

Научная статья

УДК 630.561.24

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.1.01

## Специфика проявления климатического сигнала в хронологиях осины для древостоев из разных частей Русской равнины

**Наталья Сергеевна Воробьева<sup>1</sup>****Денис Евгеньевич Румянцев<sup>2</sup>**

доктор биологических наук

**Аннотация.** В настоящее время дендроклиматические исследования роста основных лесобразующих пород приобрели актуальность в связи с глобальным потеплением климата и прогнозированием реакции лесов на этот процесс. Изменчивость прироста рассеяннососудистых пород Русской равнины плохо изучена по сравнению с хвойными и кольцесосудистыми. В ходе выполненных исследований динамики радиального прироста осины было установлено, что характер влияния метеорологических параметров на этот показатель имеет четко выраженную региональную специфику. В зимних условиях (Молокчинский заказник, Сергеево-Посадский район Московской обл.) наблюдается положительная реакция прироста на повышенные температуры января и февраля текущего года. В Центрально-Лесном заповеднике (Тверская обл.) отмечена специфическая достоверная корреляция прироста с температурами апреля. В наиболее засушливых условиях Мордовского заповедника (Республика Мордовия) установлено ярко выраженное отрицательное влияние на прирост осины повышенных температур воздуха летних месяцев (июнь, июль, август) предшествующего года. Проведенное исследование показало высокую вероятность деградации осиновых лесов по мере возрастания температур воздуха летних месяцев.

**Ключевые слова:** осина обыкновенная, дендрохронология, дендроклиматология, прогноз реакции осиновых лесов на глобальное потепление

**Для цитирования:** Воробьева Н.С., Румянцев Д.Е. Специфика проявления климатического сигнала в хронологиях осины для древостоев из разных частей Русской равнины. – Текст : электронный // Лесохозяйственная информация. 2023. № 1. С. 5–16. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.1.01

<sup>1</sup> Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, аспирант (Мытищи, Московская обл., Российская Федерация), vorobyeva@bmstu.ru

<sup>2</sup> Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, доцент, профессор (Мытищи, Московская обл., Российская Федерация), dendro@mgul.ac.ru

Original article

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.1.01

## Specific Features of Climatic Signal in Chronologies for Stands from Different Parts of Russian Plain

**Natalia S. Vorobyova**<sup>1</sup>**Denis E. Rumyantsev**<sup>2</sup>*Doctor of Biological Sciences*

**Abstract.** Currently, dendroclimatic studies of the growth of the main forest-forming species have become relevant in connection with the problem of global climate warming and the forecast of the response of forests to these processes. The variability of the growth of the scattered vascular species of the Russian plain is relatively poorly studied in comparison with coniferous and ring-vascular species. In the course of the performed studies of the dynamics of the radial growth of aspen, it was found that the nature of the influence of meteorological parameters on the dynamics of aspen growth has a clearly defined regional specificity. In severe winter conditions (Molokchinsky Nature Reserve, Sergiev Posad district, Moscow region), there is a positive reaction of growth to elevated temperatures in January and February of current year in the Central Forest Reserve (Tver region). A specific reliable correlation of the growth increase with April temperatures was noted. In the most arid conditions of the Mordovian Nature Reserve (Republic of Mordovia), a pronounced negative effect on the growth of aspen was established for the increased air temperatures of the summer months (June, July, August) of previous year. The study showed a high probability of degradation of aspen forests if the air temperatures of the summer months will increase.

**Key words:** aspen, dendrochronology, dendroclimatology, forecast the response of aspen forests to global warming

**For citation:** Vorobyova N., Rumyantsev D. Specific Features of Climatic Signal in Chronologies for Stands from Different Parts of Russian Plain. – Text : electronic // Forestry information. 2023. № 1. P. 5–16. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.1.01

<sup>1</sup> Mytishchi Branch of the Bauman Moscow State Technical University, Postgraduate Student (Mytishchi, Moscow region, Russian Federation), vorobyeva@bmsu.ru

<sup>2</sup> Mytishchi Branch of the Bauman Moscow State Technical University, Associate Professor, Professor (Mytishchi, Moscow region, Russian Federation), dendro@mgul.ac.ru

## Введение

На большей части Русской равнины климат умеренно-континентальный. Она подвержена воздействию воздушных масс, формирующихся над Атлантическим и Северным Ледовитым океанами. Атлантические воздушные массы приносят на ее территорию значительное количество осадков, создавая благоприятные условия для роста лесов. Количество осадков убывает с северо-запада на юго-восток. Кроме того, атлантические массы оказывают смягчающее влияние на климат круглый год. Зимой они обеспечивают потепление, вплоть до оттепелей, что особенно ярко выражено в западных районах. Арктический воздух зимой распространяется на всю территорию равнины, вплоть до крайнего юга. Он приносит сухость и похолодание. Летом вторжение арктического воздуха сопровождается похолоданиями и засухами.

Поочередное вторжение атлантических и арктических воздушных масс обуславливает неустойчивость погодных явлений и несхожесть сезонов разных лет. Характерной особенностью Русской равнины является яркое проявление горизонтальной зональности в распределении климата.

Влияние климатических факторов на колебания ширины годичного кольца от года к году имеет выраженную региональную специфику. Для хвойных пород Русской равнины этот вопрос достаточно изучен [1–3].

Для рассеяннососудистых пород, в частности осины (*Populus tremula* L.), таких данных нет. Изменчивость прироста рассеяннососудистых древесных пород под влиянием колебаний метеорологических параметров до последнего времени вообще оставалась почти не исследованной. При этом, имея биологически иную структуру годичного кольца (иной набор анатомических элементов в пределах годичного кольца, более высокий процент живых клеток на отдельном участке древесины), они должны отличаться от хвойных пород по характеру динамики радиального прироста.

В настоящее время дендроклиматические исследования роста основных лесобразующих пород приобрели особую актуальность в связи с глобальным потеплением климата и прогнозированием реакции лесов на этот процесс. Результаты выполненных нами исследований динамики радиального прироста осины в разных районах Русской равнины ранее частично были опубликованы [4–6]. Цель работы – обобщающий анализ предшествующих исследований.

## Объект исследования

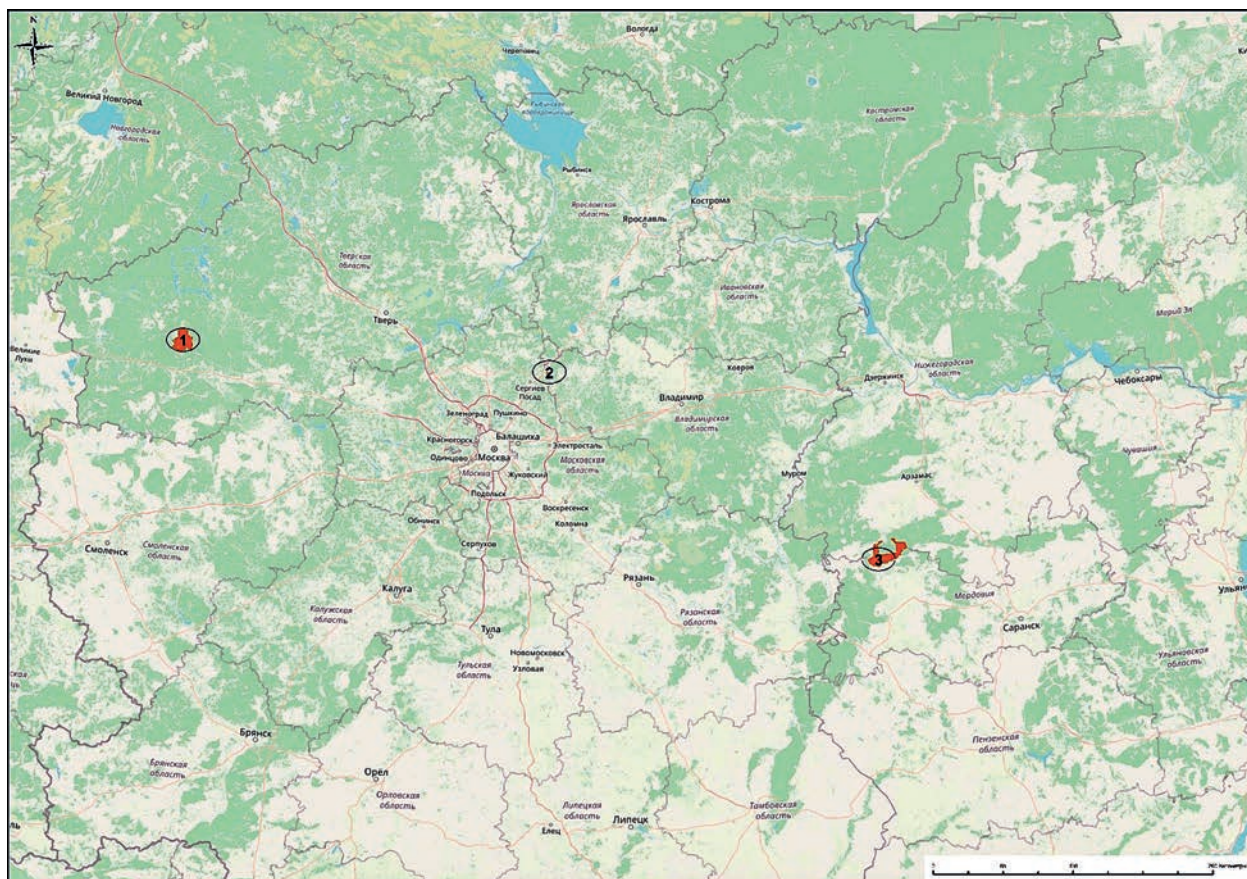
В качестве объекта исследования выбрана трансекта из трех пробных площадей в центре Русской равнины, вытянутая с северо-запада на юго-восток. Такое расположение пробных площадей отражает градиент по росту континентальности и засушливости климата.

Пробные площади располагались в пределах особо охраняемых природных территорий: Центрально-Лесного заповедника (Тверская обл.), Молокчинского ботанико-энтомологического заказника (Московская обл.) и Мордовского заповедника (Республика Мордовия). Это минимизировало антропогенное воздействие на экосистемы и, в частности, фактор теплового загрязнения в урбанизированной среде. Расположение пробных площадей отражено на рис. 1. Характеристика пробных площадей приведена в табл. 1. Пример древостоя на пробной площади можно увидеть на рис. 2.

Все рассматриваемые древостои характеризуются преобладанием осины в составе, несколько отличаются по составу подлеска и подроста, а результаты учета живого напочвенного покрова позволяют отнести их все к одному типу леса: осинник зеленчуковый (см. табл. 1).

Все древостои имеют сходные таксационные параметры. Характеристика учетных деревьев представлена в табл. 2.

Важным аспектом характеристики объектов исследования является сопоставление их климатических характеристик на основе сравнения среднемноголетних значений метеопараметров.



**Рис. 1. КАРТА-СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЕЙ:**  
**1 – ЦЕНТРАЛЬНО-ЛЕСНОЙ ЗАПОВЕДНИК (ТВЕРСКАЯ ОБЛ.);**  
**2 – МОЛОКЧИНСКИЙ БОТАНИКО-ЭНТОМОЛОГИЧЕСКИЙ ЗАКАЗНИК (ГРАНИЦА МОСКОВСКОЙ И ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТЕЙ);**  
**3 – МОРДОВСКИЙ ЗАПОВЕДНИК (РЕСПУБЛИКА МОРДОВИЯ)**

**ТАБЛИЦА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЕЙ**

ОБЪЕКТ	СОСТАВ ДРЕВОСТОЯ	СОСТАВ ПОДЛЕСКА	СОСТАВ ПОДРОСТА	СОСТАВ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА
Центрально-Лесной заповедник	80с2Е+Б	Рябина обыкновенная, лещина обыкновенная, малина обыкновенная	Ель европейская, клен остролистный, липа мелколистная, осина	Кислица, черника, зеленчук желтый, звездчатка жестколистная, ожика волосистая, фегоптерис буковый, голокучник Линнея, кочедыжник женский, косяника, печеночница, злаки и др.
Молокчинский ботанико-энтомологический заказник	70с3Е+Олс+Б	Жимолость лесная, рябина обыкновенная, лещина обыкновенная, бересклет бородавчатый, черемуха обыкновенная, малина обыкновенная, калина обыкновенная, крушина ломкая	Клен остролистный, ель европейская, осина, ольха серая	Зеленчук желтый, кочедыжник женский, щитовник мужской, медуница неясная, подмаренник душистый, хвощ полевой, чина лесная, воронец колосистый, голокучник обыкновенный и др.
Мордовский заповедник	90с1Б+С+Лп	Лещина обыкновенная	Осина, клен остролистный	Копытень европейский, будра плющевидная, зеленчук желтый, щитовник мужской и др.



**Рис. 2. Исследуемый древостой осины  
в условиях Мордовского заповедника**

Это позволяет выполнить климаграммы средне-месячных температур и месячных сумм осадков (рис. 3 и 4). Центрально-Лесной заповедник характеризуется существенно более холодным температурным режимом в течение вегетационного периода (апрель–сентябрь). Мордовский

заповедник отличается значительно более морозными зимами, несмотря на свое более южное расположение, что связано с известными закономерностями возрастания континентальности климата в рассматриваемом градиенте распределения пробных площадей. Кроме того, по мере возрастания континентальности климата в ряду – Центрально-Лесной заповедник, Молокчинский заказник, Мордовский заповедник – наблюдается закономерное снижение месячной суммы осадков. В Мордовском заповеднике отмечаются минимальные суммы осадков как в вегетационный период, так и за его пределами. Центрально-Лесной заповедник характеризуется максимальными суммами осадков в вегетационный период.

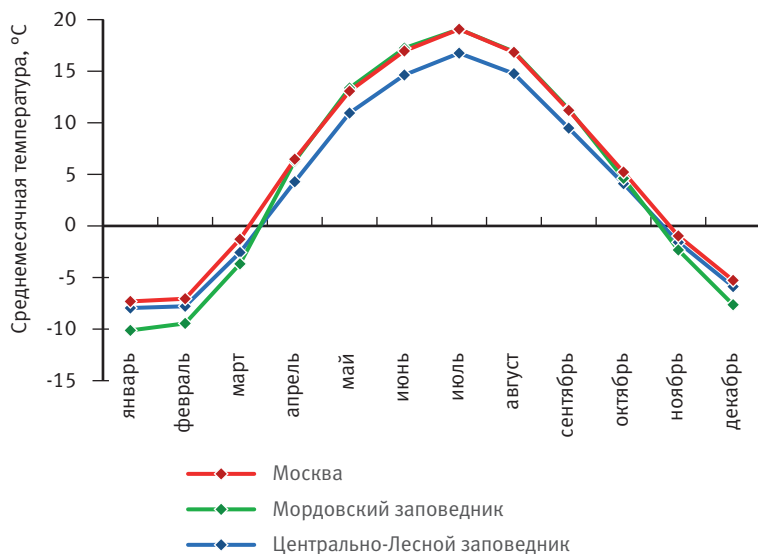
## Методика исследований

В ходе работ на каждой пробной площади было выделено не менее 20 учетных деревьев, с каждого из которых на высоте 1,3 м с помощью бурава Пресслера был отобран образец древесины (кern). У каждого дерева измеряли длину окружности, высоту и устанавливали его географические координаты.

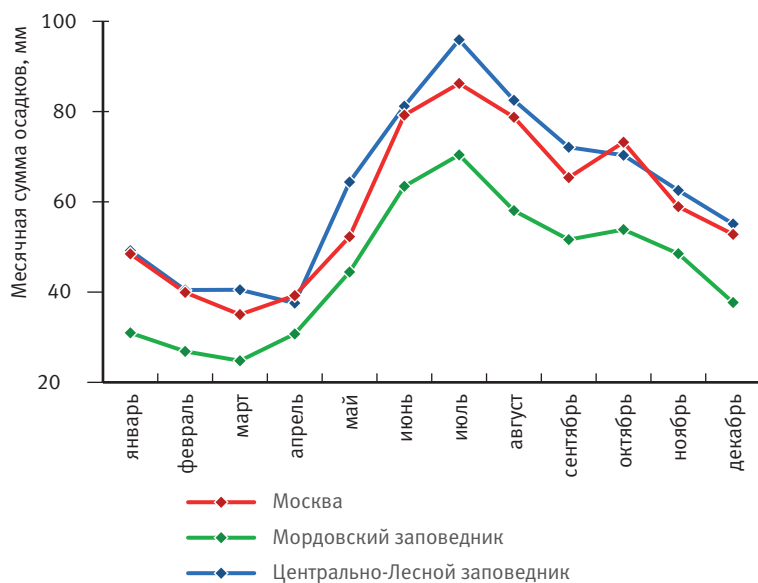
Осина относится к рассеяннососудистым древесным породам, годовые кольца которых считаются слабо различимыми. Это требует особо тщательной подготовки поверхности керна перед измерениями. На подготовительном

**Таблица 2. Средние таксационные показатели учетных деревьев на пробных площадях**

Объект	Диаметр, см	Высота, м	Класс возраста древостоя	Полнота	Год формирования первого кольца	Дендроклиматически анализируемый период в хронологии, лет	Число кернов, отобранных на пробной площади, шт.
Центрально-Лесной заповедник	55	35	XI	0,9	1909	41	21
Молокчинский ботанико-энтомологический заказник	38	32	VII	0,7	1944	67	20
Мордовский заповедник	36	32	IX	0,8	1934	66	28



**Рис. 3. Среднеголетние значения среднемесячной температуры на объектах исследования (для характеристики Молокчинского заказника использованы данные метеостанции Москвы)**



**Рис. 4. Среднеголетние значения месячной суммы осадков на объектах исследования (для характеристики Молокчинского заказника использованы данные метеостанции Москвы)**

этапе керн смачивают водой, чтобы поверхность образца было легче зачистить. Затем керн вкладывают в специальную деревянную подложку и с помощью канцелярского ножа зачищают его поверхность. После того как керн высох, его натирают порошком мела, который заполняет поры

более рыхлой древесины, а затем очищают от мела с помощью щетки. Этот предварительный этап позволяет оператору более четко определить границы годовичных колец при последующем измерении.

Измерения проведены с помощью прибора ЛИНТАБ-5 на базе лаборатории Института географии РАН, перекрестная датировка выполнена с помощью программы TSAP-Win [7].

Статистическая обработка данных проведена при помощи программы MS Excel. В изменчивости временного ряда радиального прироста посредством математических преобразований можно выделить долговременную и кратковременную компоненты этого показателя. Кратковременная компонента отражает, прежде всего, влияние на ширину годовичного кольца ежегодно изменяющихся климатических параметров. Для выделения кратковременной компоненты нами проведен расчет временных рядов индексов радиального прироста по формуле:

$$I = \frac{R}{T}, \quad (1)$$

где:

I – значение индекса прироста в данном году, мм;

R – значение радиального прироста (ширины годовичного кольца) в данном году, мм;

T – скользящее среднее для определенного временного интервала, мм.

В зависимости от варианта расчета скользящего среднего индекс будет различаться. В данном случае скользящее среднее T для года n рассчитывалось по формуле:

$$T_n = \frac{R_{n-4} + R_{n-3} + R_{n-2} + R_{n-1} + R_n}{5}, \quad (2)$$

где:

R<sub>n</sub> – значение ширины годовичного кольца в текущем году, мм;

R<sub>n-1..2,3,4</sub> – значение ширины годовичного кольца в предшествующем году, мм и т. д.

Для дендроклиматического анализа использованы временные ряды по таким

метеопараметрам, как среднемесячные температуры, месячные суммы осадков<sup>1</sup>.

## Результаты и обсуждение

Для выявления сопряженности в колебаниях ширины годичного кольца нами был использован метод корреляционного анализа рядов индексов прироста и рядов метеопараметров. Достоверность коэффициента корреляции определяется длиной временного ряда и принятым уровнем доверительной вероятности. Длина временного ряда, помимо возраста, зависит от пораженности ствола гнилью. Анализ целесообразно осуществлять с того временного момента, когда единая групповая хронология построена на материале не менее 50 % учетных деревьев. В биологических исследованиях общепринятым уровнем доверительной вероятности является 0,95 [8]. Результаты корреляционного анализа приведены в табл. 3–6, достоверные значения коэффициентов корреляции выделены жирным шрифтом.

Для Мордовского заповедника временные ряды наблюдений за осадками содержат

множественный ряд разрывов, что делает невозможным полноценный расчет значений коэффициентов корреляции (в табл. 5 и 6 это обозначено буквой Z).

Анализ данных табл. 3–6 позволяет сделать вывод о наличии четко выраженной региональной специфики в распределении достоверных значений коэффициентов корреляции по месяцам. Сложно выявить какой-либо общий для всех трех хронологий метеопараметр, демонстрирующий достоверную корреляцию с приростом. При этом почти все рассчитанные достоверные значения коэффициентов корреляции чуть выше пороговых для уровня доверительной вероятности 0,05.

Результаты подтверждают ранее сделанный вывод: в оптимальных условиях произрастания процедура корреляционного анализа древесно-кольцевых хронологий обычно не позволяет выявить явно выраженный спектр значений коэффициентов корреляции между колебаниями климата и прироста. Климат влияет на прирост, но характер этого влияния (почти ежегодная смена лимитирующих прирост климатических факторов) таков, что исследовать его с помощью

**Таблица 3. Значения коэффициентов корреляции между рядами индексов прироста и рядами температур текущего года**

Месяц	Объект		
	Центрально-Лесной заповедник	Молокчинский заказник	Мордовский заповедник
Январь	-0,07	<b>0,25</b>	0,00
Февраль	-0,21	<b>0,26</b>	-0,01
Март	0,00	0,13	0,01
Апрель	<b>-0,32</b>	0,06	-0,13
Май	-0,22	-0,06	0,15
Июнь	-0,17	-0,02	-0,19
Июль	-0,09	-0,01	-0,22
Август	-0,27	-0,03	-0,19
Сентябрь	-0,01	<b>0,24</b>	0,15
Октябрь	-0,18	0,02	<b>-0,28</b>
Ноябрь	-0,15	-0,04	0,05
Декабрь	<b>-0,36</b>	<b>0,32</b>	<b>-0,27</b>

<sup>1</sup> Получены на сайте [http://www.pogodaiklimat.ru/history/28367\\_3.htm](http://www.pogodaiklimat.ru/history/28367_3.htm).

**Таблица 4.** Значения коэффициентов корреляции между рядами индексов прироста и рядами температур предшествующего года

Месяц	Объект		
	Центрально-Лесной заповедник	Молокчинский заказник	Мордовский заповедник
Январь	-0,23	0,08	0,03
Февраль	0,00	0,16	-0,03
Март	<b>-0,30</b>	0,14	-0,05
Апрель	<b>-0,40</b>	-0,13	0,06
Май	-0,03	-0,23	0,13
Июнь	-0,21	0,11	<b>-0,27</b>
Июль	-0,06	0,09	<b>-0,40</b>
Август	-0,10	0,00	<b>-0,36</b>
Сентябрь	-0,14	0,01	-0,01
Октябрь	-0,01	0,00	-0,19
Ноябрь	-0,02	-0,10	-0,01
Декабрь	-0,29	0,21	-0,16

**Таблица 5.** Значения коэффициентов корреляции между рядами индексов прироста и рядами месячных сумм осадков текущего года

Месяц	Объект		
	Центрально-Лесной заповедник	Молокчинский заказник	Мордовский заповедник
Январь	-0,02	0,23	Z
Февраль	-0,04	0,08	Z
Март	-0,04	0,11	Z
Апрель	-0,29	-0,05	Z
Май	-0,04	0,02	Z
Июнь	-0,05	-0,14	Z
Июль	-0,23	<b>0,27</b>	Z
Август	-0,24	0,06	Z
Сентябрь	-0,06	-0,14	Z
Октябрь	-0,28	0,04	Z
Ноябрь	-0,16	0,02	Z
Декабрь	-0,32	0,00	Z

математической процедуры корреляционного анализа невозможно. С точки зрения лесоводственной дендрохронологии это и не хорошо, и не плохо: это своеобразный индикатор «оптимальности» условий роста древостоя в конкретных физико-географических условиях.

Если параметры окружающей среды смещаются в сторону от оптимальных, то число достоверных и биологически объяснимых значений коэффициентов корреляции возрастает. Данное явление наблюдается на примере хронологии из Мордовского заповедника – здесь зафиксировано



**Таблица 6. Значения коэффициентов корреляции между рядами индексов прироста и рядами месячных сумм осадков предшествующего года**

Месяц	Объект		
	Центрально-Лесной заповедник	Молокчинский заказник	Мордовский заповедник
Январь	-0,19	0,04	Z
Февраль	-0,07	-0,11	Z
Март	-0,23	0,00	Z
Апрель	-0,18	0,08	Z
Май	-0,11	0,03	Z
Июнь	-0,23	-0,11	Z
Июль	-0,12	0,03	Z
Август	-0,25	<b>0,36</b>	Z
Сентябрь	-0,06	-0,10	Z
Октябрь	-0,25	0,06	Z
Ноябрь	-0,11	-0,11	Z
Декабрь	-0,15	0,04	Z

явное отрицательное влияние повышенных летних температур прошлого года на прирост, что выражается в наличии отрицательных корреляций с температурами июня, июля и августа предшествующего года (-0,27; -0,40; -0,36 соответственно). Отрицательное влияние повышенных летних температур на прирост следующего года достаточно хорошо известно [6]. Это связано с негативными эффектами от малого числа заложившихся вегетативных почек, что определяет снижение биомассы ассимилирующей поверхности в следующем вегетационном периоде. Кроме того, важно, что продукты ассимиляции, сохраненные в течение вегетационного периода для следующего года, используются для целей более быстрого роста побегов и формирования ассимиляционной поверхности, а от их количества в конечном итоге будет зависеть интенсивность фотосинтеза на следующий год.

Второй пример – хронология Молокчинского заказника. Древостой расположен приблизительно на той же широте, что и в Центрально-Лесном заповеднике. Однако возрастание континентальности климата играет свою роль: проявляется положительная корреляция с повышенными температурами января и февраля (коэффициент

корреляции 0,25 и 0,26 соответственно). По-видимому, это эффект от возникающего время от времени отрицательного влияния морозов на условия зимовки вегетативных почек в условиях континентального увеличения сухости воздуха. Вероятно, что данные по метеостанции Москвы не очень точно характеризуют особенности микроклимата на территории заказника.

Для хронологии из Центрально-Лесного заповедника характерно наличие отрицательной реакции на температуры апреля (коэффициент корреляции для текущего года равен -0,32; для предшествующего года – -0,40). Характерно, что похожая корреляция наблюдалась здесь для хронологии ели из кисличного типа леса [9], однако температуры оказывали положительное влияние на прирост (корреляция с температурами апреля текущего года – 0,48; корреляции с температурами апреля предшествующего года – 0,38). Один из возможных биологических смыслов выявленной корреляции может быть таков: раннее прогревание почвы обеспечивает раннее начало фотосинтеза у имеющей охвоенные побеги ели, что, наоборот, не происходит у осины, у которой интенсифицируются лишь диссимиляционные процессы дыхания (за счет

повышения общей интенсификации процессов обмена веществ).

Исходя из приведенных выше данных видно, что сопоставление результатов конкретных дендроклиматических исследований с данными других авторов не обладает такой высокой ценностью, как в биологических исследованиях другого рода: климатический сигнал в хронологиях имеет сильно выраженную региональную обусловленность. Однако проводить определенные параллели всегда имеет смысл.

Так, канадские исследователи [10] считают, что адекватные предварительные знания о реакции лесных экосистем на вызванную температурой воздуха засуху имеют решающее значение для всестороннего понимания последствий глобального изменения климата на структуру и функционирование лесных экосистем. Они полагают, что недавнее массовое сокращение лесов с преобладанием осины в Канаде, интенсификация усыхания осины в бореальных лесах страны были связаны с глобальным потеплением. Авторы использовали серию хронологий по ширине годичного кольца для 40 местопроизрастаний осины американской (*Populus tremuloides* Michx.) вдоль широтного градиента (от 52° до 58° с. ш.) в западной Канаде, чтобы выяснить влияние засухи на рост осины с использованием стандартизированного индекса осадков (SPI) и индекса эвапотранспирации (SPEI). Результаты исследований показали, что длительные и крупномасштабные засухи оказали сильное негативное влияние на рост осины. Из-за продолжающегося глобального потепления климата вполне вероятно, что более

сильные засухи и с большей частотой будут происходить в западной Канаде. Поскольку осина американская чувствительна к засухе, авторы предполагают, что индексы засухи можно применять для разработки эффективных стратегий смягчения их последствий в целях сохранения бореальных лесов западной Канады. С теоретической точки зрения этот опыт может быть потенциально интересен для отечественного лесного хозяйства, однако практический аспект его возможного применения остается неясным.

## Выводы

Подводя итог, можно отметить, что хронологии осины действительно демонстрируют выраженную региональную специфику по содержанию в них климатическому сигналу<sup>2</sup>. Юго-восточная хронология в сравнении с остальными содержит выраженный засухозависимый сигнал, связанный с метеоусловиями летних месяцев предшествующего года.

Это дает основания для прогноза ухудшения состояния осиновых лесов по мере глобального роста температур летних месяцев. Важно, что в оптимальных для осины условиях произрастания Центрально-Лесного заповедника дендроклиматический анализ показывает наименьшее число достоверных биологически значимых значений коэффициентов корреляции. Это наблюдение может иметь индикаторное значение как критерий «благоприятности» условий роста определенного древостоя.

<sup>2</sup> [http://www.pogodaiklimat.ru/history/28367\\_3.htm](http://www.pogodaiklimat.ru/history/28367_3.htm) (дата обращения 9.01.2023).

## Список источников

1. Мацковский, В.В. Климатический сигнал в ширине годичных колец хвойных деревьев на севере и в центре Европейской России / В.В. Мацковский, О.Н. Соломина // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Т. XXIV. – Москва, 2011. – С. 256–270.
2. От чего зависит ширина годичных колец деревьев в Центральной части Восточно-Европейской равнины? / О.Н. Соломина, В.В. Кузнецова, В.В. Мацковский, Е.А. Долгова // Известия Российской академии наук. Сер. географическая. – 2016. – № 3. – С. 47–64.
3. Засухи Восточно-Европейской равнины по гидрометеорологическим и дендрохронологическим данным / О.Н. Соломина, И.С. Бушуева, Е.А. Долгова, А.Н. Золотокрылин, В.В. Кузнецова, Л.И. Лазукова [и др.]. – Санкт-Петербург : Нестор-История, 2017. – 360 с.
4. Румянцев, Д.Е. Дендрохронологическое исследование роста осины в условиях Центрально-Лесного заповедника / Д.Е. Румянцев, Н.С. Воробьева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 1–2 (103). – С. 78–83.
5. Как связаны скорость радиального роста и пораженность гнилью у деревьев осины? / Д.Е. Румянцев, Н.С. Воробьева, Е.А. Тютюкова, М.В. Моргунова // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : матер. XX Междунар. науч.-техн. конф. – Вологда, 2021. – С. 180–182.
6. Vorobyeva, N.S. Study of the radial growth dynamics of the aspen (*Populus tremula* L.) at the north border of forest-steppe zone of the European part of Russia (Mordovian reserve) / N.S. Vorobyeva, D.E. Romyantsev, M.A. Melikhova // Journal of Agriculture and Environment. – 2022. – № 2 (22).
7. Пальчиков, С.Б. Современное оборудование для дендрохронологических исследований / С.Б. Пальчиков, Д.Е. Румянцев // Лесной вестник. – 2010. – № 3(72). – С. 46–51.
8. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – Москва : Высшая школа, 1973. – 343 с.
9. Румянцев, Д.Е. Климатический сигнал засух в хронологии ели из кисличного типа леса Центрально-Лесного заповедника / Д.Е. Румянцев, А.Е. Кухта, Д.В. Пучинская // Лесной вестник. – 2016. – № 2. – С. 36–43.
10. Drought causes reduced growth of trembling aspen in Western Canada / Lei Cheng, Jian-Guo Huang, Syed Ashraf Alam, Libong Zhai, Andria Dawson, Kenneth J. Stadt, P.G. Comeau // Global Change Biology. – 2017. – Vol. 23. – Issue 7. – P. 2887–2902.

## References

1. Mackovskij, V.V. Klimaticeskij signal v shirine godichnyh kolec hvojnyh derev'ev na severe i v centre Evropejskoj Rossii / V.V. Mackovskij, O.N. Solomina // Problemy ekologičeskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem. – Т. XXIV. – Moskva, 2011. – S. 256–270.
2. Ot chego zavisit shirina godichnyh kolec derev'ev v Central'noj chasti Vostočno-Evropejskoj ravniny? / O.N. Solomina, V.V. Kuznecova, V.V. Mackovskij, E.A. Dolgova // Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Ser. geograficheskaya. – 2016. – № 3. – S. 47–64.
3. Zasuhi Vostočno-Evropejskoj ravniny po gidrometeorologičeskim i dendrohronologičeskim dannym / O.N. Solomina, I. S. Bushueva, E. A. Dolgova, A. N. Zolotokrylin, V. V. Kuznecova, L. I. Lazukova [i dr.]. – Sankt-Peterburg : Nestor-Istoriya, 2017. – 360 s.
4. Rumyancev, D.E. Dendrohronologičeskoe issledovanie rosta osiny v usloviyah Central'no-Lesnogo zapovednika / D.E. Rumyancev, N.S. Vorob'eva // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2021. – № 1–2 (103). – S. 78–83.

5. Kaksvyazany skorost' radial'nogo rosta i porazhennost' gnil'yu u derev'ev osiny? / D.E. Rumyancev, N.S. Vorob'eva, E.A. Tyut'kova, M.V. Morgunova // Aktual'nye problemy razvitiya lesnogo kompleksa : mater. XX Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. – Vologda, 2021. – S.180–182.
6. Vorobyeva, N.S. Study of the radial growth dynamics of the aspen (*Populus tremula* L.) at the north border of forest-steppe zone of the European part of Russia (Mordovian reserve) / N.S. Vorobyeva, D.E. Rumyantsev, M.A. Melikhova // Journal of Agriculture and Environment. – 2022. – № 2 (22).
7. Pal'chikov, S.B. Sovremennoe oborudovanie dlya dendrohronologicheskikh issledovanij / S.B. Pal'chikov, D.E. Rumyancev // Lesnoj vestnik. – 2010. – № 3(72). – S. 46–51.
8. Lakin, G.F. Biometriya / G.F. Lakin. – Moskva : Vysshaya shkola, 1973. – 343 s.
9. Rumyancev, D.E. Klimaticheskij signal zasuh v hronologii eli iz kislichnogo tipa lesa Central'no-Lesnogo zapovednika / D.E. Rumyancev, A.E. Kuhta, D.V. Puchinskaya // Lesnoj vestnik. – 2016. – № 2. – S. 36–43.
10. Drought causes reduced growth of trembling aspen in Western Canada / Lei Cheng, Jian-Guo Huang, Syed Ashraful Alam, Libong Zhai, Andria Dawson, Kenneth J. Stadt, P.G. Comeau // Global Change Biology. – 2017. – Vol. 23. – Issue 7. – R. 2887–2902.