

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

**ВЛИЯНИЕ ГЕЛИОКЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ  
НА ПРИРОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ  
НА ТЕРРИТОРИИ БЕКАРЮКОВСКОГО БОРА**

выпускная квалификационная работа  
обучающегося по направлению подготовки  
05.04.06 Экология и природопользование  
очной формы обучения группы 81001613  
Гасий Александра Сергеевича

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

Рецензент  
директор областного  
казенного учреждения «Шебекин-  
ское лесничество»  
Заруцкий А.В.

БЕЛГОРОД 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
<b>Глава 1. Годичное кольцо дерева как интегральный показатель солнечной активности и климатических условий территории .....</b>	<b>5</b>
1.1. Влияние солнечной радиации на растительность .....	5
1.2. Годичное кольцо дерева .....	18
1.3. Оценка климатических условий с помощью различных показателей продукционных процессов .....	21
<b>Глава 2. Объект и метод исследования .....</b>	<b>27</b>
2.1. Пространственный анализ климатических условий исследуемой территории.....	27
2.2. Методика отбора керна и его дальнейшее изучение .....	31
<b>Глава 3. Особенности прироста сосны обыкновенной в условиях Бекарюковского бора .....</b>	<b>34</b>
3.1. Анализ зависимости радиального прироста сосны обыкновенной от солнечной активности .....	34
3.2. Анализ зависимости радиального прироста сосны обыкновенной от климатических факторов .....	38
3.3. Анализ комплексного влияния соотношения тепла и влаги на радиальный прирост сосны обыкновенной .....	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	60

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** Значительные изменения климата на нашей планете происходили во все периоды ее существования. На таких уровнях, как региональный и локальный данные изменения находят отражения в изменчивости выживаемости и роста древесной растительности, смещении ботанико-географических зон. Далее будет происходить изменения биогеохимических циклов в лесных экосистемах, направлении лесных сукцессии, а также смена состава и структуры сообществ древесной растительности. Большинство из таких изменений начинаются на уровне изменчивости ежегодного прироста древесины и потом реализуются в более глобальных процессах (конкуренция, отмирание и др.) [16]. Одной из основ надежного прогноза изменений в экосистеме леса (при ожидаемых изменениях локального и регионального климата) служит знание количественных зависимостей прироста древесных растений от внешних факторов, в первую очередь, гелиоклиматических.

Годичные кольца деревьев уже заняли свою нишу традиционного источника количественных данных. По ним можно определить какова была интенсивность галактических космических лучей на шкале времени от 10 тыс. лет назад и до наших дней. Информация о климатических эффектах и солнечной активности на большой шкале прошедшего времени содержится в изотопном составе и ширине годичных колец.

**Объектом** исследования выступает ежегодный радиальный прирост сосны обыкновенной.

**Предметом** исследования являются закономерности влияния гелиоклиматических факторов на прирост ежегодного годичного кольца сосны обыкновенной.

**Цель работы** – изучить влияние гелиоклиматических факторов на радиальный прирост древесины сосны обыкновенной, произрастающей на территории Бекарюковского бора.

Согласно поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Проанализировать солнечные циклы, влияние солнечной радиации на величину ежегодного радиального прироста сосны обыкновенной.
2. Изучить климатические условия исследуемой территории. Ознакомиться и применить на практике методику отбора и обработки древесного керна.
3. Провести анализ связей основных гелиоклиматических показателей (солнечная активность, температура воздуха и количество осадков) с приростом ежегодного годичного кольца сосны обыкновенной.

**Материалом** для написания магистерской работы послужили литературные источники, данные описания Бекарюковского бора, предоставленные ОКУ «Шебекинское лесничество» и материалы собственного исследования.

Основными **методами** исследования в выпускной квалификационной работе являются исторический, сравнительно-аналитический, статистический, анализ данных и др. Эти методы реализованы на основе общенаучного, системного, комплексного подхода к объекту и предмету исследования.

**Практическое значение.** В дальнейшем данные, полученные в результате проведенной работы можно использовать при реконструкции климатических условий прошлого на любой из изучаемых территорий и их прогнозирования; для понимания смен в циркуляции атмосферы; для своевременного предвидения и минимизации отрицательных последствий изменений климата в природных системах и агросистемах.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трёх глав, заключения, 11-ти рисунков (из них 9 графиков), 4-х таблиц, списка используемой литературы и приложения.

## **Глава 1. Годичное кольцо дерева как интегральный показатель солнечной активности и климатических условий территории**

Живая природа Земли может существовать исключительно при наличии света, так как солнечная радиация, достигающая поверхности нашей планеты, является практически единственным источником энергии, который поддерживает тепловой баланс планеты Земля. Он служит для создания органических веществ фототрофными организмами биосферы, что в конечном итоге обеспечивает формирование среды, способной удовлетворить все жизненные потребности существующих живых организмов.

Солнечный свет — экологический показатель, являющийся одним из наиболее важных для обеспечения жизни растений. Он поглощается хлорофиллом, а далее используется при построении первичного органического вещества.

### **1.1. Влияние солнечной радиации на растительность**

Солнце — является единственным источником тепла, который достаточно сильный для оказания значительного влияния на температуру воздуха и подстилающую поверхность Земли [31].

К основным характеристикам света относятся: интенсивность, спектральный состав, а так же его суточная и сезонная динамика.

Световой режим любой территории зависит от множества факторов — географической широты, состояния атмосферы, растительности, сезона и времени суток, солнечной активности, высоты участка земли над уровнем моря и т.д. Именно поэтому разнообразие световых условий на нашей планете так велико: это и такие сильно освещенные территории, как пустыни высокогорья, степи, но и территории, имеющие сумеречное освещение — водные глубины и пещеры. Различные местообитания отличаются не только интенсивностью света, но и его спектральным составом, пространственным и

временным распределением света разной интенсивности, а также продолжительностью освещения и т. д. В связи с этим, наблюдается огромное разнообразие в приспособлении растений к жизни в различных световых режимах.

По своему спектральному составу солнечный свет является неоднородным. В него входят лучи, которые имеют разную длину волн. Из всего спектра для жизни растений важными являются фотосинтетическая активная (380-710 нм) и физиологически активная радиации (300-800 нм).

При этом, самое большое значение имеют красные (600-720 нм) и оранжевые лучи (595-620 нм). Именно эти лучи в основном и поставляют энергию, необходимую для фотосинтеза и влияют на процессы, имеющие связь с изменением скорости развития растения (избыток красной и оранжевой составляющей спектра влияет на переход растения к цветению, а именно задерживает его).

Синие и фиолетовые лучи, имеющие длину волны 380-490 нм, стимулируют образование белков, непосредственно принимают участие в фотосинтезе, и регулируют скорость развития растения. У растений, живущих в условиях короткого дня, эти лучи увеличивают скорость наступления периода цветения.

Ультрафиолетовые лучи с длиной волны 315-380 нм задерживают «вытягивание» растений и стимулируют синтез ряда витаминов, а ультрафиолетовые лучи с длиной волны 280-315 нм повышают морозоустойчивость.

Лишь так называемые желтые (565-595 нм) и зеленые (490-565 нм) спектры не играют большой роли в жизни растений.

Видимый свет необходим всем зеленым растениям для образования хлорофилла, формирования структуры хлоропластов; именно он регулирует работу устьичного аппарата, имеет влияние на транспирацию и газообмен, стимулирует биосинтез нуклеиновых кислот и белков, повышает активность многих светочувствительных ферментов. Также свет влияет на растяжение и деление клеток, все ростовые процессы и на развитие растений, определяет

сроки цветения и созревания плодов, оказывает воздействие на формообразование.

Большое влияние на жизнедеятельность растений имеет соотношение между светлым (длина дня) и темным (длина ночи) периодом суток в течение всего года. Фотопериодизм – это реакция организмов на суточный ритм освещения, которая выражается в изменении процессов их роста и развития. Регулярность и неизменная периодичность этого явления из года в год позволяет организмам согласовывать свои важнейшие жизненные процессы с ритмом временных интервалов на протяжении всей эволюции. Практически все метаболические процессы, связанные с развитием и ростом, жизнедеятельностью и размножением животных и растений находятся под контролем фотопериодизма.

Солнечная активность – это совокупность физических явлений, которые происходят на Солнце. Солнечная активность внешне проявляется в возникновении в атмосфере Солнца характерных образований: вспышек и флоккулов в хромосфере, факелов и солнечных пятен в фотосфере, протуберанцев в солнечной короне. Обычно, все эти явления взаимосвязаны. Области, где в совокупности происходят такие явления, называют центрами солнечной активности. Солнечные пятна – это самое очевидное проявление солнечной активности. Пятна представляют собой темные образования, которые имеют температуру ниже средней температуры поверхности Солнца. Пятна зарождаются в так называемых «королевских широтах» ( $10-30^\circ$  широты по сторонам солнечного экватора). Они представляют собой вихри с расширениями на вершине в форме воронки. Вещество движется снизу вверх, при этом образуя восходящий вихрь. Скорость движения вещества достигает огромных величин, и по мере приближения к вершине вихря газы охлаждаются вследствие их быстрого расширения. Пятна являются вершиной, концом вихря. Конвекционный ток вызывается движением вихря заряженных электрических частиц. Он сопровождается индукционными токами в соседних проводниках. Магнитное поле образуется этим током. Таким образом, пятна явля-

ются колоссальными магнитами, униполярные, биполярные, мультиполярные. Обычно, пятна объединяются в группы, которые однажды возникнув, не изменяют свои координаты и вращаются вместе с Солнцем. Вращение Солнца вокруг своей оси, обеспечивает периодичность воздействия его активной области на Землю. Этот период равняется, примерно, двадцати семи суткам. При этом возникают так называемые рекуррентные возмущения геомагнитного поля.

Солнечная активность проявляется как в изменении количества солнечных пятен, так и в изменении солнечного излучения в коротковолновой части спектра (ультрафиолет и рентген), потоков энергетических частиц (в основном протонов) в солнечных лучах, потока плазмы, выброшенной солнцем и движущейся в межпланетном пространстве («солнечный ветер») и т.п.

Астрономы уже давно наблюдают за пятнами на Солнце. Еще в древности люди замечали интересные процессы, происходящие на Солнце. Например, в китайских летописях имеется запись о наблюдениях за солнечными пятнами еще в 28 году до н.э. Более детальное исследование пятен начали в 1610-1611 гг. одновременно и независимо друг от друга итальянские ученые – Галилей и Шейнер, голландец Фабриций и англичанин Гарриот. Генрих Швабе в Дессау в 1851 году объявил о периодическом изменении в числе пятен. Он установил десятилетний цикл в поведении солнечных пятен наблюдая за ними с 1826 по 1843 гг. Рудольф Вольф в XIX веке систематизировал наблюдения за солнечными пятнами за 250 лет. Он стал первым, кто построил непрерывный временной ряд относительных чисел с 1700-1847 гг. Он же и обосновал период в 11 лет и определил минимум и максимум солнцедейтельности (11-летний цикл – среднеарифметический, длина цикла варьирует от 8,5 до 14 лет между соседними минимумами и от 7,3 до 17 лет между соседними максимумами [19]).

Относительные числа – числа Вольфа ( $W$ ) – характеризуют солнечную активность. Они определяются для каждого дня наблюдения:

$$W = K \cdot (10 \cdot g + F), \quad (1.1)$$



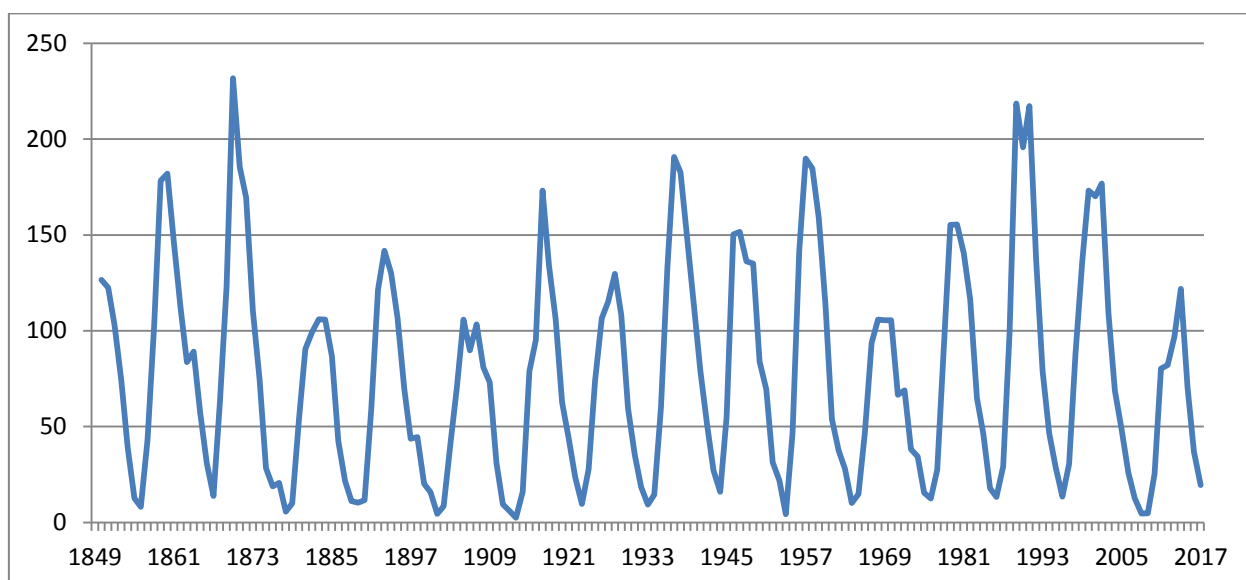
где  $K$  – коэффициент, зависящий от наблюдателя и инструмента наблюдения;

$g$  – число наблюдений групп и отдельных пятен в определенный момент времени;

$F$  – полное число пятен, подсчитанных в этих группах и отдельно.

Начиная с 1700 г. ведется постоянный и непрерывно пополняющийся временной ряд среднегодовых чисел Вольфа, а среднемесячных – с 1749 г.

О характере многолетних колебаний режима солнечной активности Первое представление дает график значений  $W$  (рис. 1.1).



*Рис. 1.1.* Изменение числа солнечных пятен Вольфа ( $W$ ) за последние три столетия [47]

Стоит сказать, что на крупные гребни волн активности накладываются на более мелкие – двух-, трех-, четырех- и шестилетние волны. Отчетливо просматриваются более или менее одинаковые колебания активности Солнца, которые различаются по амплитуде и продолжительности. Их принято называть квазипериодические.

Все солнечные циклы имеют свой номер. Первым считается цикл от минимума 1755 г. до минимума 1766 г.

Годы, в которые числа Вольфа имеют максимальную величину, называют эпохами максимума, а минимальную – минимума 11-летнего цикла солнечной активности. Интервал времени от эпохи минимума до эпохи максимума называется ветвь роста. Ветвь спада 11-летнего цикла – эпоха максимума до эпохи следующего минимума [17].

Смена магнитной полярности групп солнечных пятен всегда происходит в эпоху минимума. Поэтому, количественный период равен одиннадцати годам, а полный магнитный период составляет двадцать два года (четная и нечетна пара). В настоящее время наблюдается 24-й цикл, который начался в 2009 г. Он имеет продолжительную полярность.

Из известных вековых минимумов первый наблюдался в 1711-1712 гг. Затем следуют два максимальных 11-летних цикла: 1775-1784 и 1784-1798 гг. По Цюрихской нумерации они являются третьим и четвертым соответственно. Затем начался минимум, который состоял из 2 циклов: пятый – 1798-1810 и шестой 1810-1823 гг. Далее последовали максимум (восьмой цикл – 1837 г.), потом незначительный минимум и, наконец, наступил снова максимум (одиннадцатый цикл – 1870 г.). Оба максимума при этом равны по своей величине и являются сравнительно не высокими. За этим последовали три минимальных цикла – двенадцатый, тринадцатый и четырнадцатый. Ветви спада солнечной активности значительно длиннее ветвей роста, как и в пределах 11-летнего цикла. Следующим значимым является девятнадцатый цикл (1957 г.), он был максимальный и по своему значению за весь цикл наблюдений ( $W = 190$ ). Следующий цикл был минимальный – это двадцатый цикл. В двадцать первом (1979 г.) и двадцать втором (1989 г.) циклах отмечены значительные максимальные величины – соответственно 155 и 158. В 1997 г., двадцать третий цикл, отмечен значительным спадом активности Солнца ( $W = 127,7$ ). Тоже самое происходит и в двадцать четвертом цикле (2009 г.) (81,9).

Механизм физического воздействия активности Солнца на все процессы, включая климат Земли, очень сложен и не раскрыт до настоящего времени.

Вначале на внешнюю границу атмосферы, планетарного геокомплекса, обрушивается ливень солнечного излучения. Он обладает колоссальной энергией, переоценить значение которой невозможно. Только представьте себе, что около сотни миллиардов килокалорий в год приходится на всю поверхность атмосферы. Все человечество вырабатывает ничтожное количество энергии, по сравнению с энергией Солнца. Например, территория площадью 20-28 км<sup>2</sup> получает такое же количество солнечной энергии, какое вырабатывается за год от сжигания различного топлива всем человечеством. Надо учесть, что при этом, не вся энергия Солнца достигает поверхности нашей планеты.

Но с 1978 года интенсивность солнечного излучения значительно снизилась. Современные измерения, позволяющие провести исследования с точностью до 0,005%, позволили показать, что интенсивность снижается в год на 0,016% [19].

Некоторые астрономы выражают мнение, что размеры Солнца увеличиваются за десять лет приблизительно на сто километров. Вследствие этого и происходит снижение интенсивности излучения нашего светила. Нельзя исключить, что это является следствием циклической деятельности Солнца. Существуют и другие циклы с большей периодичностью, а не только рассмотренные ранее циклы длительностью 11 лет и 22 года.

Большое влияние на климат Земли оказывают процессы трансформации энергии, обладающие такими масштабными значениями. «Великим посредником» при этом является атмосфера нашей планеты.

А.Л. Чижевский (1924 г.) был первым, кто исследовал взаимодействие земных (исторических) и космических (солнечных) циклов. Он провел статистическое исследование значимых исторических событий за длительный временной период с 500 г. до н.э. по 1914 г., что натолкнуло на следующие выводы: на ветви роста активности Солнца количество крупных исторических событий, протекающих одновременно, увеличивается и достигает значительного числа в эпоху максимума солнечной активности, и наоборот.

Также он отмечал солнечные циклы большей длительности и предсказывал крупные события истории, которые могут изменить вид географической карты. А.Л. Чижевский в другом своем труде (1976 г.) [51] – исследовал и описал, как влияют солнечные циклы на климатические циклы распространение эпидемий, смертность и др. По настоящее время это является единственной и наиболее полной сводкой данных в мировой научной литературе по гелиобиологии. В своей книге А. Л. Чижевский описывает совпадения частоты бурь на озере Байкал, повышения уровня воды в Ладожском озере, озере Виктория и Каспийском море, максимумов циклонов в Индийском океане, частоты полярных сияний, интенсивности магнитных бурь и т.д. с максимумами деятельности Солнца, посредством графиков.

Чередование толщины годичного слоя (годичных колец) деревьев является самым наглядным проявлением влияния Космоса на жизнь растений Земли. Характер атмосферной циркуляции в наибольшей степени обуславливает динамику прироста годичных колец деревьев. Циркуляция атмосферы зависит от условий в космическом пространстве, а конкретно солнечной активности, как в пределах цикла одиннадцати лет активности Солнца, так и в вековом и 1800-летнем цикле.

Основателем новой науки – дендрохронологии считается А. Дуглас (XVII век). Он выбирал долгоживущие деревья, что и давало ему возможность проследить влияние активности Солнца на годичных колец деревьев в течение многих десятков лет, веков и даже тысячелетий. Первым, что заметил Дуглас в своих исследованиях, было то обстоятельство, что на срезах секвойи, достигавших возраста примерно 3200 лет и имеющих тысячи годичных колец, как правило, чередуются годичные кольца большой толщины (быстрого роста) и тонких годичных колец (медленного роста) [12]. Его исследования показали, что при максимальной активности Солнца растения развиваются медленнее, и наоборот. Но при этом не надо забывать то, что развитие растений зависит не только от этого, но еще и от типа данного леса и его увлажненности, а также и от температуры во время вегетационного пе-

риода. Тем не менее, несмотря на все критерии, приведенные ранее, во всех изменениях годовых колец различных пород деревьев выявляется определенная зависимость их от солнечной активности.

Ф. Н. Шведов в своем труде «Дерево как летопись засух» (1892 г.) доказал, что по срезу дерева можно определить не только периоды засух, но и многие другие комплексные процессы, как в земной гидросфере и атмосфере, но и также в биосфере [52]. На рост деревьев влияют не только внешние (климатические условия, характер местности), но и внутренние (биологические особенности) факторы. Но изменения толщины годовых слоев практически всегда тесно связаны с изменением активности Солнца. Стоит отметить, что максимальный радиальный прирост в пределах 11-летнего цикла солнечной активности отмечается уже через один год после максимума солнечной активности.

Уже при более детальном изучении годового кольца дерева выявлено, что прирост годового слоя наблюдается не только один раз за 11 лет при максимуме солнечной активности, но также и на ветви спада солнечной активности. Во втором случае прирост толщины годового слоя меньше, чем в первом. Парадокса в этом не наблюдается. Активность Солнца определяется величиной чисел Вольфа, которые, в свою очередь, напрямую зависят от числа солнечных пятен. На рост и развитие растений оказывает непосредственное влияние характер атмосферной циркуляции, а точнее – климатические условия конкретно взятого года в особенности его вегетационного периода, влияние предшествующих лет и т.д. А число солнечных пятен и число их групп на развитие растений влияния не имеет. Солнечная энергия, которая переносится потоками заряженных частиц в верхнюю атмосферу Земли от Солнца оказывает воздействие на характер атмосферной циркуляции [22]. Определение солнечной активности величиной этой энергии, а не числами Вольфа, дает лучшее соответствие. Это происходит за тот счет, что определено, таким образом, солнечная активность имела бы в продолжении одиннадцати лет два максимума вместо одного. На ветви спада солнечной актив-

ности пришелся бы второй, меньший максимум. Числа Вольфа ( $W$ ) второй максимум не показывают, при этом достаточно хорошо описывают большой, первый максимум. Солнечная энергия переносится заряженными частицами, которые никак не связаны с солнечными пятнами. Это происходит на ветви спада солнечной активности. Поэтому становится возможной ситуация, при которой солнечная энергия, переносимая заряженными частицами к Земле от Солнца, предельно велика, а солнечная активность, при этом минимальна.

Исследование срезов деревьев позволило установить наряду с наличием 11-летнего цикла (с двумя максимумами) и 22-летний цикл, который четко выделяется и является наиболее устойчивым. Так же он представляет собой главный и по физической сути единственный цикл в солнечной активности. Существование «векового» цикла (80-90 лет) установлено посредством анализа динамики ширины годичных колец деревьев [20]. Отдельные проявления 11-летних циклов и их мощность меняются в этих циклах. Регулярное изменение асимметрии расположения активных образований на обоих полушариях (северном и южном) представляют важную особенность вековых циклов. Цикл, близкий к 180 годам, состоящий из двух полуциклов неравной длительности примерно равных 70-80 и 100-110 годам, получается в результате удвоения векового цикла. Период удвоенного векового цикла, главным образом, обусловлен характерными особенностями в изменении взаиморасположения больших планет, а именно, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна – и равняется 178,77 годам. Размах колебания (амплитуда) вековых циклов меняется от одного цикла к другому. Период таких колебаний составляет приблизительно 600 лет. Таким образом, проявляется в росте и развитии растений 600-летний цикл активности Солнца. Необходимо правильно представлять, что короткие циклы входят в состав более длинных циклов. Так на вековые колебания накладываются максимумы (гребни) 600-летнего цикла. Результат такого наложения зависит от их соотношения. В связи с этим, является ошибочным предположение, что процессы в природе идут по жесткому кругу с определенным периодом. Все процессы в различных циклах одина-

ковой длительности имеют свои особенности, они ни в коем случае не повторяются полностью. Неизменной остается цикличность всех процессов. Она проявляется как в изменении толщины годовых слоев деревьев, так и в атмосферной циркуляции, а, следовательно, и в осадочных отложениях в озерах и уровня воды в морях, озерах, реках и т.д.

Что касается причин, то их множество. В первую очередь – влияние условий Космоса на развитие флоры делится на две группы: прямое и опосредствованное. Влияние, при котором космический фактор (к примеру, лучистая энергия Солнца) действует непосредственно на клетки растений, называется прямым. При этом растения переводят энергию волнового излучения Солнца непосредственно в химическую энергию органических веществ. Другим примером прямого влияния космических условий служит влияние электромагнитных волн на флору и фауну.

Опосредованное влияние космических факторов на биосферу Земли доказано многолетними комплексными исследованиями. Они существуют наряду с прямыми воздействиями.

Ультрафиолетовое, гамма-излучение и корпускулярное излучение, содержащие в себе энергию высокой концентрации, задерживаются верхними слоями атмосферы (озоновым экраном и другими образованиями) и магнитосферой. Но эти излучения вызывают существенные изменения, инициирующие магнитные бури, а также другие явления, которые имеют значительное влияние на биосферу нашей планеты.

На развитие растений влияет изменение климата, что само по себе является результатом изменения атмосферной циркуляции из-за различных космических факторов. Мы с моим научным руководителем исследуем только лишь конечный результат воздействия в комплексе внешних причин на древесное растение, а именно прирост годового кольца сосны обыкновенной. А ведь изменения атмосферной циркуляции в районах с разными природными условиями ведет к изменению климатических условий (колебание температуры, количество выпавших осадков) [21]. Различие результатов в

виде толщины годовых колец, обеспечивается влиянием условий развития деревьев на его прирост. Ранее было установлено, что на более низких уровнях (в долинах) ширина годовых колец деревьев зависит от увлажненности, а в районах высоко расположенных над уровнем моря главным образом она зависит от температуры в период вегетации [50]. На примере среднеазиатского можжевельника-арчи можно увидеть, что в горах в сезон жары у него возникают годовые кольца наибольшего размера, что говорит об ускоренном развитии растения. В тоже время у можжевельника, произрастающего в долинах, рост замедляется, годовые кольца получаются тонкими. Необходимо представлять, что развитие напрямую зависит и от местообитания растения. Стоит отметить, что, не смотря все это, определенная зависимость от солнечной активности (через воздействие на атмосферу) выявляется во всех изменениях годовых слоев различных деревьев.

О наиболее убедительной из всех ранее установленных связей сообщила Карин Лабичке из Открытого университета в Берлине в 1987 году. Ею было выявлено то обстоятельство, что в течение последних 40 лет (если принимать во внимание изменение направления ветров в стратосфере, которое происходит примерно каждые два года) оттепели зимой в Западной Европе и США наглядно коррелируют с солнечным циклом. Обнаруженное соответствие прошло многочисленные статистические проверки и объяснило неожиданно мягкую зиму 1988-89 гг. в Западной Европе и Англии.

Хаос, который наблюдается при попытке анализировать годы без разделения на квазидвухлетние вариации, получается в результате компенсации прямой зависимости метеопараметров (например, температура в атмосфере на уровне двадцати четырех километров) с солнечной активностью в годы с западной циркуляцией с обратной зависимостью – в годы с восточной циркуляцией. Учитывая это мнение, имеются географические области, где эти связи проявляются лучше всего. В этих областях коэффициент корреляции индекса солнечной активности с погодными параметрами равен 0,9.



Исследования Г.С. Иванова-Холодного, О. В. Олейника, В.Е. Чертопрада (2002) [25], А.В. Бялко, А.Т. Гамбурцева (2002) [14] подтверждают наличие квазидвухлетних погодных осцилляций. Отчетливо проявляется период, приблизительно равный двум годам, при спектрально-временном анализе температурных рядов с 1880 г. для всех широтных поясов. Их можно рассматривать как проявление второй гармоники годичного сезонного цикла. Он ярко выражается в конце анализируемого периода. Причиной этого является следующее: в последние годы XX века быстро растущая средняя температура и увеличивающийся в размерах размах флуктуации при гармоническом анализе формально сказывается на усилении второй гармоники сезонных изменений.

При анализе с учетом квазидвухлетних погодных осцилляций достигаются более точные результаты оценки влияния климата на прирост годичного слоя. В результате коэффициент корреляции отдельно взятых климатических параметров с нормированными значениями ежегодного радиального прироста увеличился с 0,3-0,4 до 0,7. Как итог, следует подтверждение наличия и влияния квазидвухлетних погодных осцилляций на образование и формирование ширины годичного кольца.

Таким образом, установлено, что существует прямая связь между сдвигом максимума прироста от максимума солнечной активности 1 год с солнечной активностью (в пределах 11-летнего цикла) и величиной радиального прироста. Одиннадцатилетняя цикличность так же достаточно сильно проявляется в динамике прироста древостоев в Центрально-Черноземном районе [39]. Довольно часто обнаруживаются циклы: 2-3-, 4-6-, 22-, 80-90- и 180-летние. Установлено соответствие между двумя максимумами истинной солнечной активности (в 11-летнем цикле) и двумя максимумами в толщине годовых колец деревьев. Эта зависимость является настолько неизменной и стабильной, что существует возможность ее использования и «наоборот», а именно определить величину активности Солнца можно по характеру прироста годичных слоев деревьев.

XX век можно разделить на 3 фазы векового цикла солнечной активности:

Первая фаза – ветвь роста векового цикла, в которой выделяются следующие минимумы – 1913, 1923, 1933 гг.;

Вторая фаза представляет собой эпоху максимума векового цикла – 1944, 1954, 1964 гг.;

Третья фаза представлена ветвью спада векового цикла – 1976, 1986, 1996 гг.

По результатам анализа 11-летней и 80-90-летней цикличности С.М. Матвеев [37] делает прогноз солнечной активности. В его труде сказано, что ближайший максимум векового цикла (по 11-летним максимумам) скорее всего, будет приблизительно в 2045-2050 гг.

## **1.2. Годовое кольцо дерева**

Годичные кольца, также годовые кольца, годовые слои [13] – области цикличного прироста тканей у некоторых видов растений, грибов и животных, обусловленных неравномерностью развития организма.

Каждый год при росте дерева образуется наружный слой древесины в виде кольца. Такое образование называют годичным кольцом. Если сосчитать их число, то можно точно узнать возраст дерева. Однако, стоит отметить, что не у всех деревьев бывают годичные кольца, и не всегда они появляются в течение года.

Каждое кольцо дерева состоит из двух частей:

- 1) внутренняя часть кольца, она светлая и рыхлая,
- 2) наружная часть, она более темная и плотная, чем предыдущая часть.

Внутренняя часть годичного кольца (рыхлая и светлая) образуется весной и летом, а наружная (плотная и темная) – осенью. Схожий вид годичных колец деревьев характерен только для средней полосы. Зимой на терри-

тории нашей области климат не позволяет деревьям расти, и именно поэтому они имеют неоднородную структуру [16].

Ткань, которая располагается в стволе дерева между древесиной и корой является особым материалом. Эта ткань получила название «камбий». Она состоит из живых клеток, которые способны к делению, а также росту. Эта ткань образует вокруг внешней окружности древесины очень тонкое кольцо размером менее миллиметра, которое можно увидеть лишь с помощью увеличительных приборов [13].

Клетки камбия имеют двойное назначение. При делении они способны образовывать как древесинные клетки, так и клетки коры. Клетки, выработанные камбием, имеют различные свойства. Для движения различных питательных веществ необходимых для роста, а также сока деревьев, создаются специальные клетки, из которых сложена проводящая ткань. В процессе образования коры дерева вырабатываются механические ткани, придающие крепость стволу.

Годичные кольца дерева образуются в результате неравномерного деления клеток камбия.

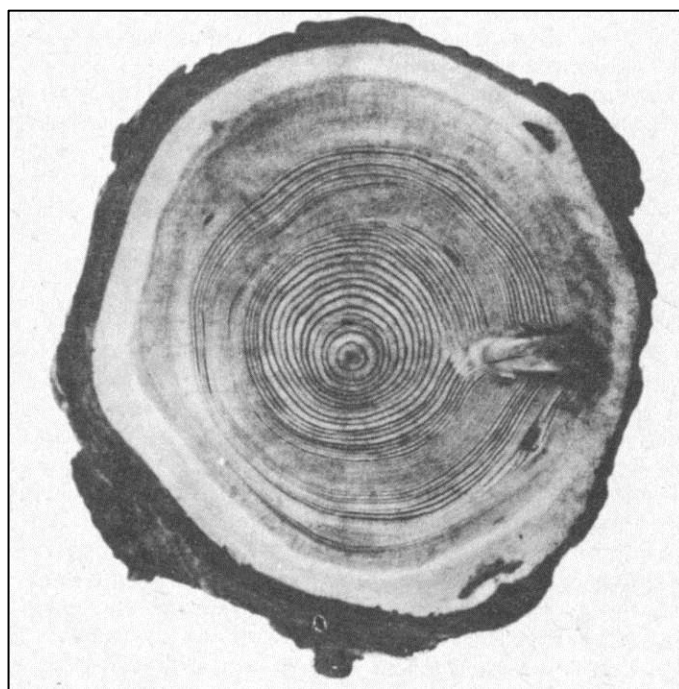
Далее будет изложен процесс образования клеток проводящей и механической ткани.

В весенний период бурного развития любому дереву необходима ускоренная передача питательных веществ и воды от корней к ветвям, которые они впитывают из почвы. Для данного процесса жизненно необходим камбий. Камбий образует множество клеток для построения проводящей ткани, которая состоит из широкопросветных сосудов. Через них необходимо будет пропустить большое количество необходимых соков. Нарождающаяся древесина создает внутреннюю, весеннюю часть годичного кольца [13].

В осенний период уже наблюдается обратный процесс – замедление роста. В данный момент формируются узкопросветные сосуды с утолщенными стенками, именно они придают прочность стволу дерева. У механической ткани полости клеток значительно меньше, чем у проводящей, при этом

они обладают более утолщенными стенками. Наружная часть годичного кольца дерева, располагающаяся снаружи и уплотненная, как раз и состоит из этих клеток. Данный процесс циклический – на следующий год все повторяется: весной камбий образует клетки для проводящей ткани, а к концу года – для механической [48].

Таким образом, не составляет труда определить границу между древесиной двух смежных (ближайших) лет. Этой границей следует считать линию соприкосновения клеток, отложенных осенью предыдущего года, с клетками, которые образуются весной следующего года (рис. 1.2). На срезе дерева сосны обыкновенной разделение слоев видно невооруженным глазом. Границы между близкими годичными слоями древесины, чаще всего, изучают с помощью приборного комплекса



*Рис. 1.2.* Срез сосны обыкновенной [53]

Ядро (ядровая древесина – название развивающейся у многих видов деревьев физиологически не активной зоны в центре сечения ствола, обычно более темного цвета, чем внешняя часть, более светлая заболонь [11]) сосны ясно отличимо по цвету от заболони (заболонь – наружные молодые, физио-

логически активные слои древесины стволов, ветвей и корней [11]), в противоположность ели и пихте. Заболонь в ширину достигает от 2 до 10 сантиметров и имеет желтовато- или красновато-белый цвет, в то время как ядровая древесина на свежем срезе красновато-жёлтая и темнеет со временем до красновато-коричневого или красно-коричневого. Годичные кольца ствола сосны легко отделимы одно от другого, их ширина примерно около 3 мм, причём она может меняться в зависимости от места произрастания дерева (от 1 мм практически до 10 мм). Поздняя древесина имеет более темный окрас с красно-коричневым оттенком, в отличие от молодой древесины. Наряду с этим, ствол сосны обыкновенной имеет сильно выраженные смоляные каналы, чем у лиственницы или ели [33]. Данные каналы четко видны на спиле ствола дерева.

### **1.3. Оценка климатических условий с помощью различных показателей продукционных процессов**

Для произрастания древесной растительности можно считать достаточно благоприятными климатические условия лесостепной зоны, но нестабильный характер увлажнения, который является типичным для этой зоны, может отрицательно влиять на растительность. Засухи и суховеи оказывают наиболее пагубное влияние на величину радиального прироста многолетних древесных растений, а также на урожай однолетних сельскохозяйственных культур.

До настоящего момента остается менее изученной связь величины радиального прироста с внутренними факторами, нежели с внешними. В своей работе «Принципы систематики древесины» (1948 г.) А. А. Яценко-Хмелевский [54] представил наиболее обширный обзор литературы по данному вопросу, начиная изучение с работ Леонардо да Винчи, Монтеня и до трудов современников. Позднее изучением данного вопроса занимались многие дендрохронологи – Т.Т. Битвинскас (1974 г.) [9], Н.В. Ловелиус (1979 г.) [35] и другие. В их трудах более обстоятельно раскрыто влияние внешних

экологических факторов на развитие и динамику радиального прироста многолетней древесной растительности. В более позднее время, учитывая современные данные и с новых позиций, исследованием зависимости от факторов внешних воздействий на величину радиального прироста, в частности ширины ранней и поздней древесины и так же растительной продукции, занимались такие ученые, как И.В. Свидерская (1999 г.) [46], Л.Б. Лазуренко (2002 г.) [34] и другие.

Систематизируя и обобщая результаты выше упомянутых исследований, легко сделать следующий вывод – прирост толщины годичного слоя деревьев весьма изменчив по годам, и напрямую зависит как от многих внешних, так и внутренних факторов. Тем не менее, эта проблема остается не до конца изученной и оценка влияния всех факторов на ежегодный радиальный прирост древесины нуждается в дальнейших исследованиях.

На протяжении длительного времени ученые-дендроклиматологи проводили ряд исследований, направленных на выявление зависимости от отдельных климатических условий величины прироста годичного кольца деревьев. Благодаря современным исследованиям, по характеристикам годичных колец были разработаны методы реконструкции многих свойств и параметров окружающей среды и климата [40]. Бриффа и Виглей (1985 г.) [2], установили наиболее значимые корреляционные связи ширины годичных колец с дефицитом влагозапаса почвы. Бриффа и др. (1983 г.) [1], а так же Блассинг и Дувик (1984 г.) [10] доказали влияние годовой суммы осадков на ежегодный радиальный прирост древесины. Связь температуры воздуха (лета, зимы, периода вегетации и т.п.) с приростом годичного слоя была изучена Джоелем (1984 г.) [5] и Ковалевым и др. (1985 г.) [28], а с прочими метеоданными – Ковалевым и др. (1984 г.) [27]. При этом следует помнить, что от биологических особенностей породы, лесоводственных характеристик древостоя, географических условий и так далее зависит интенсивность воздействия различных климатических факторов на ширину годичных колец.

Дендроклиматологи Норвегии проследили влияние температуры на величину ежегодного радиального прироста. Эту зависимость изучал А. Ординг (1941 г.) на примере сосны и ели, произраставших вблизи Осло [6]. Он определил, что в годы с теплым летом радиальный прирост обеих пород увеличивается. Особенно это заметно на примере сосны, нежели ели. Теплое лето оказывает более сильное влияние на ежегодный радиальный прирост сосны, и она лучше реагирует на более высокую температуру в весенний период. Устойчивая связь между ежегодным приростом годичных колец деревьев и летними температурами была также выявлена Р. Эйдемом [3].

И.Г. Кищенко (1988 г.), изучая линейный и радиальный приросты сосны в условиях Карелии, получил аналогичные результаты [26]. Он отметил, что характер и количество атмосферных осадков оказывает меньшее влияние на радиальный прирост сосны, чем температурный режим воздуха и почвы.

Ткаченко (1952 г.) и Фритц (1976 г.) на основе своих изысканий сделали вывод о том, что метеорологические условия предшествующего года оказывают непосредственное влияние на величину ежегодного прироста годичного кольца [4], [49].

А.А. Молчановым (1970 г.) было изучено влияние условий произрастания на величину радиального прироста [41]. В лесах, произрастающих на территории с избыточным увлажнением, при длительных засухах ежегодный прирост годичных колец деревьев будет увеличиваться, а в лесных массивах с нормальным и недостаточным увлажнением, наоборот, уменьшаться. А.А. Молчанов, проводя анализ причин, вызывающих изменения ширины годичных колец, сделал заключение, что большинство этих причин вызвано изменением условий температуры и влажности в местах произрастания древостоя, этим самым доказываемая прямая зависимость от погодных условий года ширины годичного кольца.

В своем труде «Прирост древесины сосны в связи с условиями обитания и изменениями погоды» ученые В.Е. Вихров и Р.Т. Протасевич (1965 г.)

описывают, как влияют ценоотические условия произрастания сосны на годичный прирост при одинаковых изменениях погоды [18]. В багульниково-сфагновом сосняке большое количество осадков задерживает прирост, а высокие температуры воздуха и небольшое количество осадков увеличивают его. В сосняке вересково-лишайниковом все происходит наоборот: большое количество осадков оказывает положительное влияние на радиальный прирост древесины. Наряду с этим авторы отмечают наличие большего влияния оказываемого температурным режимом на прирост сосны по радиусу в переувлажненных местах. При этом на сухой песчаной почве большее влияние оказывает количество выпавших осадков в вегетационный период. Другими словами, по годичному приросту сосны обыкновенной в зависимости от условий произрастания можно судить о динамике температурных условий и осадков.

Исследованиями ученых-дендроклиматологов Б.А. Колчиным и Н.Б. Черных (1977 г.) было установлено, что в районах южного предела произрастания деревьев динамика годичного прироста в основном зависит от режима увлажнения, а в полярном пределе произрастания более сильное влияние оказывает температурный режим (изменение температуры) [30]. Результаты проведенного анализа являются свидетельством того, что в многолетнем режиме условия лесостепи представляют собой благоприятные условия для роста растений, в связи с этим, ежегодный прирост годичного кольца деревьев отражает интегрированное воздействие влажности и температуры. Все это позволяет выделить стадии неблагоприятных и благоприятных экологических периодов [11].

Для исследования биоклиматических особенностей местности более приемлемо использовать интегральные показатели увлажнения и температуры для выявления зависимости величины прироста годичных колец от этих показателей климата. Применяются на практике различные коэффициенты гумидности и аридности климата, авторами которых являются П. И. Колосков, Г.Т. Селянинов, С.А. Сапожникова, Д.И. Шашко, В.А. Сенников, А.П.



Сляднев, Л. Горчинский, С.П. Хромов, Г.Н. Высоцкий, Н.Н. Иванов, М.И. Будыко, и др. Рассмотрим основные из них.

Косвенными показателями влагообеспеченности являются различные коэффициенты, которые представляют собой, в основном, соотношение ресурсов влаги (т.е. осадков, влажности почвы и др.) и возможного ее расхода (испаряемость или характеризующий ее фактор).

К данным показателям, разработанным в разные годы, относятся: гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова и др., а так же показатели увлажнения Д. И. Шашко, П. И. Колоскова, С. А. Сапожниковой, А. П. Сляднева и В.А. Сенникова, где были использованы такие показатели как осадки, зимне-весенние осадки, атмосферное увлажнение, дефицит влажности воздуха, средний суточный дефицит упругости водяного пара, запасы почвенной влаги в начале весны в метровом слое почвы и сумма температур.

Перечисленные далее показатели можно отнести к группе косвенных показателей теплообеспеченности.

Индексы континентальности Л. Горчинского и С.П. Хромова, косвенно отражающие размер радиационного баланса, рассчитываются на основе годовой амплитуды температуры воздуха и географической широты населенного пункта.

Годовая сумма осадков и величина испаряемости за этот же период применяется в расчете индекса Г.Н. Высоцкого и коэффициента увлажнения Н.Н. Иванова.

М.И. Будыко в своей формуле радиационного индекса сухости использовал годовой радиационный баланс подстилающей поверхности и сумму тепла, необходимого для испарения количества осадков за год на той же территории.

Гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова (ГТК), чаще всего используемый в качестве комплексной характеристики климатических условий в дендрохронологии, определяется по следующей формуле:

$$\text{ГТК} = \frac{10 \cdot P}{\sum t}, \quad (1.2)$$

где  $P$  – сумма осадков в миллиметрах за период с температурами выше  $+10\text{ }^\circ\text{C}$ ;

$\sum t$  – сумма температур в градусах за это же время,  $^\circ\text{C}$ .

ГТК характеризует увлажненность территории, используемой в агроклиматических оценках для сельскохозяйственных, чаще всего, однолетних культур, как и вышеперечисленные показатели.

Анализ формулы (1.2) свидетельствует о том, что ГТК является величиной, способной помочь осуществить попытку в оценке комплексного воздействия температуры и осадков за вегетационный период года.

Для того, чтобы вычислить индекс прироста древесины используют следующую формулу, составленную Д.Е. Румянцевым [45]:

$$I_t = \frac{wt}{w(j+5)}, \quad (1.3)$$

где  $I$  – индекс прироста древесины;

$wt$  – фактическая ширина годичного кольца дерева, мм;

$w(j+5)$  – скользящее сглаживание с 5-летним периодом.

При расчете скользящего сглаживания для 5 лет необходимо: сумму толщины 5 годичных колец разделить на 5. Это является средней нормой для 6 года. Затем толщина 2-го годичного кольца суммируется с последующими 4-мя и вновь делится на 5 и т.д.

## **Глава 2. Объект и метод исследования**

Объекты для данного исследования были отобраны на территории Бекарюковского бора (Центральная климатическая область и лесостепная ландшафтная зона Центрально-Черноземного района). Часть образцов (4 керна) сосны обыкновенной были отобраны на возвышенности, а другая часть (12 кернов) – в низине. Это было сделано для того, чтобы определить, какое влияние оказывают солнечная активность, осадки и температура на деревья, произрастающие на вершине склона и в его нижней части.

Средний возраст сосен на вершине склона составляет 195 лет, а в низине – 118 лет.

### **2.1. Пространственный анализ климатических условий исследуемой территории**

Государственный природный заказник Бекарюковский бор (другое название – Мало-Михайловский бор) – был основан в 1995 году. Он располагается неподалеку от села Маломихайловка (дореволюционное название – Бекарюковка) в Шебекинском районе Белгородской области. В настоящий момент площадь заказника равняется 66 га. Бекарюковский бор – один из самых сохранившихся лесных массивов меловой сосны в мире.

По физико-географическому районированию территории области участок бора находится в подзоне типичной лесостепи в Осколо-Северскодонецком природном территориальном комплексе (ПТК). На заповедном участке амплитуда высот достигает более 97 м. Плоские участки составляют примерно 45 % от всей территории Бекарюковского бора. Чуть более 15 % территории занимают склоны средней крутизны, крутые, а также очень крутые (крутизной более 8°). Серии цирковидных многовершинных балок являются характерной чертой рельефа борзаказника. Это в сочетании с

повышенной крутизной склонов приводит к тому, что на поверхность выходят коренные меловые породы. Таким образом, условия формирования почв на обширной части участка заказника резко отличаются от зональных.

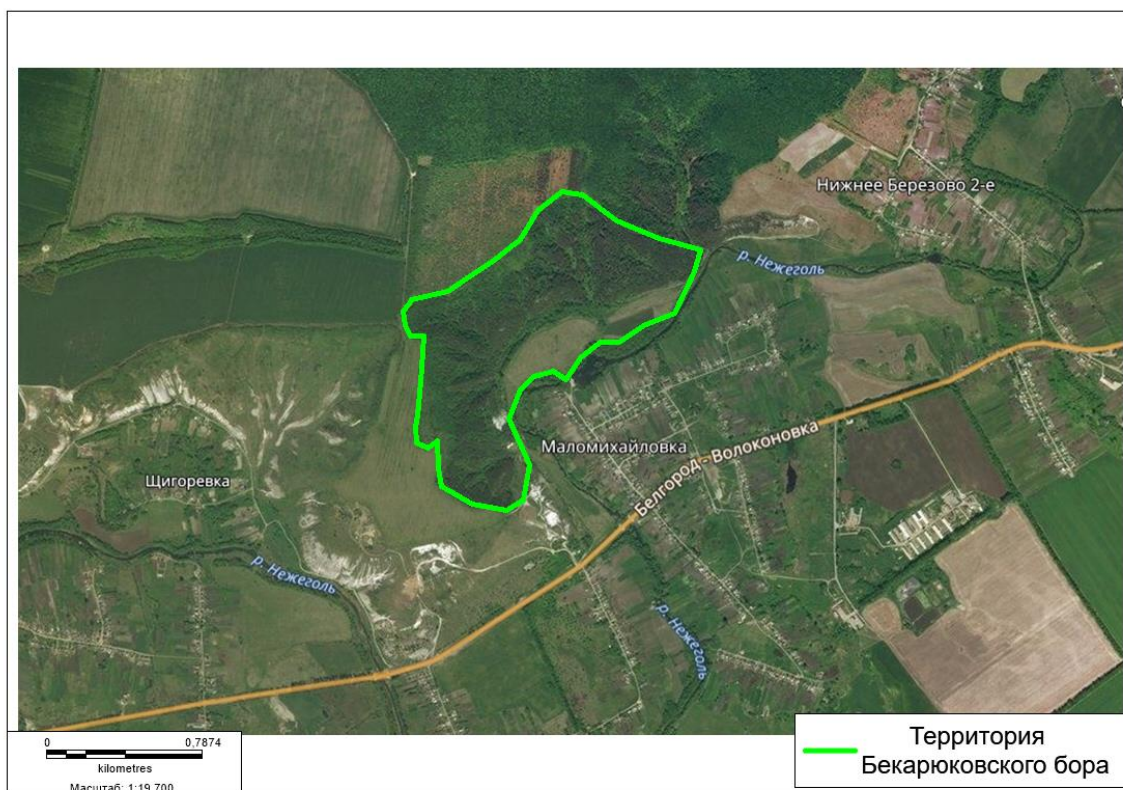


Рис. 2.1. Схема-расположение Бекарюковского бора

Территория Бекарюковского бора расположена в зоне умеренного климата. На особенности климата влияют такие факторы, как циркуляция воздушных масс, количество солнечной радиации и сильная удаленность территории от морей и океанов.

Солнечной радиации, поступающей на район Бекарюковского бора, достаточно для того, чтобы зимой температура воздуха, в основном, была отрицательная, а летом – положительная. Средняя температура в январе приблизительно равна  $-8^{\circ}\text{C}$ , июля  $+19,5^{\circ}\text{C}$ .

На территории Бекарюковского бора выпадение атмосферных осадков в среднем колеблется от 550-570 мм. Влага по сезонам распределяется не равномерно. Около 40 % всех осадков за год приходится на летний период.

На территории Бекарюковского бора встречаются ареалы следующих почв [42]:

1) светло-серая лесная высококовскипающая маломощная среднесуглинистая на лессовидных суглинках – на плакорном участке и приплакорных склонах;

2) серая лесная высококовскипающая среднемощная среднесуглинистая на лессовидных суглинках – отмечена на плакорном участке и приплакорных склонах;

3) темно-серая лесная контактно-луговая со вторым гумусовым горизонтом среднемощная супесчаная на песке – встречается на вершинах останцовых холмов, отмечающих границу коренного берега р. Нежеголь;

4) неполноразвитая лесная сильноосмытая среднесуглинистая на щебнистом элювии мела – тянется по крутым и очень крутым меловым склонам;

5) дерново-намытая маломощная гумусированная остаточнокarbonатная тяжелосуглинистая на карбонатном наносе – залегает по днищам балок и образует шлейф у подножия крутого коренного берега;

6) аллювиальная луговая карбонатная среднесуглинистая на аллювиальных отложениях – отмечена на пойме реки.

Свое название бор получил по фамилии помещика, следившего за этой территорией. В ботанической литературе данный участок известен начиная с 1819 года. В это время профессор И.О. Калениченко обнаружил здесь новый вид – волчегодник Софии, который кроме этих мест встречается только кое-где в сосновых борах Алтая.

Бекарюковский бор, также известный как Мало-Михайловский бор, является местом расположения одного из самых больших массивов меловой сосны в России, сохранившихся в первозданном виде. Меловая сосна уже много лет является охраняемым растением и занесена в Красную книгу РФ и аналогичные сборники других стран, и поэтому сохранение этого вида просто невероятно важно для государства [12]. Но и чисто с эстетической точки зрения величие этих сосен поражает воображение. Цепляясь корнями за

склоны реки Нежеголь, исполинские сосны тянутся своими ветвями к самому небу. Это уникальное дерево, которое имеет способность расти на участке земли практически без перегноя лишь на одном мелу и песке, и в настоящее время, увы, практически никем не защищается.

Ледниковые периоды не затронули данный район земли, поэтому здесь древние деревья продолжали расти. Диаметр кроны сосны может достигать от 0,5-1,2 метров, а средняя высота – составляет 22 метра. На данном участке преобладают низкоствольные дубравы и насаждения сосны обыкновенной. Выделы сосны меловой относятся к генетическим резерватам. Возраст некоторых деревьев достигает двести и более лет. Всего к генетическим резерватам отнесено приблизительно 100 га. [32]

На территории Бекарюковского бора наблюдается разнообразный видовой состав растительности. Насчитывается до 368 видов цветковых растений, в том числе и редких: дремлик тёмно-красный, ковыли, пыльцеголовник красный, оносма, прострел раскрытый, или сон-трава, василёк русский, лён украинский, горичвет или адонис весенний, ломонос цельнолистный и другие [43].

Из других растений в бору произрастают: кустарниковая карагана, перистый ковыль и бородавчатый бересклет, которые можно отнести к очень редким растениям на территории России [29].

Примерно с начала XX века и до середины 60-х годов за сохранностью растений в Бекарюковском бору практически никто не следил, не было никакого контроля со стороны государства. В итоге, навсегда утрачены множество видов растений вследствие того, что в это время здесь проводились праздники и народные гулянья. Безвозвратно исчез известный на всю страну волчегодник, а также ряд других реликтовых растений.

Так же крайне негативно на растения в Мало-Михайловском бору влияет разработка меловых карьеров, которые расположены неподалеку от этой уникальной территории. Стоит отметить, что негативное воздействие на сосну обыкновенную оказывает еще и искусственная посадка чужеродных

для этих земель представителей флоры – американского и татарского клена, черной сосны, а так же других растений. Данные виды «выживают» характерные для данной местности реликтовые растения, именно поэтому местная флора понемногу исчезает с полян Государственного природного заказника.

30 ноября 2012 года решением Исполкома Европейской конвенции о сохранении дикой природы и естественной среды обитания Бекарюковскому бору был присвоен статус перспективного участка Изумрудной сети на площади 315,2 га. Данный участок охватил территории нескольких ООПТ регионального значения: «Урочище Бекарюковский бор» (площадь охраняемой территории составляет 66 га), «Ботанический заказник на южном склоне Маломихайловского лога» (3 га), а также сопредельные с ними территории.

## **2.2. Методика отбора керн и его дальнейшее изучение**

Дендрохронология – это одно из наиболее быстро развивающихся и перспективных направлений в экологии. Дендроклиматический метод анализа дает ответы на многие вопросы установления степени, а также характера влияния различных природных процессов и антропогенных факторов на растительность [24]. Дендроклиматология основывается на хорошей «памяти» деревьев, они по структуре, химическому составу и размеру прироста годовых колец четко фиксируют все изменения, которые происходили как внутри экосистемы, так и во внешних условиях, определяющих развитие растительности [36].

Для того, чтобы определить степень негативного воздействия антропогенных факторов на лесные экосистемы применяют методы биологической индикации. Биоиндикация – это обнаружение и определение экологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакции на них живых организмов и их сообществ [44].

Хвойные деревья – прекрасные объекты как для дендроклиматических исследований (так как, в них наблюдаются отчетливые границы между го-

дичными слоями, долговечность, они обладают слабым влиянием плодоношения на динамику прироста), так и для биоиндикации (хвойные деревья имеют высокую степень чувствительности и характерную реакцию на загрязнение атмосферы различной интенсивности, а также на рекреационное воздействие) [15].

Разработано два подхода к отбору древостоев и деревьев. Первый из них состоит в том, что необходимо использовать лишь те деревья, которые произрастают в пределах однородного участка или пробной площади. При данном подходе в древесно-кольцевых хронологиях в максимальной степени содержится информация об изменчивости микроусловий на выбранном участке [23].

Второй подход заключается в том, что модельные деревья берут на разных, находящихся на некотором удалении друг от друга участках, принадлежащих к одному и тому же типу леса. Одним из обязательных условий при отборе деревьев для изучения является то, чтобы эти участки были расположены в пределах однородного по климатическим и ботанико-географическим условиям района [38]. Второй подход более целесообразен для проведения дендроклиматического исследования, когда в древесно-кольцевых хронологиях необходимо выявить мезо- и макроклиматический сигналы и свести к минимуму влияние случайных и локальных сигналов.

В настоящее время для взятия образцов древесины, особенно с живых деревьев, используются возрастные буры, при помощи которых высверливаются радиальные керны древесины диаметром 4-5 мм и длиной 10-50 см.

Керны берутся по одному или нескольким радиусам, строго ориентированным по отношению к странам света или по случайному направлению.

Транспортировку собранных образцов древесины необходимо осуществлять в контейнерах и твердой таре, для того чтобы исключить поломку кернов.

Для более удобной работы, а также для предотвращения утери и разлома на мелкие куски, буровые образцы наклеивают на деревянную основу,



которая представляет собой рейку прямоугольной формы шириной и высотой примерно по 1 см и длиной несколько большей длины образца, у которой на одной из сторон выточен паз шириной немного больше и глубиной немного меньше диаметра керна. Далее проводят кодировку, обработку (полировка, зачистка, увеличение контрастности колец), датировку, а также измерение кернов.

Во время измерений необходимо тщательно зачистить торцевую поверхность образца древесины, это делается с той целью, чтобы границы колец и клеток были отчетливо видны в отраженном свете [53].

После подготовки образцов к изучению следует произвести предварительную датировку и маркировку годовых колец в пределах каждого радиального направления под лупой или микроскопом при 20-40-кратном увеличении. В нашем исследовании, для датировки образцов древесины и измерения ширины годовых колец была использована полуавтоматическая установка LINTAB-V 3.0 со стандартным для дендрохронологии пакетом программного обеспечения TSAP-Vin 3.5 [8].

После того как для каждого образца будет получен график изменения радиального прироста, производится визуальная оценка синхронности между всеми ними и окончательная абсолютная или относительная датировка колец у каждой индивидуальной древесно-кольцевой хронологии.

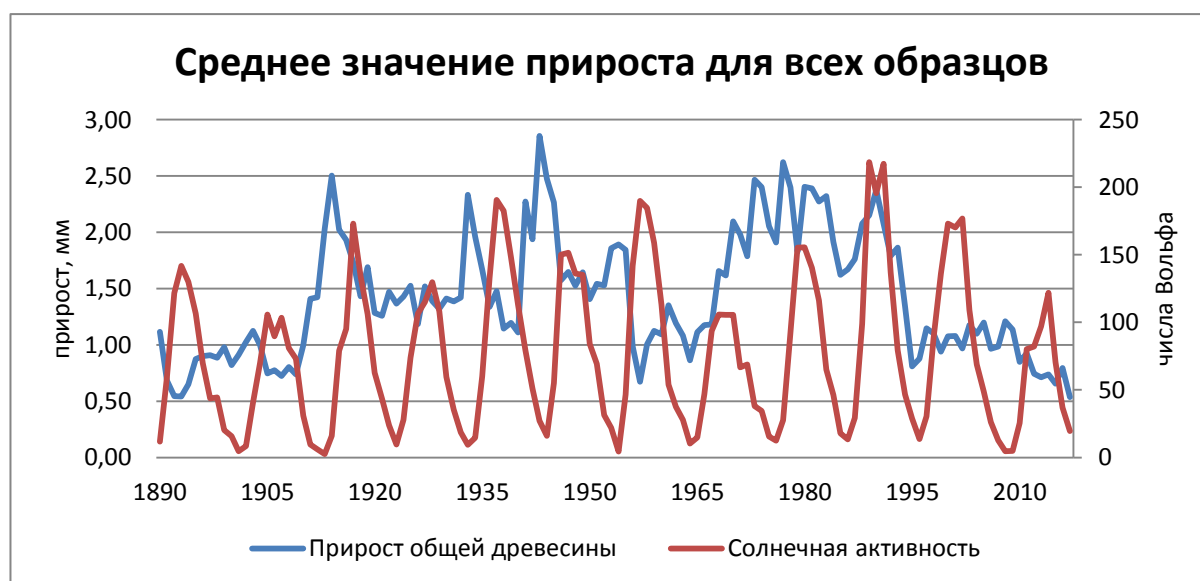
Большую пользу приносит сопоставление рассматриваемых хронологий с хронологиями, полученными ранее для исследуемого района. Если один и тот же климатический фактор является ведущим для изменчивости прироста древесины у разных видов по крайней мере в экстремальные по климатическим условиям годы, то перекрестная датировка между такими хронологиями вполне осуществима. Для того, чтобы более грамотно провести дендроклиматическое исследование необходимо располагать данными, полученными в результате метеорологических наблюдений [50].

### Глава 3. Особенности прироста сосны обыкновенной в условиях Бекарюковского бора

#### 3.1. Анализ зависимости радиального прироста сосны обыкновенной от солнечной активности

Нами были исследованы керны сосны обыкновенной, собранные на территории Бекарюковского бора в разных его местах.

В первом случае, мы изучали, как влияет солнечная активность на прирост годовых колец сосны, произрастающей на вершине возвышенности. Для этого была сопоставлена ширина годовых слоев со значениями активности Солнца, т.е. со среднегодовыми числами Вольфа. Керны были взяты из четырех сосен (рис. 3.1).



*Рис 3.1.* Влияние солнечной активности на радиальный прирост общей древесины сосны обыкновенной, растущей на возвышенности

В течение жизни исследуемых деревьев явно заметны периоды депрессии, протяженность которых составляет от 4-5 до 10-15 лет. Это объясняется естественной цикличностью климата.

Из графиков следует, что максимум солнечной активности приходится на годы: 1893, 1904, 1917, 1928, 1937, 1945, 1957, 1968, 1979, 1989, 1991, 2000, 2003, 2014.

Минимум активности солнца приходится на следующие годы: 1890, 1900, 1912, 1922, 1933, 1943, 1954, 1964, 1975, 1985, 1995, 2008.

Максимальный прирост (во внимание взято среднее значение) общей древесины отмечен в 1890, 1899, 1903, 1914, 1922, 1925, 1933, 1941, 1943, 1954, 1970, 1973, 1977, 1990, 1997, 2008 годы.

Минимальный же в 1892, 1896, 1918, 1939, 1957, 1994, 2015 годах.

Аналогичная картина наблюдается в данных по ранней и поздней древесине.

Также на основе полученного материала были просчитаны коэффициенты корреляции отдельно по каждому дереву и выведен средний коэффициент. В результате получены данные:

а) для общей древесины:

для 1 дерева коэффициент корреляции равен 0,01;

для 2 дерева – 0,03;

для 3 дерева – 0,11;

для 4 дерева – 0,05;

среднее значение – -0,02.

б) для ранней древесины

для 1 дерева коэффициент корреляции равен 0,08;

для 2 дерева – 0,03;

для 3 дерева – -0,07;

для 4 дерева – 0,04;

среднее значение – 0,01.

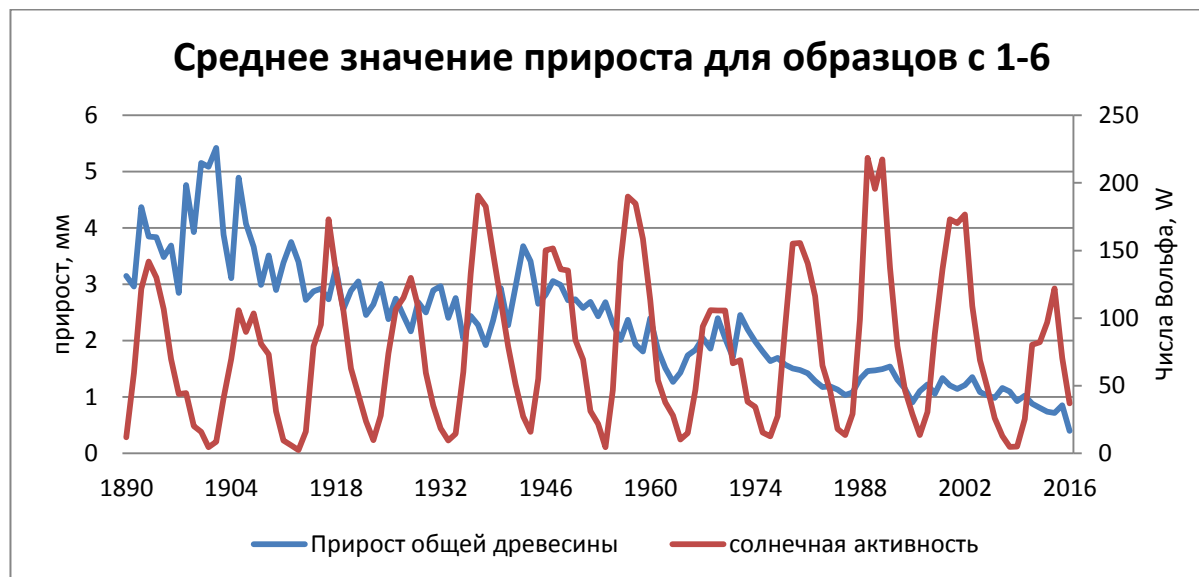
в) для поздней древесины

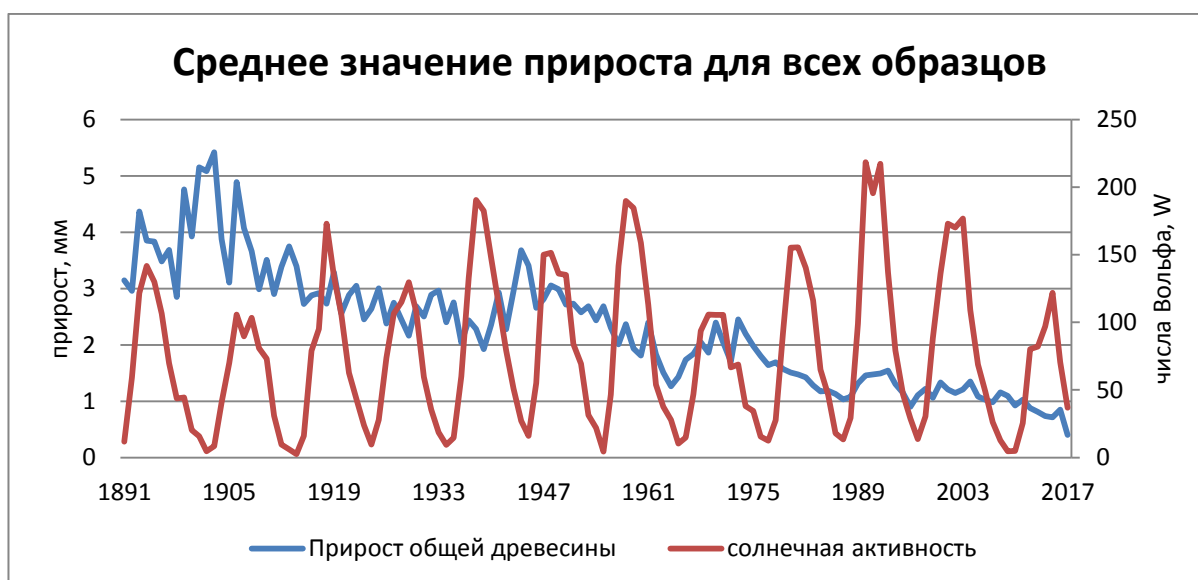
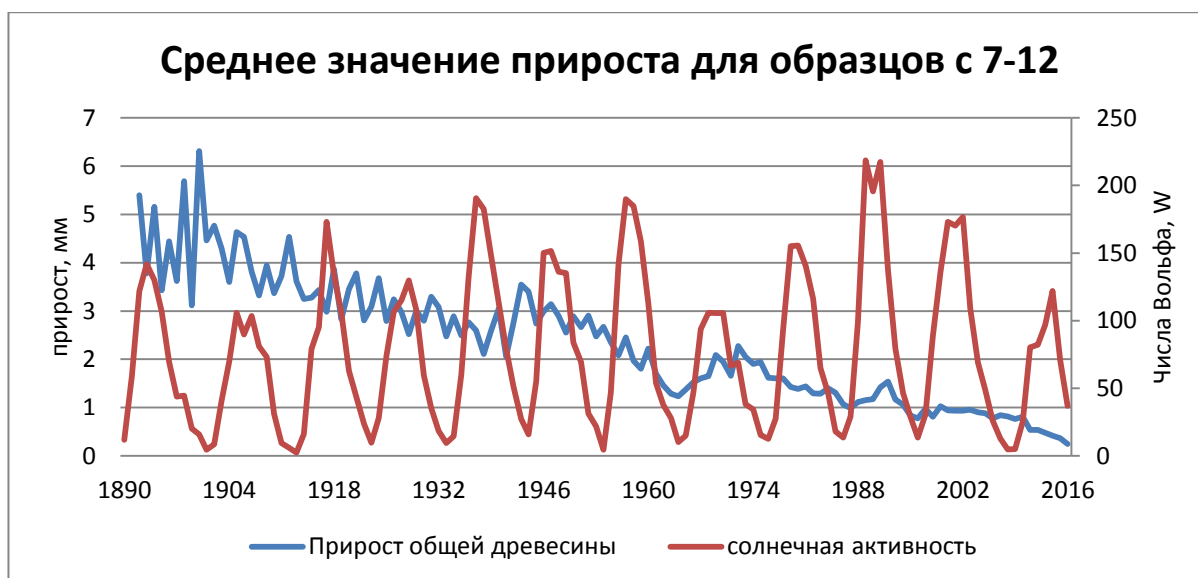
для 1 дерева коэффициент корреляции равен -0,13;

для 2 дерева – 0,02;  
 для 3 дерева – 0,16;  
 для 4 дерева – 0,07;  
 среднее значение – -0,09.

Из всего этого можно сделать вывод, что активность Солнца напрямую оказывает сильное влияние на прирост годичных колец сосны обыкновенной, произрастающей на возвышенности, угнетая развитие годичного слоя. Отклик между приростом древесины и солнечной активностью наблюдается уже через год-два. Это объясняется тем, что воздействие солнечного излучения не встречает препятствий в виде рельефа и т. п.

Во втором случае объектами исследования были двенадцать деревьев, местообитание которых – низина. Влияние солнечной активности на прирост годичного слоя этих деревьев отражается в следующих графиках (рис. 3.2)





*Рис 3.2.* Влияние солнечной активности на радиальный прирост общей древесины сосны обыкновенной, произрастающей в низине

Максимальный прирост общей древесины (среднее значение) отмечен в 1893, 1899, 1901-1903, 1906, 1913, 1944, 1961, 1970, 1973, 1993, 2004, 2008 годы.

Минимальный прирост – в 1898, 1915, 1929, 1935, 1939, 1964, 1987, 2006, 2017 годы.

На основе данных просчитаны коэффициенты корреляции отдельно по каждому дереву и выведен средний коэффициент. В результате получены следующие значения, представленные в таблице 3.1

## Коэффициенты корреляции

	Общая древесина	Ранняя древесина	Поздняя древесина
1	2	3	4
1 дерево	0,04	0,05	0,02
2 дерево	-0,07	-0,05	-0,08
3 дерево	-0,04	-0,08	0,01
4 дерево	-0,16	-0,15	-0,15
5 дерево	-0,06	-0,08	-0,004
6 дерево	-0,1	-0,13	-0,03
7 дерево	-0,11	-0,12	-0,09
8 дерево	-0,12	-0,09	-0,13
9 дерево	-0,07	-0,09	-0,009
10 дерево	0,05	0,02	0,1
11 дерево	-0,08	-0,11	-0,01
12 дерево	-0,1	-0,11	-0,09
Среднее значение	-0,11	-0,12	-0,09

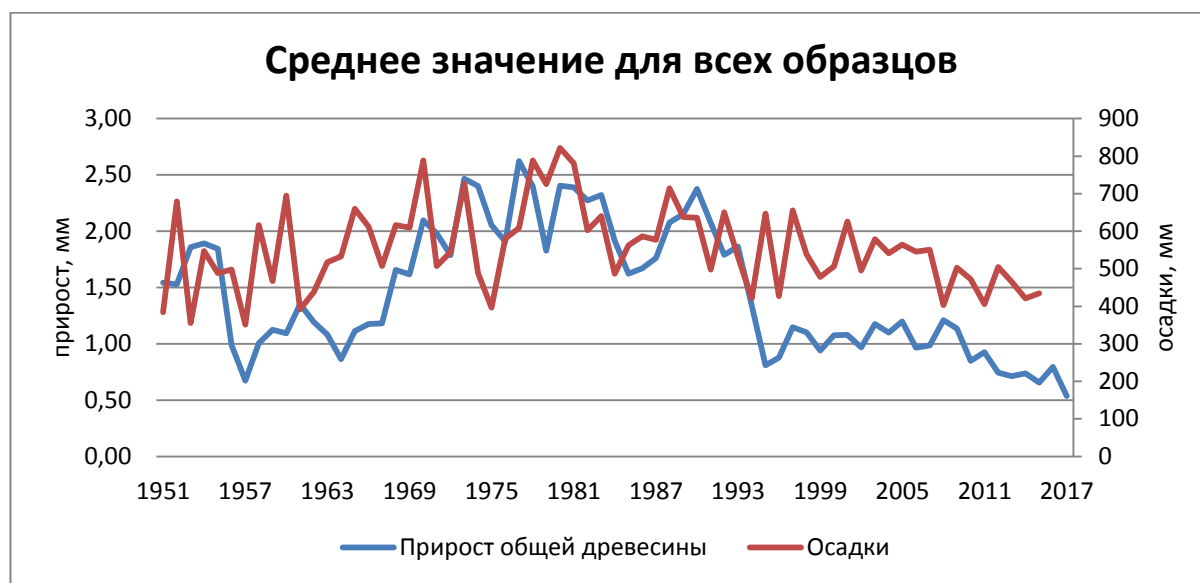
Анализируя графики (рис. 3.2) и таблицу 3.1 можно заключить следующее: солнечная активность не оказывает существенного влияния на прирост сосны обыкновенной, произрастающей в низине. Из графиков видно, что на начальных этапах роста сосны обыкновенной, в каждом из образцов, наблюдается повышенный прирост годичного слоя, который со временем затухает. Это объясняется тем, что становится больше теневая зона от каждого дерева. При дальнейшем росте крона сосны увеличивается в размерах, создавая тень для рядом стоящего дерева, тем самым замедляя его развитие. Произрастающее в тени дерево растет медленнее, цвет хвои менее насыщенный, и крона сосны будет более разреженной.

### **3.2. Анализ зависимости радиального прироста сосны обыкновенной от климатических факторов**

Аналогично изучению влияния солнечной активности на прирост годичных слоев сосны в Бекарюковском бору на возвышенности и в низине, наше дальнейшее исследование кернов было нацелено на выявление зависи-

мости развития годовых колец этих же деревьев от температуры и осадков в период с 1951 по 2017 гг.

По результатам проведенной работы были составлены графики, отражающие зависимость прироста сосны обыкновенной, растущей на возвышенности от осадков (рис 3.3).



*Рис. 3.3.* Влияние осадков на радиальный прирост общей древесины сосны обыкновенной, растущей на возвышенности

Из данных графиков можно заключить, что максимум осадков на территории Бекарюковского бора приходится на 1952, 1960, 1970, 1978, 1980, 1988, 1998 годы.

Их минимум – на 1953, 1957, 1961, 1975, 1994, 1996, 2008, 2011 годы.

Максимальные и минимальные приросты древесины за этот период были указаны ранее (глава 3.1).

В соответствии с этими данными был произведен расчет коэффициентов корреляции, как отдельно по каждому дереву, так и по среднему приросту древесины.

а) для общей древесины:

для 1 дерева коэффициент корреляции равен 0,43;

для 2 дерева – 0,43;  
для 3 дерева – 0,37;  
для 4 дерева – 0,39;  
среднее значение – 0,48.

б) для ранней древесины

для 1 дерева коэффициент корреляции равен 0,44;  
для 2 дерева – 0,42;  
для 3 дерева – 0,37;  
для 4 дерева – 0,47;  
среднее значение – 0,47.

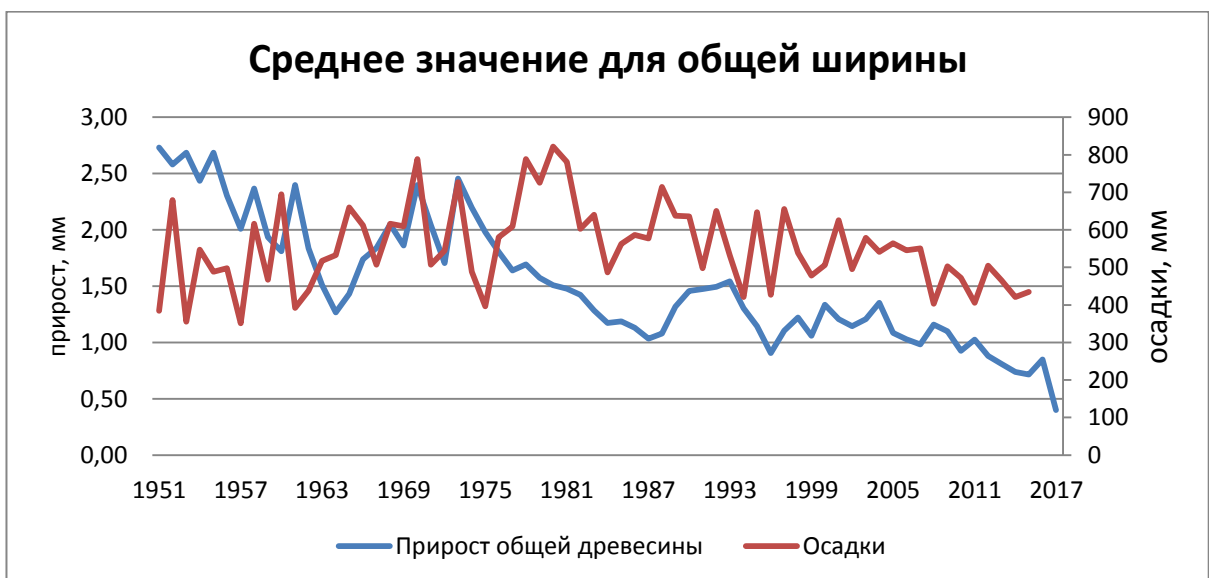
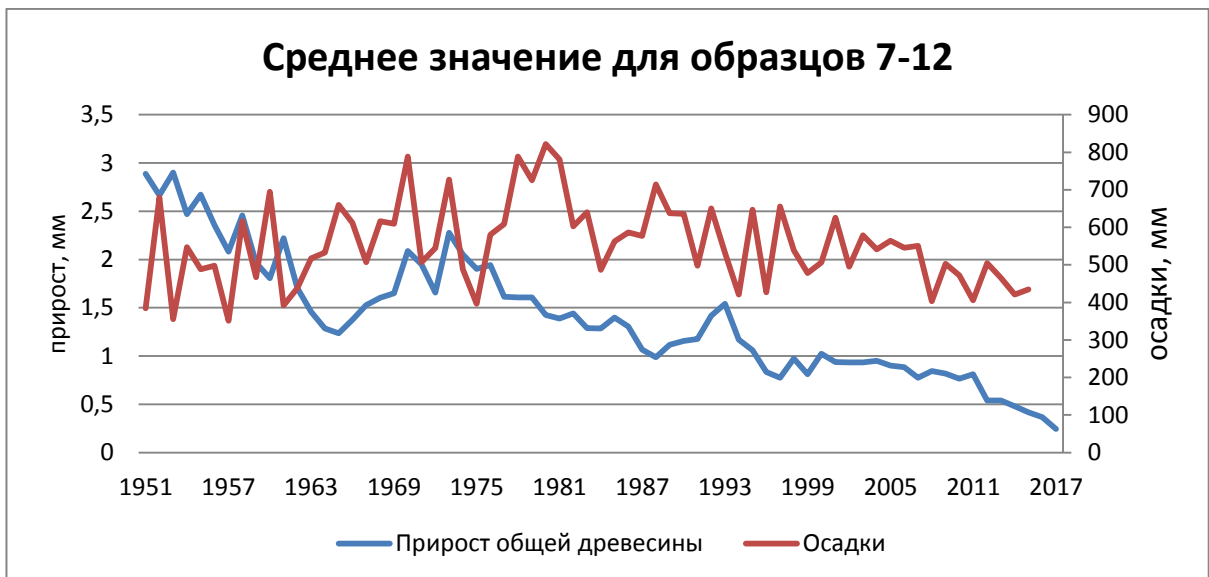
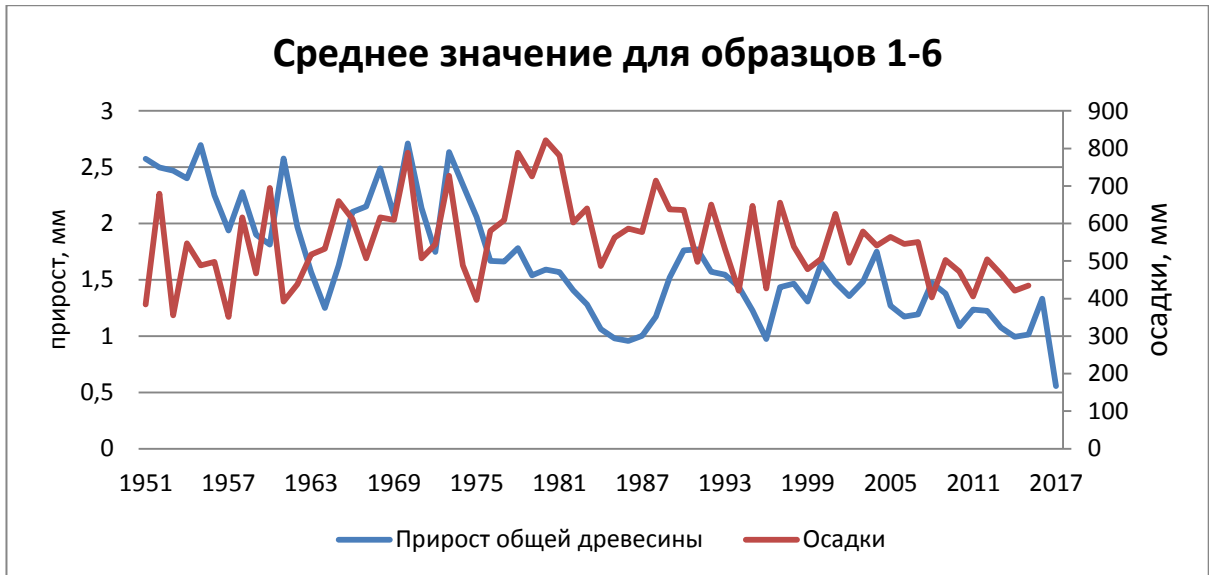
в) для поздней древесины

для 1 дерева коэффициент корреляции равен 0,25;  
для 2 дерева – 0,29;  
для 3 дерева – 0,3;  
для 4 дерева – 0,4;  
среднее значение – 0,41.

Из всего этого следует вывод, что существует прямая связь между количеством выпавших осадков и ежегодным радиальным приростом древесины сосны обыкновенной, произрастающей на возвышенности. Но в то же время при избыточном количестве осадков в виде дождя и снега прирост годичного слоя заметно снижается.

Влияние осадков на прирост сосны в низине нами так же было изучено. Результаты работы отражены в графиках на рисунке 3.4.





*Рис 3.4.* Влияние осадков на радиальный прирост общей древесины сосны обыкновенной, произрастающей в низине

На основе имеющихся данных о ежегодном приросте сосны обыкновенной рассчитаны коэффициенты корреляции (табл. 3.2).

Таблица 3.2

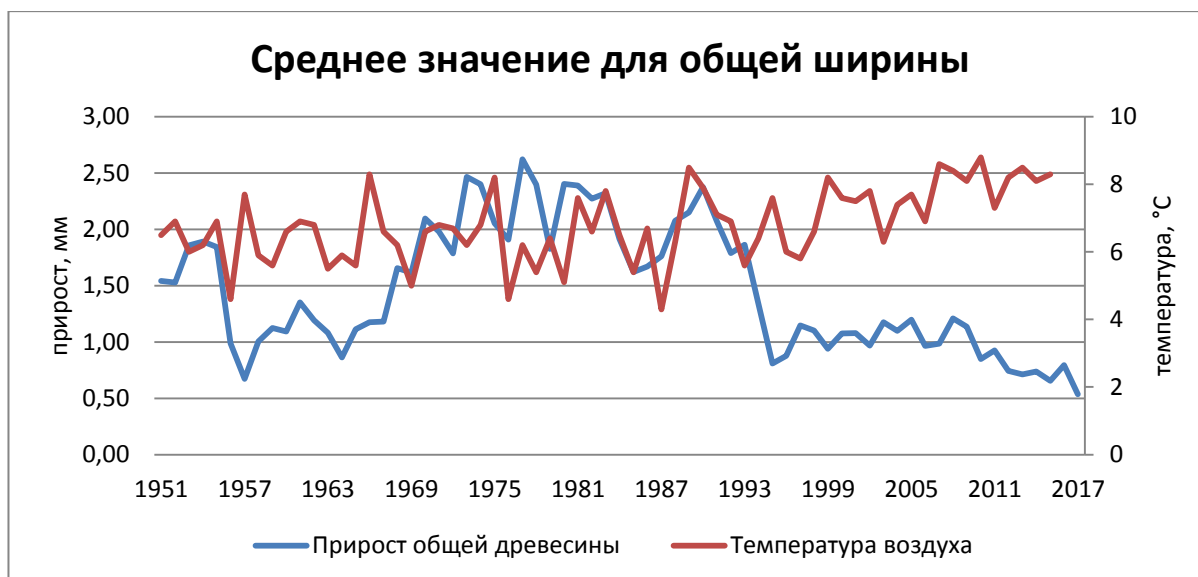
## Коэффициенты корреляции

	Общая древесина	Ранняя древесина	Поздняя древесина
1	2	3	4
1 дерево	-0,06	-0,04	-0,09
2 дерево	0,04	0,02	0,08
3 дерево	-0,02	-0,05	0,04
4 дерево	0,25	0,26	0,16
5 дерево	-0,11	-0,12	-0,07
6 дерево	0,1	0,17	-0,05
7 дерево	-0,13	-0,09	-0,19
8 дерево	-0,06	0,01	-0,15
9 дерево	-0,23	-0,16	-0,35
10 дерево	0,12	0,09	0,18
11 дерево	0,22	0,28	0,06
12 дерево	0,03	-0,001	0,04
Среднее значение	0,03	0,06	-0,02

Из графиков (рис. 3.4) видно, что увеличение количества выпадаемых осадков влечет за собой снижение значения прироста древесины сосны обыкновенной, произрастающей в низине. Это действует и наоборот, чем ниже количество осадков, тем выше прирост годичных колец. Это связано в первую очередь с тем, что осадки скапливаются в низинах, вызывая тем самым у почвы перенасыщение влагой, что пагубно сказывается на произрастании сосны обыкновенной, которая больше привыкла к засушливым условиям произрастания. Осадки так же влияют и на прирост древесины для последующего года.

Далее мы приступили к изучению влияния температуры воздуха на прирост годичных колец сосны обыкновенной, растущих на вершине возвышенности.

По результатам проведенной работы были составлены графики, в которых были сопоставлены данные по среднегодовой температуре воздуха за период с 1951-2017 гг. с приростом общей древесины сосны (рис 3.5).



*Рис. 3.5.* Влияние температуры воздуха на радиальный прирост общей древесины сосны обыкновенной, произрастающей на возвышенности

Из представленных выше графиков видно, что максимумы температуры воздуха на территории Мало-Михайловского бора были отмечены в 1957, 1966, 1975, 1989, 1999, 2007 и в 2010 годах.

Минимумы приходятся на 1956, 1969, 1976, 1987 и 1993 годы.

Так же на основе имеющихся данных по температуре и годовичному приросту сосны обыкновенной были рассчитаны коэффициенты корреляции (отдельно по каждому дереву и среднему приросту, а также по приросту общей, ранней и поздней древесины).

а) для общей древесины:

для 1 дерева – -0,08;

для 2 дерева – 0,04;

для 3 дерева – -0,39;

для 4 дерева – -0,33;

среднее значение – -0,28.

б) для ранней древесины

для 1 дерева – -0,17;

для 2 дерева – -0,03;

для 3 дерева – -0,38;

для 4 дерева – -0,36;

среднее значение – -0,31.

в) для поздней древесины

для 1 дерева – 0,15;

для 2 дерева – 0,24;

для 3 дерева – -0,34;

для 4 дерева – -0,23;

среднее значение – -0,16.

На основе полученных графиков и коэффициентов корреляции можно сделать вывод, что высокие температуры воздуха отрицательно воздействуют на развитие годичных колец сосны обыкновенной, которая произрастает на возвышенности. При этом необходимо учесть, что исследуемая порода деревьев относится к холодостойким, которые могут без повреждений переживать низкие температуры до  $-45...50$  °С. Сосна обыкновенная является пойкилотермным организмом, то есть температура ствола дерева зависит от температуры окружающей среды. Чем дольше будет сохраняться высокая температура в вегетационный период изучаемой породы дерева, тем ниже будет прирост ее годичного слоя древесины.

Для того, чтобы выявить как температура воздуха влияет на прирост сосны обыкновенной в условиях низины нами были сопоставлены данные по температуре и по приросту древесины изучаемой породы, произрастающей в низине, за период с 1951 по 2017 годы. Это отражено в графиках, представленных в работе (рис. 3.6).

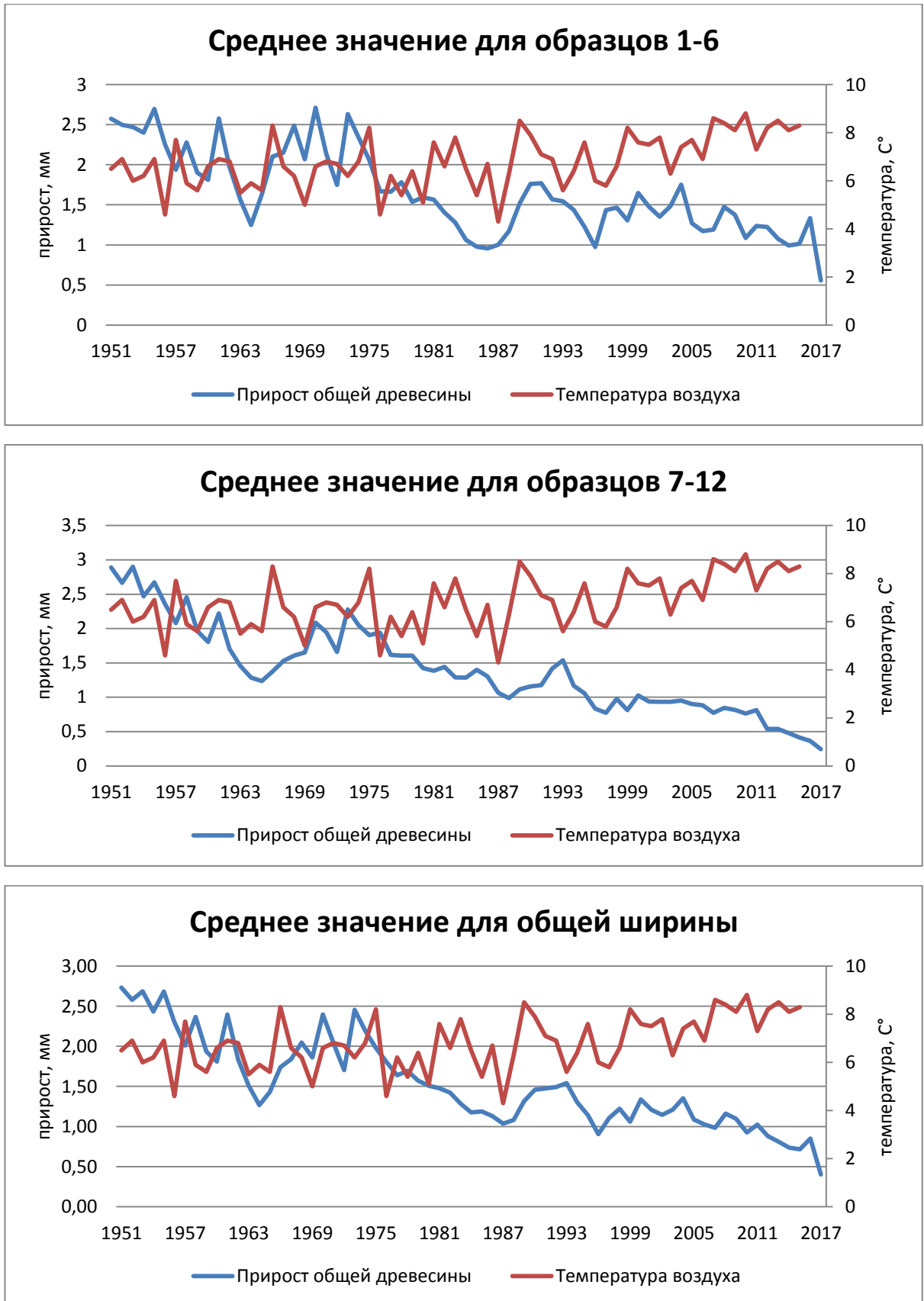


Рис. 3.6. Влияние температуры воздуха на радиальный прирост общей древесины сосны обыкновенной, произрастающей в низине

Так как максимумы и минимумы температуры воздуха и прироста древесины были представлены ранее, приступим непосредственно к расчету коэффициента корреляции. Ниже представлена таблица, в которой отображены результаты расчета данного коэффициента (табл. 3.3).

Таблица 3.3

## Коэффициенты корреляции

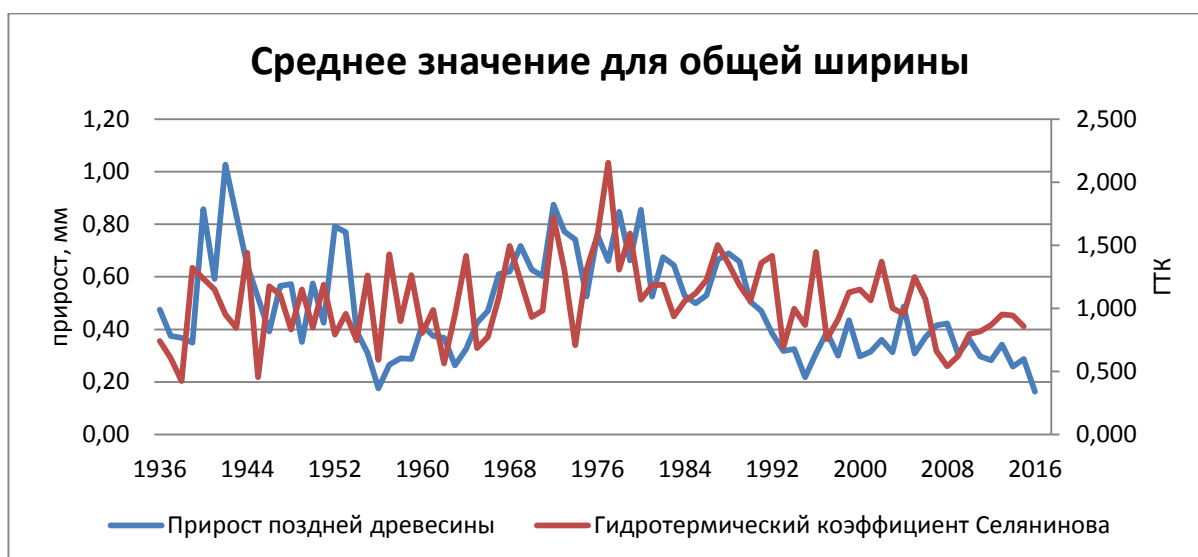
	Общая древесина	Ранняя древесина	Поздняя древесина
1	2	3	4
1 дерево	0,08	0,11	-0,01
2 дерево	-0,06	-0,07	0,00
3 дерево	-0,26	-0,30	-0,15
4 дерево	-0,35	-0,38	-0,20
5 дерево	-0,04	0,02	-0,12
6 дерево	-0,45	-0,49	-0,32
7 дерево	-0,29	-0,35	-0,07
8 дерево	-0,39	-0,43	-0,29
9 дерево	-0,09	-0,12	-0,01
10 дерево	-0,48	-0,47	-0,43
11 дерево	-0,38	-0,41	-0,27
12 дерево	-0,44	-0,35	-0,45
Среднее значение	-0,35	-0,37	-0,30

Анализируя графики, можно сделать заключение о том, что в условиях, при которых температура воздуха находится в пределах оптимума, прирост сосны обыкновенной будет максимальным. По графикам видно, что на начальных этапах прирост годичных колец сосны обыкновенной был высоким, при этом кривая среднегодовых температур воздуха имела незначительные колебания в пределах от +4 до +6 °С. Начиная с 1993 года наблюдаются значительные скачки в показаниях температуры, что повлекло за собой снижение ежегодного прироста годичного слоя сосны. При повышенной температуре возможно иссушение растения, вплоть до опадения хвои и высушивания ветвей.

### 3.3. Анализ комплексного влияния соотношения тепла и влаги на радиальный прирост сосны обыкновенной

В данном параграфе речь пойдет о комплексном влиянии тепла и влаги, выраженные гидротермическим коэффициентом Селянинова (ГТК), на прирост сосны обыкновенной в условиях возвышенности и низины.

Для начала хотелось бы уделить внимание на составленные графики, демонстрирующие комплексное влияние влаги и тепла на общий прирост древесины сосны обыкновенной.



*Рис. 3.7.* Комплексное влияние соотношения тепла и влаги на радиальный прирост общей древесины сосны обыкновенной, произрастающей на возвышенности

Коэффициенты корреляции были рассчитаны на основе данных ежегодного прироста сосны и ГТК. Расчет произведен отдельно по каждому образцу и среднему приросту, а также по приросту общей, ранней и поздней древесины.

а) для общей древесины:

для 1 дерева – -0,02;

для 2 дерева – 0,27;

для 3 дерева – 0,28;  
для 4 дерева – 0,3;  
среднее значение – 0,47.

б) для ранней древесины

для 1 дерева – 0,27;  
для 2 дерева – 0,48;  
для 3 дерева – 0,39;  
для 4 дерева – 0,35;  
среднее значение – 0,47.

в) для поздней древесины

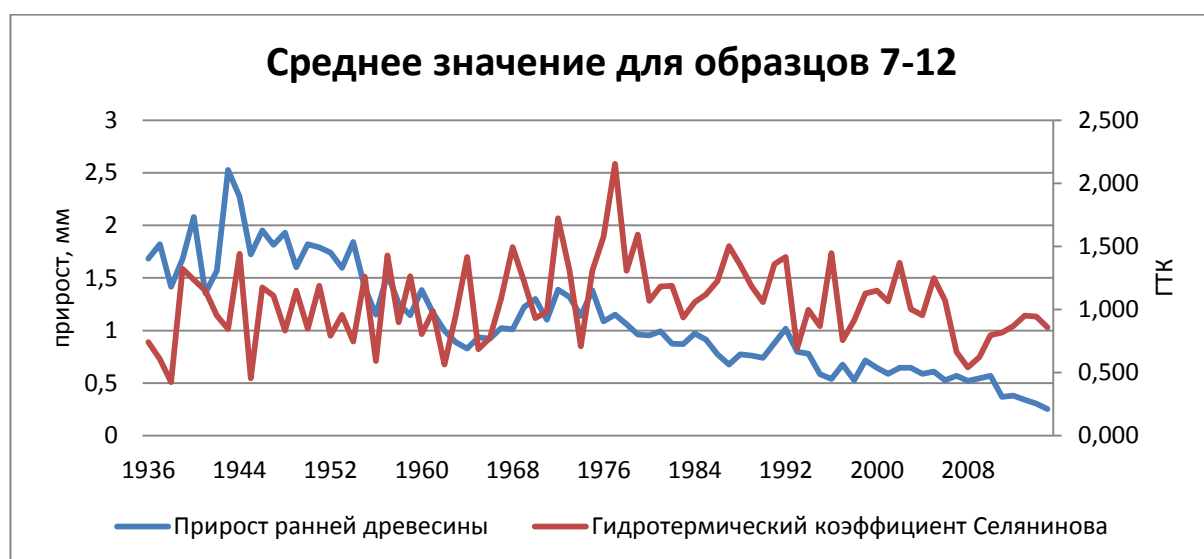
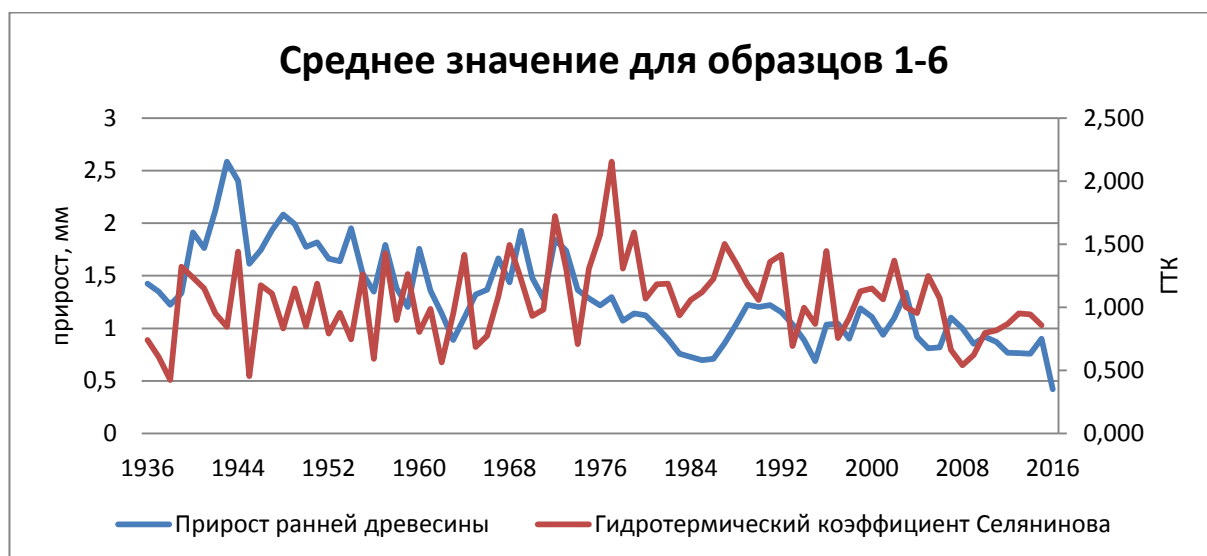
для 1 дерева – -0,02;  
для 2 дерева – 0,27;  
для 3 дерева – 0,29;  
для 4 дерева – 0,3;  
среднее значение – 0,29.

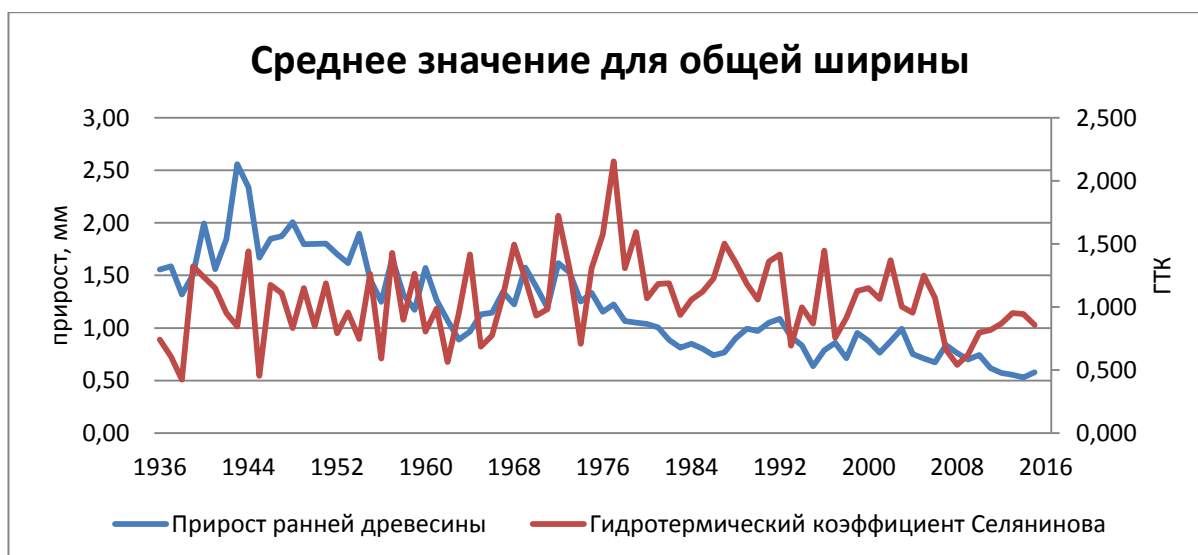
Повышение значения гидротермического коэффициента влечет за собой повышение уровня прироста годичного кольца сосны обыкновенной, произрастающей на возвышенности. Связь между ГТК и приростом древесины чаще всего наблюдается с откликом в один год. Происходит реакция на благоприятные условия в прошлом году. Это можно проследить при анализе графиков и также опираясь на коэффициенты корреляции. Повышение осадков приводит к увеличению ГТК, а повышение температуры воздуха – к уменьшению ГТК. Из этого следует вывод, что для прироста годичного слоя изучаемой породы, произрастающей на возвышенности, более важным природным фактором является увлажненность.

Далее следует обратить внимание на то, какое влияние оказывает на общий прирост годичного слоя сосны обыкновенной, произрастающей в рай-



оне низины, комплексное воздействие тепла и влаги. Ниже представлены графики, отражающие это самое воздействие (рис. 3.8).





*Рис 3.8.* Комплексное влияние соотношения тепла и влаги на радиальный прирост общей древесины сосны обыкновенной, произрастающей в низине

В таблице 3.4 представлены коэффициенты корреляции для общей, ранней и поздней древесины изучаемой породы.

*Таблица 3.4*

#### Коэффициенты корреляции

	Общая древесина	Ранняя древесина	Поздняя древесина
1	2	3	4
1 дерево	-0,07	-0,02	-0,15
2 дерево	0,20	0,19	0,16
3 дерево	-0,10	-0,04	-0,17
4 дерево	0,10	0,10	0,11
5 дерево	-0,10	-0,11	-0,07
6 дерево	0,05	0,10	-0,03
7 дерево	-0,08	-0,06	-0,14
8 дерево	0,02	0,03	0,01
9 дерево	0,04	0,04	0,05
10 дерево	0,04	0,04	0,05
11 дерево	0,17	0,24	0,03
12 дерево	0,06	-0,02	0,10
Среднее значение	0,02	0,04	-0,03

Опираясь на составленные графики и коэффициенты корреляции можно сделать вывод о том, что в большинстве случаев комплексное воздействие тепла и влаги на прирост сосны обыкновенной в районе низины менее

выражено, чем это происходит на возвышенности. Но наряду с этим наблюдаются периоды, когда эта связь явно прослеживается, то есть повышенный ГТК соответствует повышенному приросту. 1945 год отмечен резким снижением значения ГТК, при этом также снизился и прирост годичного слоя. С 1965 по 1968 год значение гидротермического коэффициента постоянно возрастало, в эти же годы постоянно увеличивался и годичный прирост. А в 1977 году наблюдался наивысший гидротермический коэффициент (испаряемость превышала увлажнение), но это повлекло за собой резкий спад ежегодного прироста древесины сосны обыкновенной. Из этого можно сделать следующий вывод, что связь между комплексным воздействием тепла и влаги на прирост сосны обыкновенной в районе низины нестабильна, между ними не существует явной корреляции.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований и анализа источников литературы нами сделаны определенные выводы и достигнуты следующие основные результаты:

1. Солнечная активность оказывает наибольшее влияние на погоду Земли, изменяя атмосферную циркуляцию (количество осадков и температуру воздуха), поэтому именно она является самой существенной из климатических факторов оказывающих влияние на прирост годичного кольца деревьев, в том числе сосны обыкновенной. Стоит отметить, что минимальный радиальный прирост, в пределах 11-летнего цикла солнечной активности, отмечается уже через один год после максимума солнечной активности. Установлено соответствие между двумя максимумами истинной активности Солнца (в 11-летнем цикле) и двумя максимумами в толщине годичного слоя деревьев. Эта зависимость настолько стабильная и неизменная, что существует возможность ее использования и «наоборот», а именно определить величину активности Солнца можно по характеру прироста годичных слоев деревьев.

2. Территория Бекарюковского бора расположена в зоне умеренного климата. На особенности климата влияют такие факторы, как циркуляция воздушных масс, количество солнечной радиации и сильная удаленность территории от морей и океанов. Средняя температура января равна  $-8^{\circ}\text{C}$ , июля -  $+19,5^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовое выпадение атмосферных осадков колеблется от 550-570 мм. Около 40 % всех осадков за год приходится на летний период.

Рельеф Бекарюковского бора прямого воздействия на развитие сосны обыкновенной не оказывает, но при этом нельзя не учесть его сильное влияние на климатические факторы (осадки, освещенность, температуру, а также циркуляцию воздуха). На развитие корневой системы и кроны сильно влияет крутизна склона, на котором произрастает дерево. От экспозиции склона

также зависит освещенность, тепловой и водный режимы. Это соответственно сказывается на росте и развитии растительности.

3. Ежегодный прирост древесины сосны обыкновенной в условиях лесостепной зоны Центрально-Черноземного района определяется гидротермическими показателями (количеством выпавших осадков и температурой воздуха) вегетационного периода и предшествующего ему холодного сезона.

Температура воздуха и количество осадков определяет развитие ранней древесины. На прирост поздней древесины, главным образом, влияет количество выпавших осадков в сезон вегетации.

В нашем исследовании были рассчитаны гидротермические коэффициенты, которые наиболее полно отражают комплексное воздействие температуры воздуха и осадков на ежегодный прирост древесины сосны обыкновенной в районе Бекарюковского бора.

Комплексное воздействие тепла и влаги оказывает сильное влияние на величину радиального прироста сосны обыкновенной (раннюю, позднюю и общую древесину). Связь между гидротермальным коэффициентом и приростом древесины чаще всего наблюдается с откликом в один год. Происходит реакция на благоприятные условия в прошлом году. Повышение осадков приводит к увеличению ГТК, а повышение температуры воздуха – к уменьшению ГТК.

Выявленные связи параметров радиального прироста с различными климатическими показателями (солнечная активность, температура воздуха, осадки) в дальнейшем можно использовать при реконструкции климатических условий прошлого на любой из изучаемых территорий и их прогнозирования; для изучения закономерностей изменения природных процессов во все эпохи; для понимания смен в циркуляции атмосферы; для своевременного предвидения и минимизации отрицательных последствий изменений климата в природных и агросистемах.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Briffa, K.A. Climate reconstruction from tree ring. Pt. 1: Basic Methodology and preliminary results for England / K.A. Briffa, P.D. Jones, T.M.L. Wigley, G.R. Pilcher, M.G.L. Baillie // *Journal of Climatology*, 1983. – 3. – № 3. – p. 233-242.
2. Briffa, K.R. Soil moisture reconstruction using tree ring / K.R. Briffa, T.M.L. Wigley // *Climate Monitor*, 1985. – 14. – №4. – P. 106-113.c
3. Eidem, P. Om svingninger i tikkelsestilveksten Meddelelse Norske stogorsoksvesen / P. Eidem – Oslo, 1953. – 85 p.
4. Fritts, H.C. Tree rings and climate / H.C. Fritts – London, New York, San-Francisco: Academic press, 1976. – 566 p.
5. Joel, G. Deux methodes d'utilisation de l'épaisseur des cernes ligneux pour la reconstitution de paramètres climatiques anciens, l'exemple de leur application dans la domaine Alpine / G. Joel // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1984. – 45. – №3-4. – P. 347-368.
6. Ording, A. Arringanalyser pa gran og furu. Meddelangen fra Det Norske Skogforsoksvesen (Unofficial English title: Annual ring analyses of spruce and pine) / A. Ording, 1941. – 354 p.
7. Александровский, А.Л. Источники и методы исторических реконструкций изменений окружающей среды / А.Л. Александровский, В.В. Анненков, Е.В. Глушко, Э.Г. Истомина, В.И. Николаев, А.В. Постников, Н.А. Хотинский // *Итоги науки и техники. – Сер. Палеогеография. – Т. 8. – 161 с.*
8. Бенькова, А.В. Применение денрохронологического метода для изучения особенностей роста естественных и искусственных лесных насаждений // *Лесоведение* / А.В. Бенькова, В.В. Тарасова, А.В. Шашкин. – 2010. – №2. – С. 3-8.
9. Битвинскас, Т.Т. Дендроклиматические исследования / Т.Т. Битвинскас. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 172 с.

10. Бласинг, Т. Реконструкция истории осадков в кукурузном поясе Северной Америки с использованием древесного кольца / Т. Бласинг, Д. Дувик // *Nature*, 1984. – 307. – № 5947. – С. 143-145.
11. Блинова, К.Ф. Ботанико-фармакогностический словарь: Справ. пособие / К.Ф. Блинова, Н.А. Борисова, Г.Б. Гортинский; Под ред. К.Ф. Блиновой, Г.П. Яковлева. — М.: Высш. шк., 2013. – С. 59.
12. Борейка, В. Зачем охранять вековые деревья? / В. Борейка // *Зеленый мир*. – № 23-34. – 2009. – С. 20-22.
13. Брокгауз, Ф.А. Годичные слои / Ф.А. Брокгауз, И.А. Ефрон // *Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: в 86 т. (82 т. и 4 доп.)*. — СПб., 2009 – 190 с.
14. Бялко, А.В. Вариации температуры земной поверхности / А.В. Бялко, А.Т. Гамбурцев // *Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов*. – Том 3. Природные и социальные сферы как части окружающей среды и как объекты воздействий. – М.: Янус-К, 2008. – С. 339-344.
15. Ваганов, Е.А. Дендрохронология Учебное пособие / Е. А. Ваганов, В. Б. Круглов, В. Г. Васильев // Красноярск. – 2008. – 120 с.
16. Ваганов, Е.А. Рост и структура годичных колец хвойных / Е.А. Ваганов, А.В. Шашкин. – Новосибирск: Наука, 2009. – 232 с.
17. Витинский, Ю.И. Цикличность и прогнозы солнечной активности / Ю.И. Витинский. – СПб.: Наука, 2010. – 275 с.
18. Вихров, В.Е. Прирост древесины сосны в связи с условиями обитания и изменениями погоды / В.Е. Вихров, Р.Т. Протасевич // *Экология древесных растений*. – Минск, 1965. – С. 92-100.
19. Гребенюк, Г.Н. Метеорология и климатология: Учебно-практическое пособие. / Г.Н. Гребенюк, Ходжаева Г.К. // — Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та, 2012. — 180 с.
20. Горланова, Л.А. Дендрохронологический мониторинг / Л.А. Горланова, В.С. Мазепа, Р.М. Хантемиров // *Методы экологического мониторинга*

га. Большой специальный практикум. Учебное пособие. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2009. – с. 90-106.

21. Добровольский, С.Г. Климатические изменения в системе гидросфера-атмосфера / С.Г. Добровольский. – М.: ГЕОС, 2010. – 232 с.

22. Евсеева, Л.С. Многолетние колебания атмосферной циркуляции / Л.С. Евсеева // Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. – Том 3. Природные и социальные сферы как части окружающей среды и как объекты воздействий. – М.: Янус-К, 2009. – С. 334-338.

23. Жиляков, Е.Г. О методологии изучения хроноорганизации природных процессов / Е.Г. Жиляков, Ф.Н. Лисецкий, А.М. Митряйкина / Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова: 2-я Международная научно-практическая конференция «Экология: образование, наука, промышленность и здоровье». – Белгород, 2004. – часть 1. – № 8. – С. 25-28.

24. Жиляков, Е.Г. Об одном методе обработки дендрорядов / Е.Г. Жиляков, Ф.Н. Лисецкий, Н.В. Щербинина // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Информатика. Прикладная математика. Управление. 2007. № 7(38). Вып. 4. С. 35-42.

25. Иванов-Холодный, Г.С. Ионосферные и солнечные квазидвухлетние вариации / Г.С. Иванов-Холодный, О.В. Олейник, В.Е. Чертопруд // Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. – Том 3. Природные и социальные сферы как части окружающей среды и как объекты воздействий. – М.: Янус-К, 2002. – С. 375-382.

26. Кищенко, И.Г. Формирование клеточных оболочек трахиид ствола сосны в Южной Карелии / И.Г. Кищенко // Лесоведение. – 1988. – Вып. 6. – С. 80-82.

27. Ковалев, П.В. Восстановление метеорологических условий прошлого по плотности древесины годовых колец / П.В. Ковалев, В.В. Иванов, А.И. Попов // Вестник Харьковского университета. – 1984. – № 264. – С. 62-65.



28. Ковалев, П.В. Методика расчета метеорологических условий прошлого по годичным кольцам деревьев с помощью многофакторного регрессионного анализа / П.В. Ковалев, В.В. Иванов, Г.Е. Мирка, А.И. Попов // Вестник Харьковского университета. – 1985. – № 267. – С. 52-56.
29. Козлова, Т.А. Растения леса / Т.А. Козлова, В.И. Сивоглазов. – М.: Эгмонт Россия Лтд. – 2010. – 64 с.
30. Колчин, Б.А. Дендрохронология Восточной Европы / Б.А. Колчин, Н.Б. Черных. – М.: Наука, 1977. – 127 с.
31. Кочаров, Г.Е. Естественные архивы солнечной активности и термоядерной истории Солнца за последние миллионы лет / Г.Е. Кочаров // Соросовский образовательный журнал. – 2010. – № 7. – С. 91-95.
32. Кузулёв, Н.В. Реликты / Н.В. Кузулёв // Красное знамя. - Шебекино, 2008. - № 159-160 – С. 5-6.
33. Куракулова, М.В. Хроноорганизация процесса радиального прироста лиственницы в разные периоды развития биосферы / М.В. Куракулова, А.М. Митряйкина // Тезисы докладов XI Всероссийской студенческой научной конференции «Экология и проблемы охраны окружающей среды». – Красноярск, 2004. – С. 143-144.
34. Лазуренко, Л.Б. Дендроклиматология сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) в условиях Центральной лесостепи: Автореф. дис... канд. биол. наук / Л.Б. Лазуренко. – Воронеж, 2002. – 22 с.
35. Ловелиус, Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий / Н.В. Ловелиус. – Л.: Наука. Ленингр. отделение 1979. – 230 с.
36. Матвеев, С.М. Дендрохронология: учебно-метод. пособие / С.М. Матвеев, Д.Е. Румянцев // – Воронеж: Изд-во Воронежской гос-ой лесотехнической академии. – 2013. – 139 с.
37. Матвеев, С.М. Эталонные дендрохронологические шкалы ЦЧР: построение, хранение, применение / С.М. Матвеев, Ю.А. Нестеров // Вестник ВГУ. – Сер. география и геоэкология. – 2010. – № 2. – С. 77-85.

38. Матвеев, С.М. Дендроиндикация динамики состояния сосновых насаждений Центральной лесостепи: Монография /С.М. Матвеев; Воронеж. гос. лесотех. акад. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2011. – С. 3-5.

39. Митряйкина, А.М. Закономерности, моделирование и прогноз природной среды / А.М. Митряйкина // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Социально-экологическая культура как основа экологической безопасности региона». – Белгород, 2005. – С. 92-96.

40. Митряйкина, А.М. Использование показателей климата и солнечной активности при проведении дендроклиматических исследований / А.М. Митряйкина // Вестник ВГУ. – 2005. – № 2. – С. 13-19.

41. Молчанов, А.А. Изменчивость ширины годичного кольца в связи с изменением солнечной активности / А.А. Молчанов // Формирование годичного кольца и накопление органической массы у деревьев. – М., 1970. – С. 3-49.

42. Новых, Л.Л. Особенности гранулометрического состава почв заказника «Бекаряковский бор» / Л.Л. Новых, М.И. Коротких // «Геоэкология и рациональное природопользование: от науки к практике Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых» – Белгород. 2011 – С. 36-41.

43. Овчинников, В.В. // Белгородская энциклопедия / Гл. редактор В.В. Овчинников. — Белгород: Областная типография, 2010. – С. 29.

44. Опекунова, М.Г. Биоиндикация загрязнений. Учеб. пособие 2-е изд. / М.Г. Опекунова / СПб.: изд-во С.-Петербур. ун-та СПб. – 2016. – 300 с.

45. Румянцев, Д.Е. История и методология лесоводственной дендрохронологии/ Д.Е. Румянцев // Монография. — М.: МГУЛ, 2010. — 109 с.

46. Свидерская, И.В. Гистометрический анализ закономерностей сезонного формирования древесины хвойных: Автореф. дис... канд. биол. наук / И.В. Свидерская. – Красноярск, 1999. – 21 с.

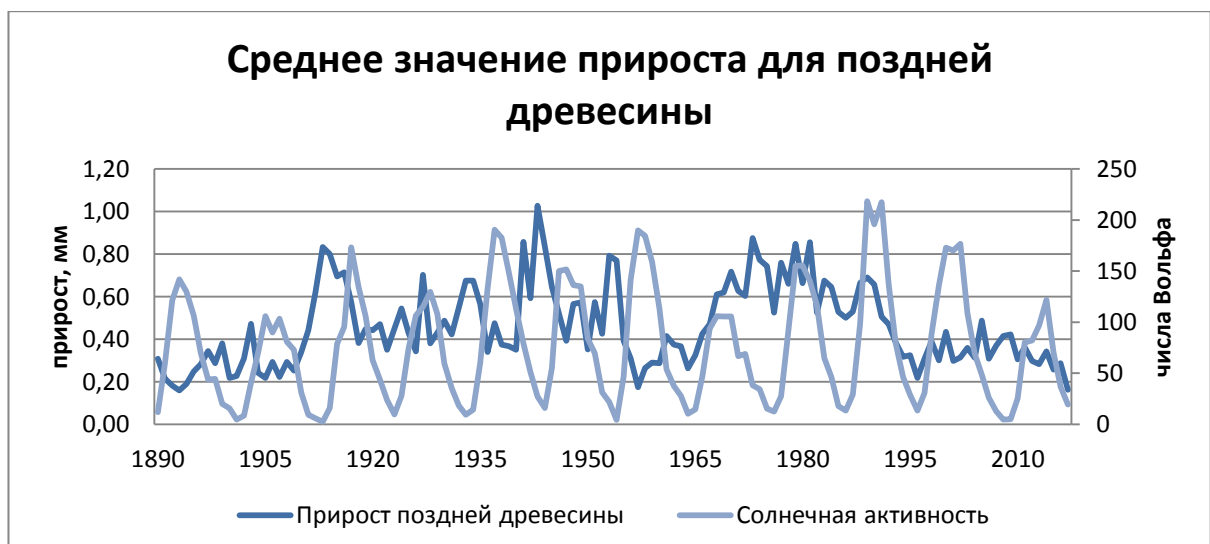
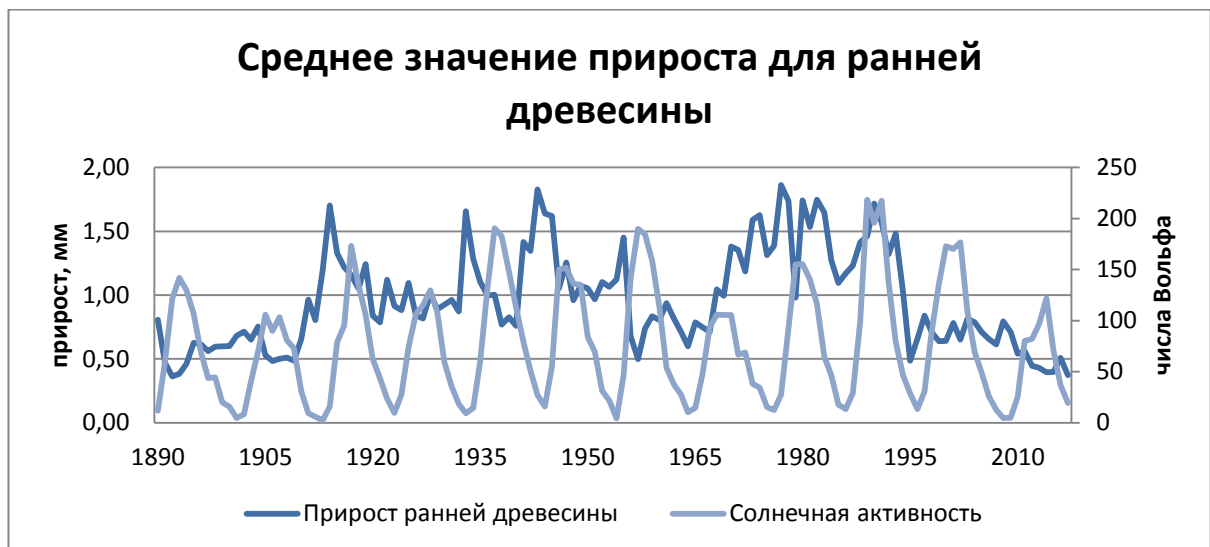
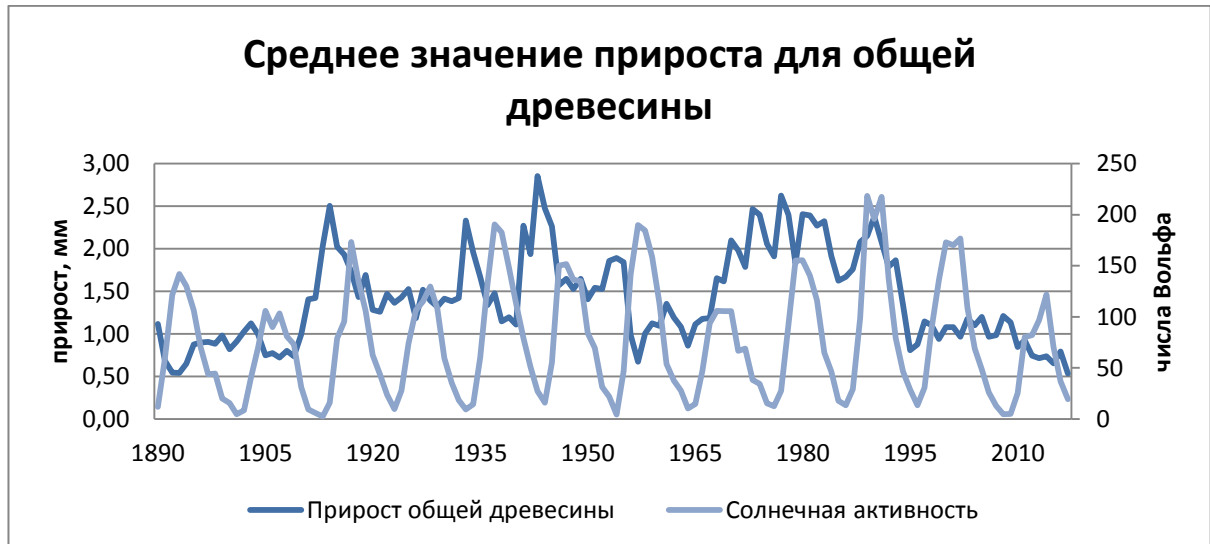
47. Среднегодовые числа Вольфа. – Режим доступа: <http://meteo-dv.ru/geospace/AverageMonthW>.

48. Тихонов, А.С. Лесоведение / А.С. Тихонов. – М.: ГП «ОБЛИЗДАТ», 2011. – 332 с.
49. Ткаченко, М.Е. Общее лесоводство / М.Е. Ткаченко. – М.; Л., 1952. – 600 с.
50. Тишин Д. В. Дендрэкология (методика древесно-кольцевого анализа). Учеб. мет. пособие. / Д.В. Тишин. – Казань: Казан. ун-т, 2015. – 36 с.
51. Чижевский, А.Л. Земное эхо солнечных бурь / А.Л. Чижевский. – М.: Мысль, 1976. – 367 с.
52. Шведов, Ф.Н. Дерево как летопись засух / Ф.Н. Шведов // Метеорологический вестник. – 1892. – № 5. – С. 163-178.
53. Шиятов, С.Г. Методы дендрохронологии. Часть I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: учебно-методич. Пособие / С.Г. Шиятов [и др.]. – Красноярск: КрасГУ, 2000. – С. 80.
54. Яценко-Хмелевский, А.А. Принципы систематики древесины / А.А. Яценко-Хмелевский // Тр. ботан. ин-та АН Арм. ССР. – Ереван, 1948. – Т. 5. – С. 5-156.

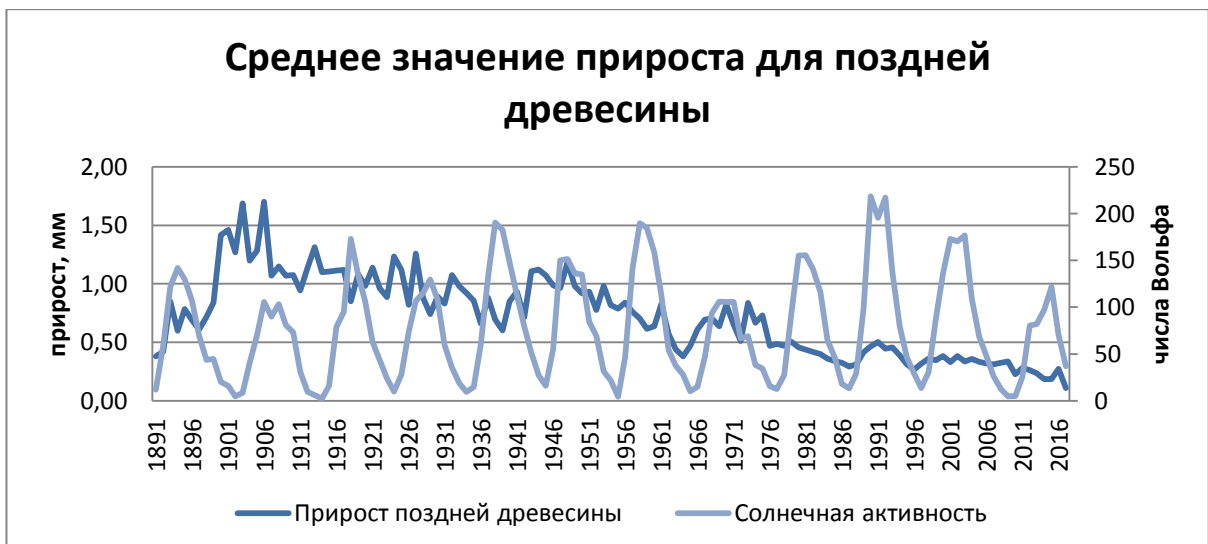
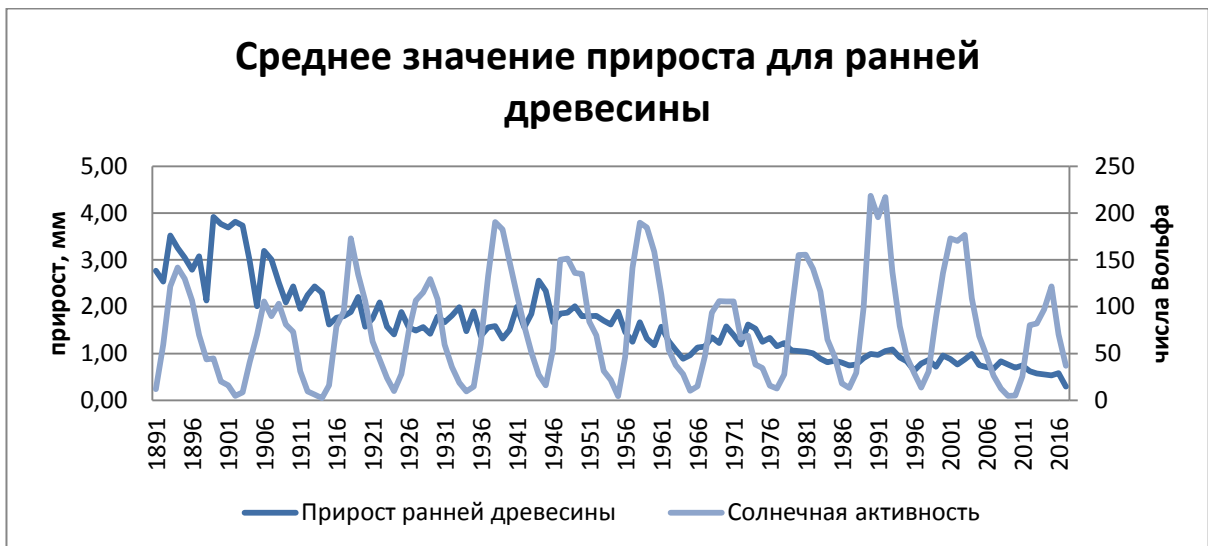
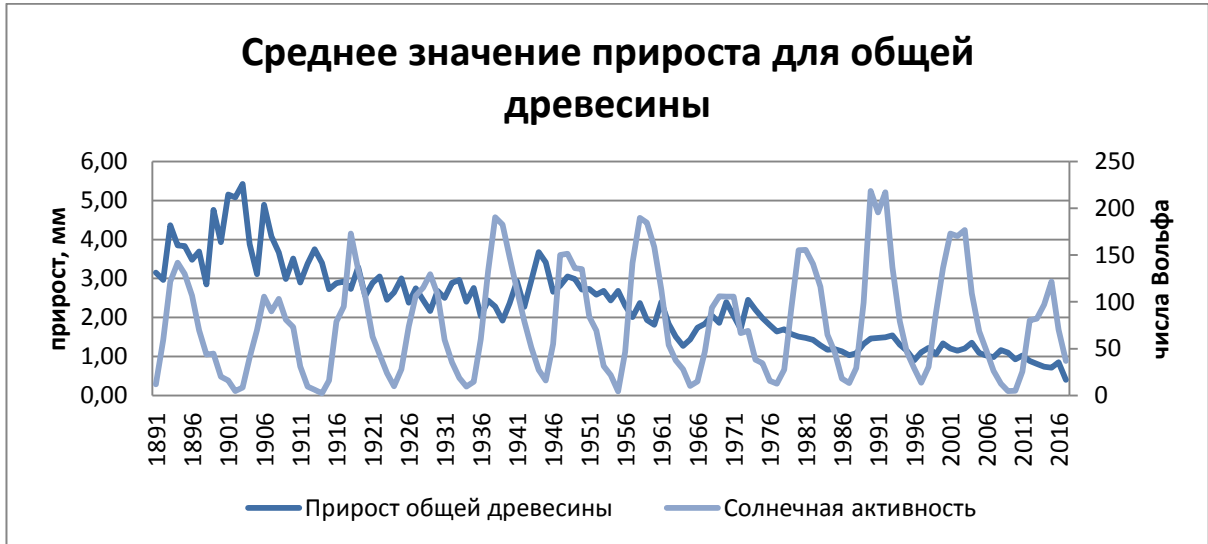
## ПРИЛОЖЕНИЕ

## Приложение 1

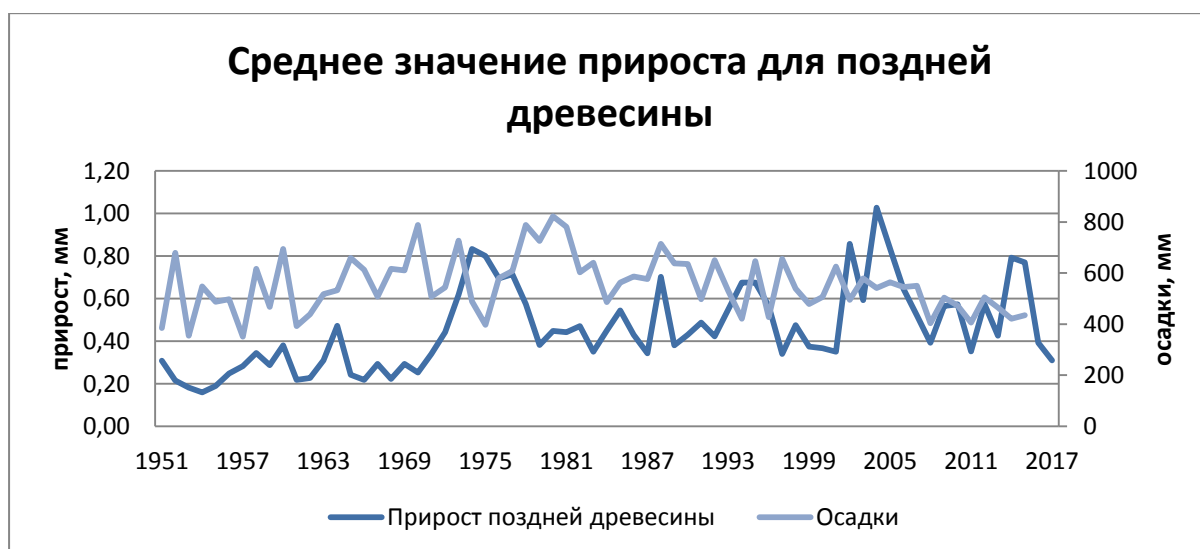
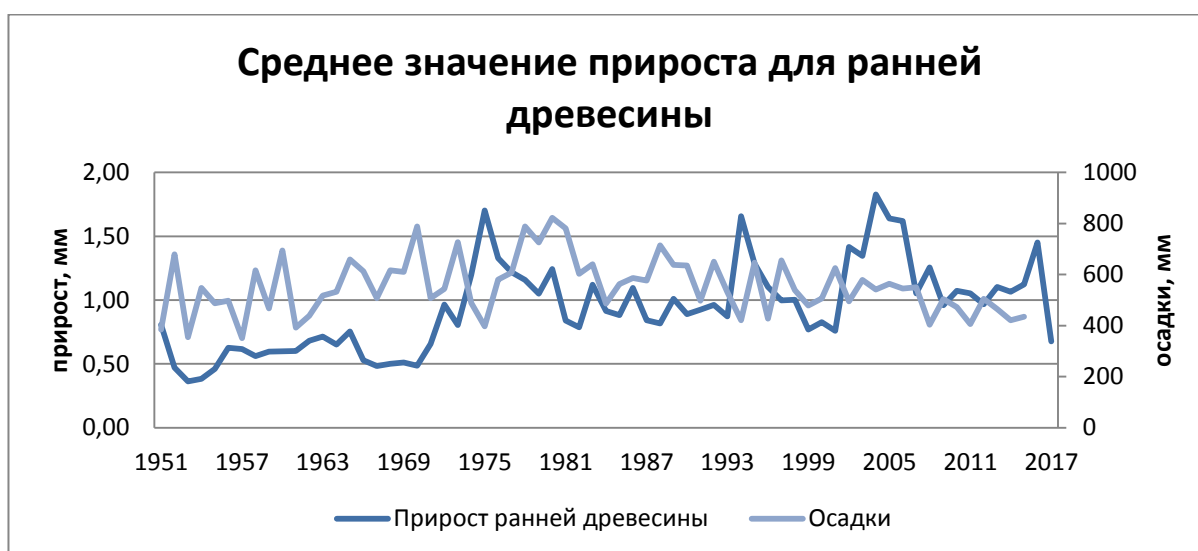
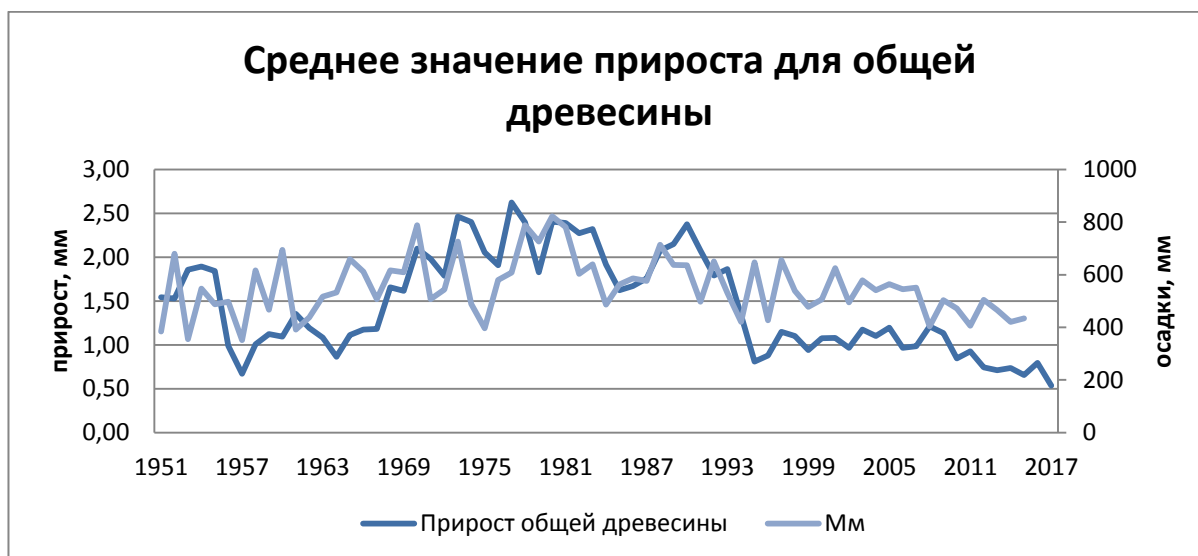
Влияние солнечной активности на радиальный прирост древесины сосны обыкновенной, растущей на возвышенности



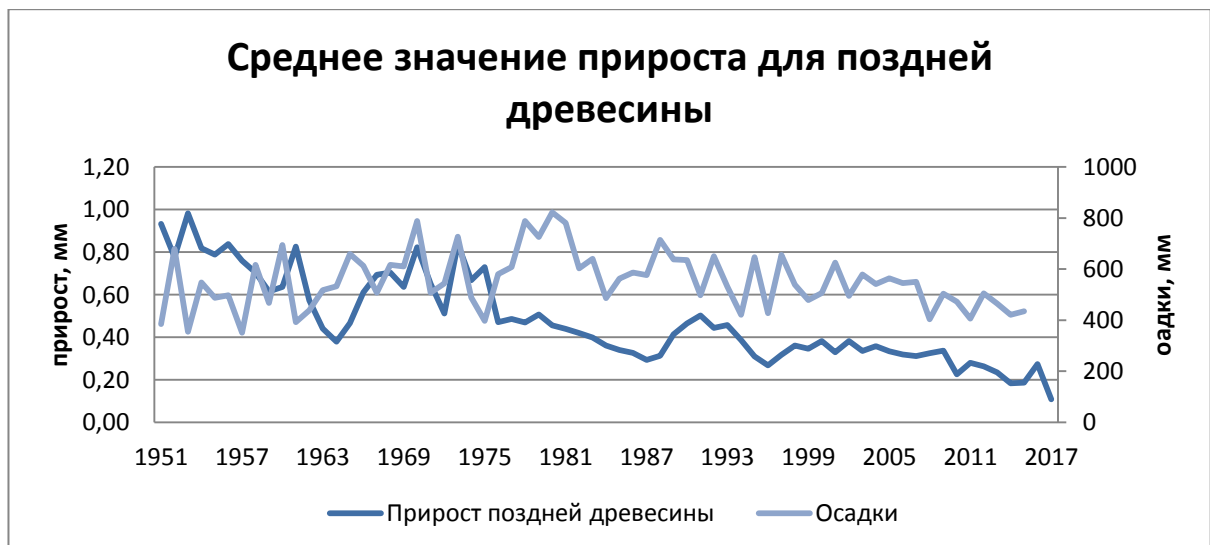
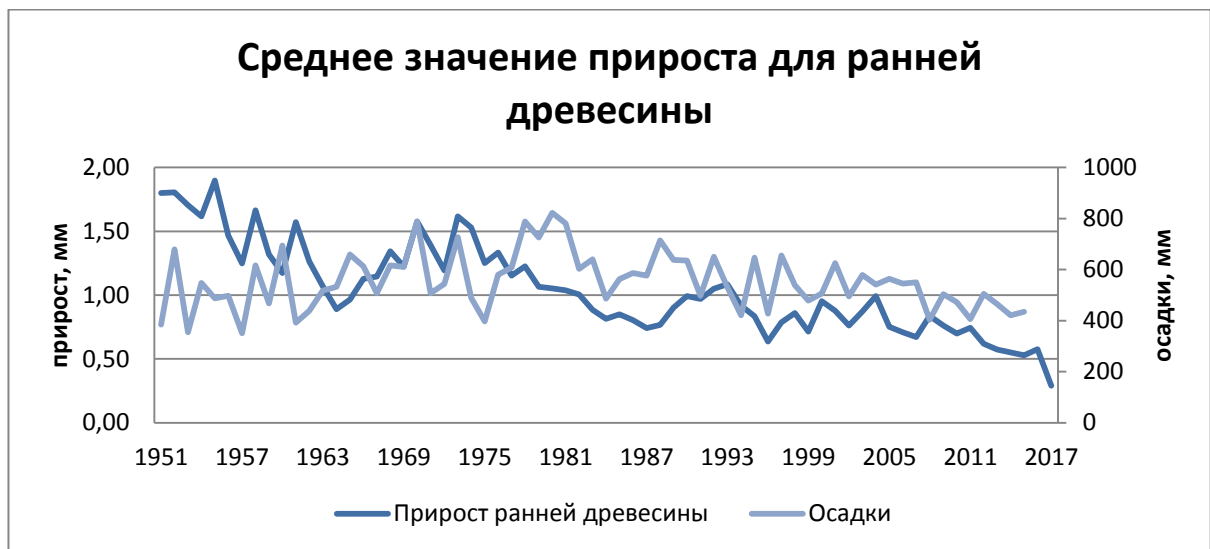
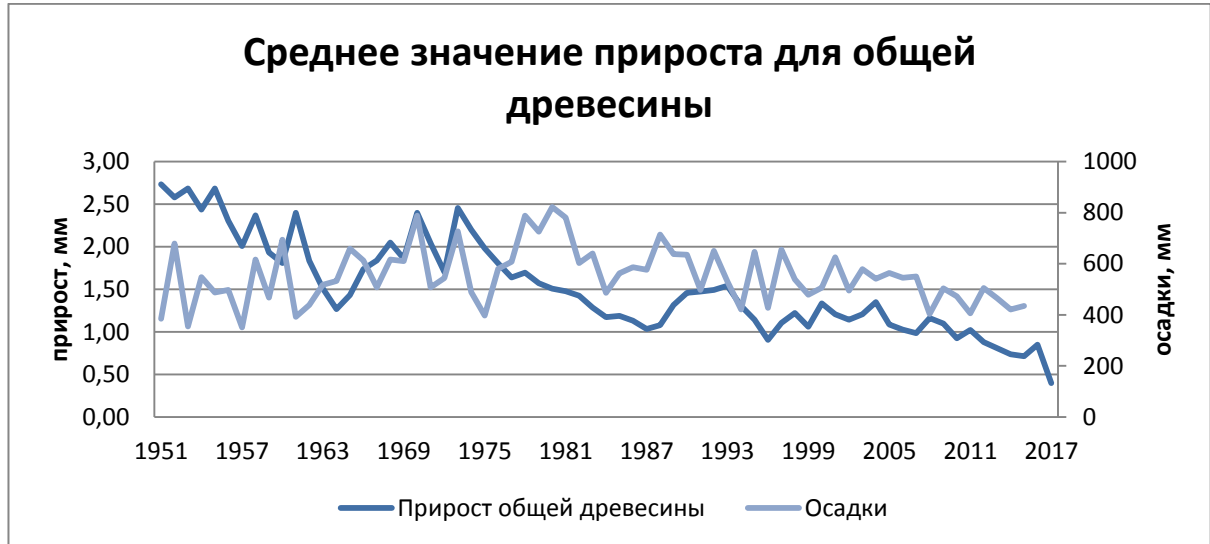
Влияние солнечной активности на радиальный прирост  
древесины сосны обыкновенной, растущей в низине



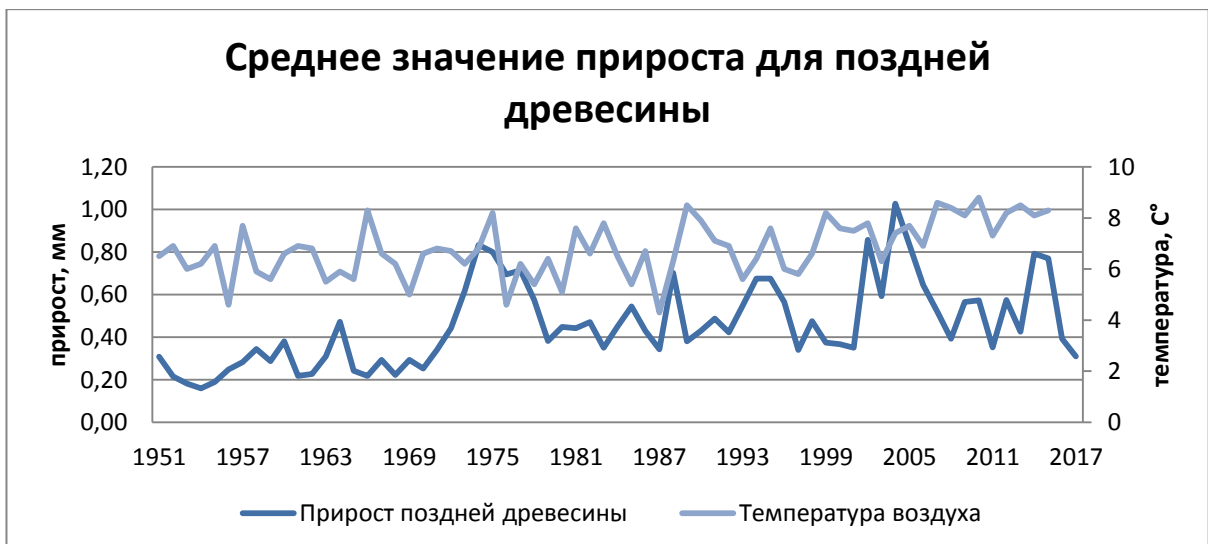
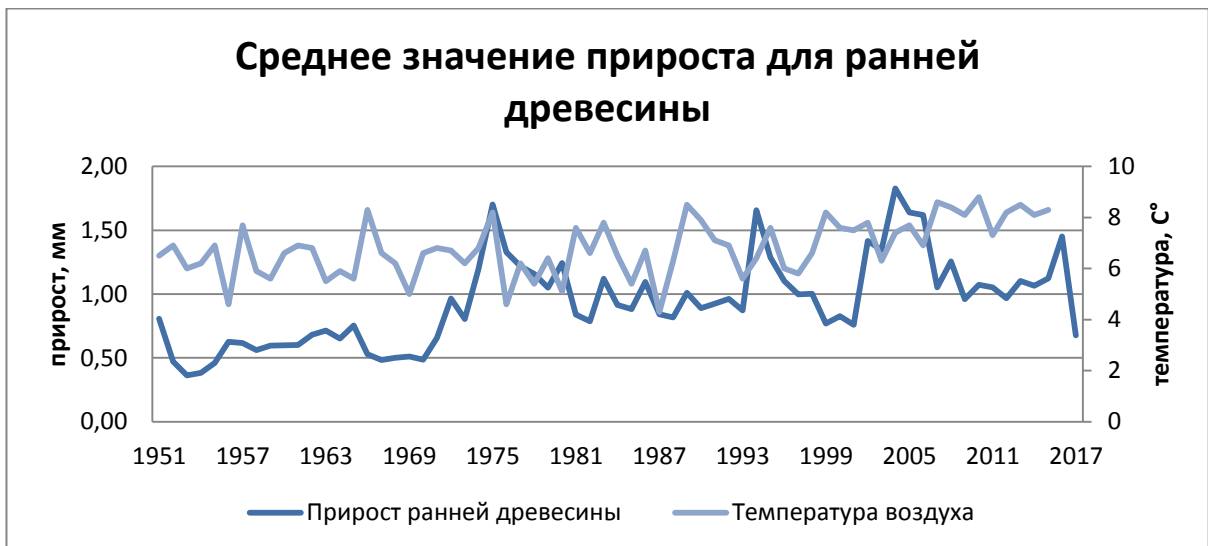
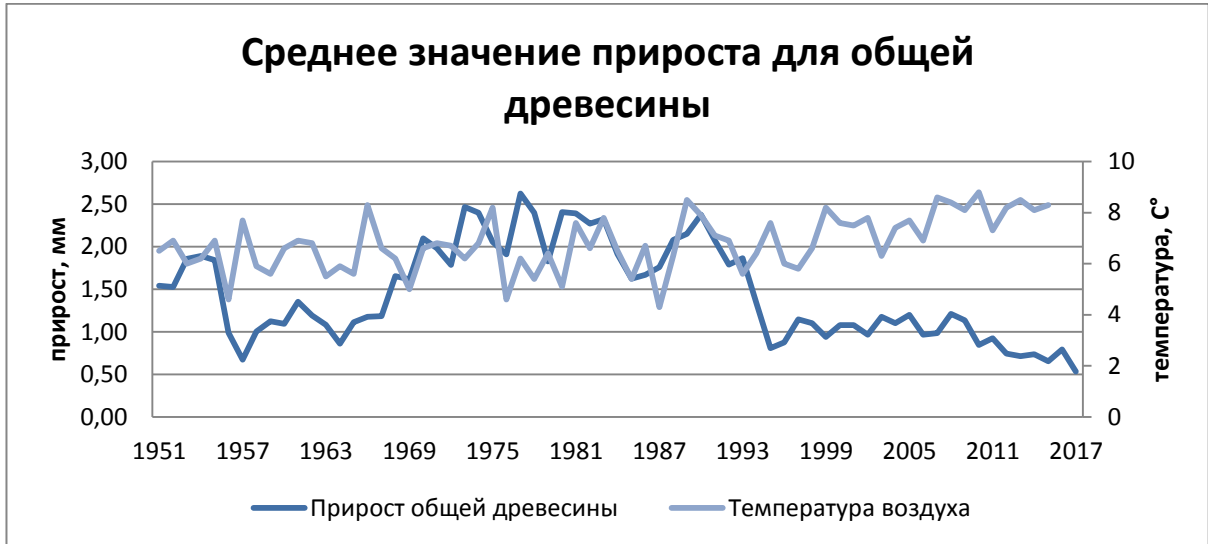
Влияние осадков на радиальный прирост  
древесины сосны обыкновенной, растущей на возвышенности



Влияние осадков на радиальный прирост  
древесины сосны обыкновенной, растущей в низине

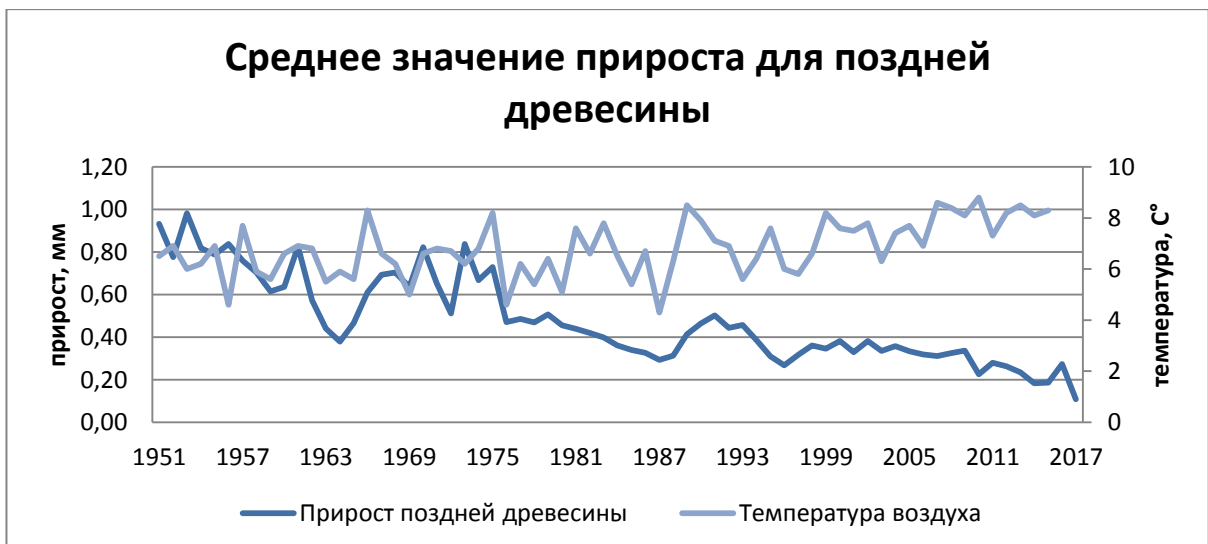
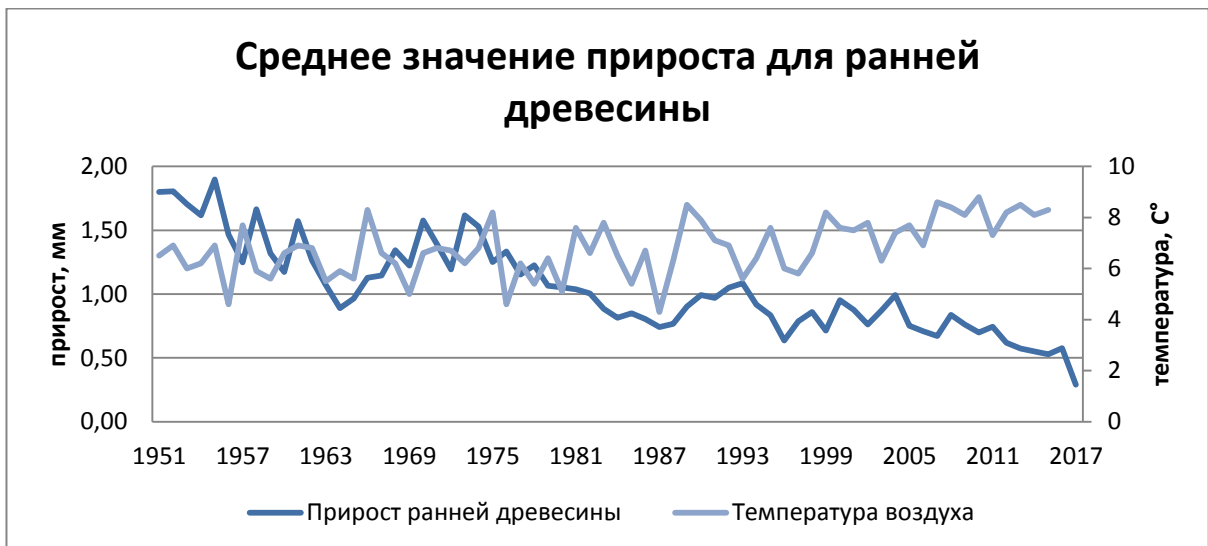
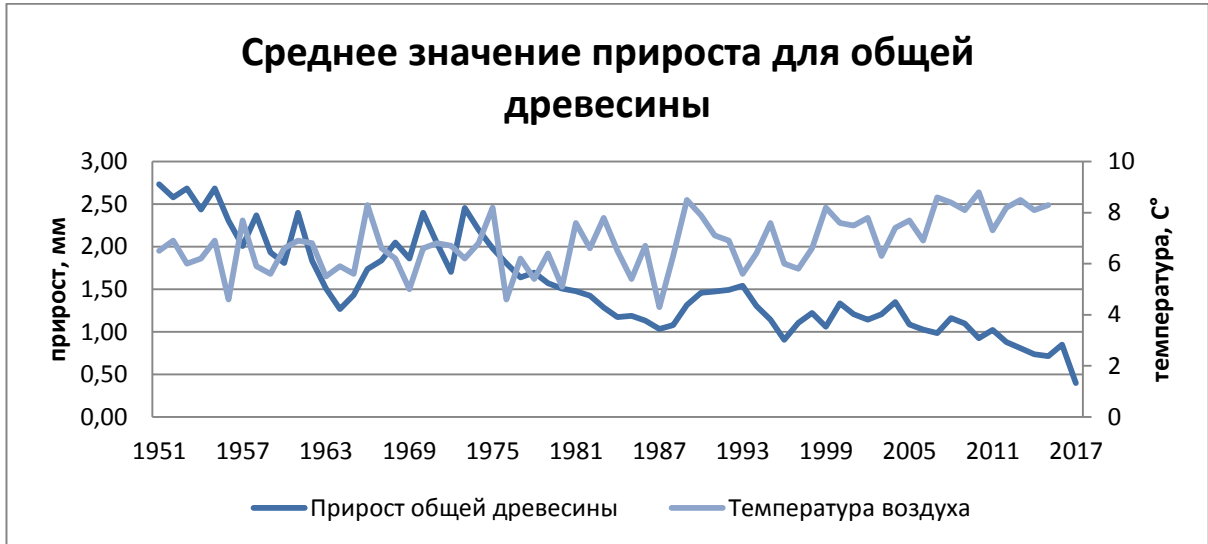


Влияние температуры воздуха на радиальный прирост древесины сосны обыкновенной, растущей на возвышенности

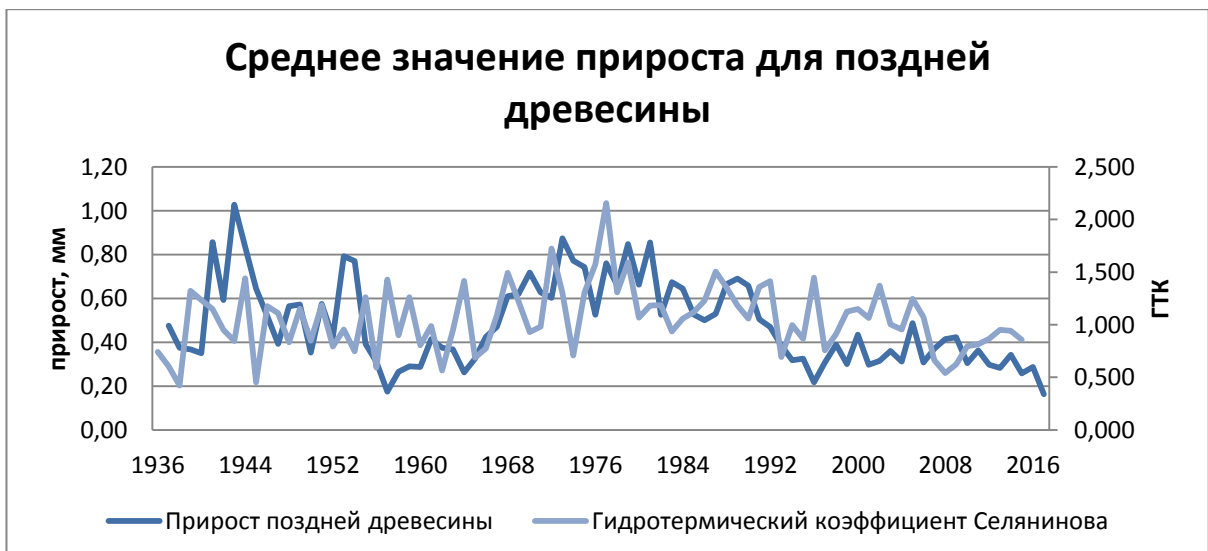
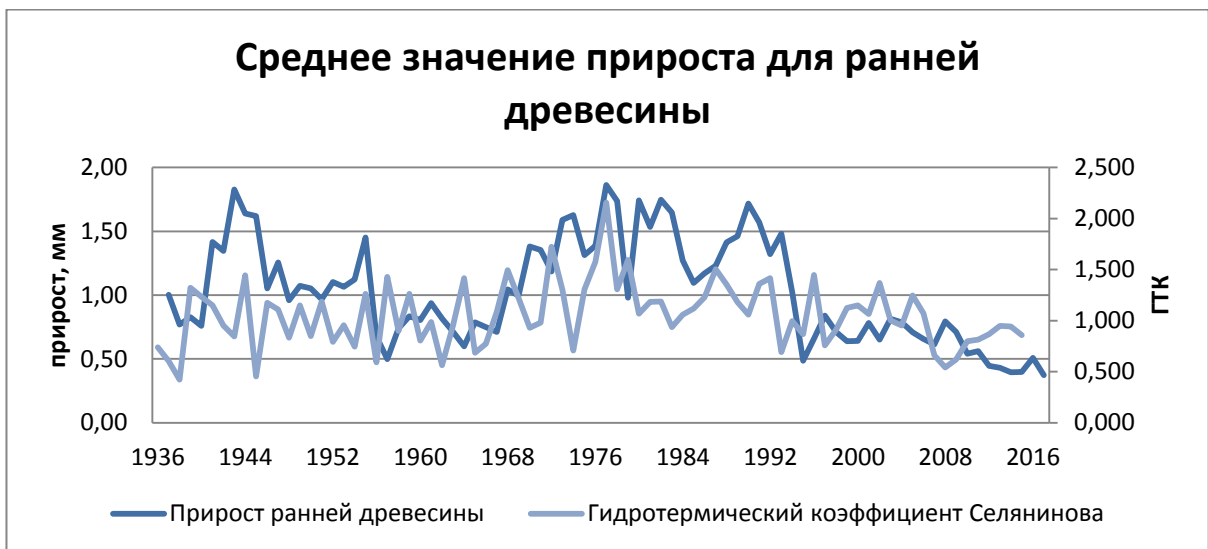
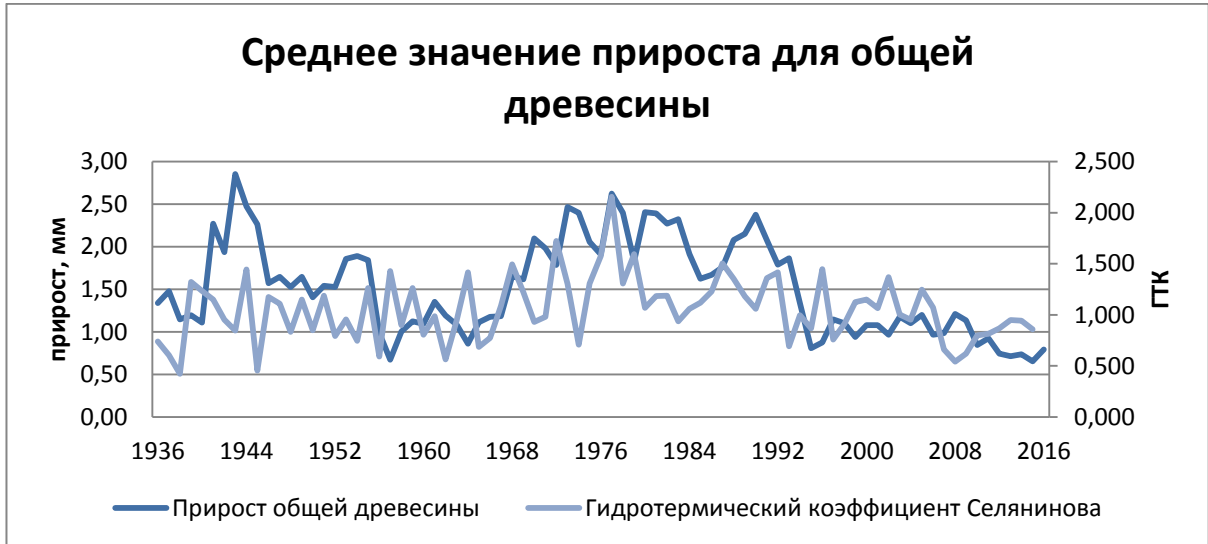




Влияние температуры воздуха на радиальный прирост  
древесины сосны обыкновенной, растущей в низине



Комплексное влияние соотношения тепла и влаги на радиальный прирост древесины сосны обыкновенной, растущей на возвышенности



Комплексное влияние соотношения тепла и влаги на радиальный прирост древесины сосны обыкновенной, растущей в низине

