Радиальный прирост деревьев – мера ростовой активности ствола за сезон роста и зависит от влияния внешних факторов среды. Радиальный прирост древесины зависит от действия множества факторов, как внутренних, так и внешних. 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. Дендроклиматическая информация широко используется в экологическом прогнозировании.

2. Объектом дендроклиматического анализа радиального прироста выступают старовозрастные древостои *Quercus robur L.*, произрастающие в пределах лесного фонда 1 квартала 31 выдела ОКУ Корочанского лесничества Белгородской области в урочище Репное, который является особо защитным участком леса – ООПТ (регионального значения). На исследуемом участке *Quercus robur L.*, является типичным представителем первого яруса леса, что делает его пригодным для проведения дендрохронологического анализа.

3. Проанализировав реакцию ежегодного радиального прироста древесины *Quercus robur L.* в урочище Репное Корочанского района Белгородской области на динамику метеопараметров, можно утверждать, что Установлена слабая зависимость между радиальным приростом и динамикой

среднемесячной температуры воздуха и количеством осадков. Максимальные корреляционные связи радиального прироста древостоев на объекте исследований установлены с метеорологическими параметрами февраля, марта, апреля, мая, июля, ноября и декабря. Наиболее важными месяцами для прироста являются май и июнь, негативные климатические условия в этот период, вызывают замедление прироста. Высокое количество осадков зимой – также благоприятный фактор, а большое количество осадков в марте и апреле – негативный. Анализ связей прироста древесины с ГТК (гидротермический коэффициент) Селянинова позволил установить, что высокий радиальный прирост отмечен в большинстве случаев через 1- 4 года после года с высоким показателем ГТК. Также вследствие слабой тепло- и влагообеспеченности года в большинстве случаев отмечается низкий радиальный прирост древесины через 1-3 года. Однако, это проявляется не всегда, что означает, что величина прироста также может быть обусловлена иными факторами, помимо климатических. Выделены периоды с закономерной сменой высокого и низкого ГТК. Однако эти периоды по продолжительности имеют нерегулярный характер. Наблюдается аналогичная смена лет с высоким и низким индексом прироста древесины с лагом в 2 года.

Таким образом установлено, что климатические факторы отражаются в радиальном приросте древесины.

Список источников

1. Балыбина, А.С. Реконструкция колебаний климата в Предбайкалье дендрохронологическим методом / А. С. Балыбина // География и природные ресурсы. – 2006. – № 4. – С. 123-129.
2. Белгородская область. – Статья Википедии. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C#.D0.9A.D0.BB.D0.B8.D0.BC.D0.B0.D1.82 (дата обращения 01.06.2017).
3. Битвинкас, Т.Т. Дендроклиматические исследования / Отв. ред. В. Н. Адаменко. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 172 с.
4. Ваганов, Е.А. Анализ роста дерева по структуре годичных колец / Е.А. Ваганов, И.А. Терсков. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. – 93 с.
5. Ваганов, Е.А. Дендроклиматические и дендрэкологические исследования в Северной Евразии / Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов // Лесоведение. 2005. – № 4. – С. 18-27.
6. Ваганов, Е.А. Дендрохронология: учебное пособие /Е.А. Ваганов, В.Б. Круглов, В.Г. Васильев. – Красноярск, 2008. – 120 с.
7. Гасанов, Г.Н. Механическая обработка почвы в агро-ландшафтах в контексте глобального потепления климата / Г.Н. Гасанов, М.А. Арсланов, А.А. Айтемиров // Юг России: экология, развитие. – 2016. – Т.11. – № 2. – С.143-151.
8. Григорьев, Г.Н. Гидротермический коэффициент / Г.Н. Григорьев, О.В. Крымская, М.Г. Лебедева // Атлас «Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области». – Белгород: Изд-во ГП «Белгородская областная типография», 2005. – С. 56-57.
9. Губанов, И. А. и др. Дикорастущие полезные растения СССР / отв. ред. Т. А. Работнов. – М.: Мысль, 1976. – С. 95–97.

10. Дендрохронология Восточной Европы. – URL: <http://hbar.phys.msu.ru/gorm/dating/kolchin.htm> (дата обращения 01.05.2017).
11. Деревья и кустарники СССР. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1949–1962. – т. 1 – 463 с.
12. Дуб черешчатый : статья Википедии. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%83%D0%B1_%D1%87%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%88%D1%87%D0%B0%D1%82%D1%8B%D0%B9 (дата обращения 15.05.2017).
13. Жуков, Р.С. Влияние природных экологических факторов на прирост дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в условиях природного заказника «Долина реки Сетунь» / Р. С. Жуков // Лесной вестник. – 2014. - № 5 (105). – том 18. - С. 58-66.
14. Комин, Г.Е. Дендрохронологическая оценка динамики продуктивности лесов Северо-Западного Кавказа / Г.Е. Комин // Journal of Siberian Federal University. Biology 1. – 2012. – V. 5. – P. 4-12.
15. Кухта, В.Б. Метод моделирования распространения низового пожара в лесных насаждениях с использованием агентного подхода / В.Б. Кухта // Лесной вестник. – 2014. - № 5 (105). – С. 92-98.
16. Лебедева, М.Г. Современные климатические изменения и опасные гидрометеорологические явления на юге Центрально-Черноземного региона (на примере Белгородской области) / М.Г. Лебедева, О.В. Крымская // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: Мат. V Межд.научн. конф., Белгород, 11-14 октября. – М.; Белгород: КОНСТАНТА, 2013а. – С. 281-283.
17. Лопатин, Е.В. Методика оценки динамики прироста основных лесообразующих пород по временным сериям космических снимков / Е.В. Лопатин // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Биологические науки. – 2013. - № 8 (137). – С. 58-63.
18. Макроскопическое и микроскопическое строение древесины : метод. указания / О. Н. Бурмистрова, М. А. Воронина. – Ухта : УГТУ, 2013. – 44 с.

19. Матвеев, С. М. Климатический сигнал в радиальном приросте сосновых древостоев модальных типов леса Воронежской области / С. М. Матвеев // Лесохоз. информ.: электрон. сетевой журн. – 2017. – № 1. – С. 99-108. – URL: <http://lhi.vniilm.ru/> (дата обращения 27.05.2017).

20. Матвеев, С.М. Дендрохронология. Учеб. пособие. Изд. 2-е, переработанное и дополненное / С.М. Матвеев, Д.Е. Румянцев. – Воронеж: ВГЛТА, 2013.– 139 с.

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

22. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. ОСТ 56-69-83. Издание официальное. – М., 1984. – 60 с.

23. Почвы и растительность юга Среднерусской возвышенности в условиях меняющегося климата : монография / [Ю. Г. Чендев, М. Г. Лебедева, С. М. Матвеев и др.] ; отв. ред. : Ю. Г. Чендев, М. Г. Лебедева. – Белгород : КОНСТАНТА, 2016. – 326 с.

24. Руководство по лесовосстановлению и лесоразведению в лесостепной, степной, сухостепной и полупустынной зонах европейской части Российской Федерации : приказ Руководителя Рослесхоза от 13 декабря 1993 г. № 328 // Справочная правовая система «Консультант Плюс». Разд. «Законодательство». Информ. банк «ВерсияПроф».

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

26. Румянцев, Д.Е. Климатический сигнал засух в хронологии ели из кисличного типа леса центрально-лесного заповедника / Д.Е. Румянцев, А.Е. Кухта, Д.В. Пучинская // Лесной вестник. – 2016. – № 2 – С. 39-43.

27. Санитарные правила в лесах Российской Федерации. – М., 1998. – 25 с.

28. Сербин, А.Г. и др. Медицинская ботаника. Учебник для студентов вузов. – Харьков: Изд-во НФаУ: Золотые страницы, 2003. – С. 134. – 364 с.
29. Соколов, С.Я., Связева О.А., Кубли В.А. Ареалы деревьев и кустарников СССР. Л.: Наука, 1977. – Т.1. – 240 с.
30. Тишин, Д.В. Дендрэкология (методика древесно-кольцевого анализа) / Д.В. Тишин. – Казань: Издательство Казанского университета, 2011. - 33 с.
31. Федоров, П.П. Влияние климатических факторов и термического режима мерзлотных почв Центральной Якутии на радиальный прирост лиственницы и сосны / Федоров П.П., Николаев А.Н. // Лесоведение.- 2004.- №6. - С.3-13.
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.
34. Шиятов, С.Г. Влияние климатических факторов на радиальный прирост деревьев в высокогорьях Урала / С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа, Г. Фриттс // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – СПб., Гидрометеиздат – 1992. – т. XIV. – С. 125–134.
35. Шиятов, С.Г. Методы дендрохронологии. Часть I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: Учебно-методич. Пособие / С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов, А.В. Кирдянов, В.Б. Круглов, В.С. Мазепа, М.М. Наурзбаев, Р.М. Хантемиров. – Красноярск: КрасГУ, 2000. – 80 с.
36. Ferguson C. W. A 7104-year annual tree-ring chronology for Bristlecone pine, *Pinus aristata*, from the White Mountains, California // Tree-Ring Bull. – 1969. – Vol. 29. – No. 3–4. – P. 3–29.