

Сельское хозяйство

*Правильная ссылка на статью:*

Румянцев Д.Е., Ляпичева М.А., Илларионов Д.В., Лебедева Е.М. Сопряженность в динамике прироста ели европейской и динамике урожайности картофеля и озимой ржи // Сельское хозяйство. 2023. № 2. DOI: 10.7256/2453-8809.2023.2.69664 EDN: VGUEGV URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=69664](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=69664)

## Сопряженность в динамике прироста ели европейской и динамике урожайности картофеля и озимой ржи

Румянцев Денис Евгеньевич

ORCID: 0000-0001-9871-9504

доктор биологических наук

профессор; кафедра лесоводство, экология и защита леса; Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана

141005, Россия, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, 1, оф. ЛТ2

✉ [dendro15@list.ru](mailto:dendro15@list.ru)

Ляпичева Мария Алексеевна

магистр; кафедра лесоуправление, лесоустройство и геоинформационные системы; Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана

141005, Россия, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, 1, оф. ЛТ2

✉ [melikhova2000@mail.ru](mailto:melikhova2000@mail.ru)

Илларионов Денис Викторович

магистр; кафедра лесные культуры, селекция и дендрология; Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана

141005, Россия, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, 1, оф. ЛТ2

✉ [X151152@yandex.ru](mailto:X151152@yandex.ru)

Лебедева Елизавета Максимовна

магистр; кафедра лесные культуры, селекция и дендрология; Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана

141005, Россия, Московская область, г. Город, ул. 1-я Институтская, 1, оф. ЛТ2

✉ [lebedevaliza2938@mail.ru](mailto:lebedevaliza2938@mail.ru)

[Статья из рубрики "Лесоводство"](#)

### DOI:

10.7256/2453-8809.2023.2.69664

### EDN:

VGUEGV

**Дата направления статьи в редакцию:**

25-01-2024

**Дата публикации:**

05-03-2024

**Аннотация:** Предметом исследования являлась метеорологическая обусловленность колебаний радиального прироста ели европейской в отдельно взятом локальном старовозрастном древостое, а также сопряженность в колебаниях индексов прироста ели европейской и индексов урожайности сельскохозяйственных культур (озимая рожь, картофель) на 80-летнем временном интервале. В исследовании использованы временные ряды урожайности озимой ржи (*Secale cereale L.*) и картофеля (*Solanum tuberosum L.*) полученные в долговременном опыте Тимирязевской Сельскохозяйственной Академии (первоначально заложенном Д.Н. Прянишниковым) за период 1912-1991 гг. Длительная хронология ели европейской (*Picea abies (L.) H.Karst.*) была получена на основе спилов отобранных после ветровала в Алексеевской роще Национального парка «Лосинный остров» и охватывает период 1812 -2017 гг. Для выявления сопряженности между колебаниями индексов радиального прироста ели и метеопараметров, а также для выявления сопряженности в колебаниях индексов прироста ели и индексов урожайности озимой ржи и картофеля использовался корреляционный анализ. Корреляционный анализ показал, что на формирование прироста ели положительное влияние оказывают повышенные температуры декабря и января, отрицательно влияют повышенные температуры июня в календарный год формирования годичного кольца и повышенные температуры августа в предшествующий ему год. Достоверных коэффициентов корреляции индексов прироста ели с месячными суммами осадков в рассматриваемом экотопе не обнаружено. Выявлены достоверные корреляции между динамикой индексов прироста ели и динамикой урожайности сельскохозяйственных культур: связь с урожайностью картофеля в опыте без извести, без севооборота и с внесением комплекса удобрений NPK и навоза (коэффициент корреляции 0,22) и связь с урожайностью ржи в опыте без извести, без севооборота и без внесения удобрений (коэффициент корреляции 0,23).

**Ключевые слова:**

ель европейская, радиальный прирост, дендрохронология, дендроклиматология, озимая рожь, картофель, урожайность, Лосинный остров, Тимирязевская сельскохозяйственная академия, экологическая физиология растений

**Введение**

Существует проблема выявления и исследований именно физиологически значимой для растения засухи, т.е., засухи, приводящей к водному дефициту в организме растения, снижению его продуктивности и устойчивости [\[11\]](#). Такие исследования можно проводить непосредственно на временных рядах урожайности сельскохозяйственных культур. Однако, подобная информация может быть получена только путем прямых наблюдений в

течение многих лет. Альтернативой является дендрохронологический метод, который позволяет получить такую информацию в течении нескольких дней ретроспективным способом. Конечно, эта информация не будет тождественна информации о динамике урожайности сельскохозяйственных культур, однако, в основе временных рядов будет лежать одна и та же переменная, связанная с процессом влияния засухи на процесс фотосинтеза. Какова ее основа? Растения обычно имеют достаточно воды для протекания самой реакции фотосинтеза ( $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ ). Но лимитирующим эту реакцию фактором является обычно недостаток углекислого газа [7]. Чтобы его восполнить, растение вынуждено открывать «окна газообмена» - устьица, находящиеся в листе, и впускать внутрь листа новые порции углекислого газа. Обратной стороной этого процесса является потеря части влаги (и так находящейся в дефиците) при испарении из открытых устьиц.

У большинства видов растений имеются приспособления, ограничивающие потери влаги в период ее дефицита, но одновременно эти приспособления тормозят газообмен и снижают интенсивность фотосинтеза. Детали экофизиологических механизмов фотосинтеза разнятся у разных видов растений, в то же время, описанная схема в общих чертах характерна для всех видов.

В комплексных исследованиях дендроклиматический анализ выполнялся для разных видов древесных растений: пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), ясения пенсильванского (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.), туи западной (*Thuja occidentalis* L.), бархата амурского (*Phellodendron amurense* Rupr.), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), дуба красного (*Quercus rubra* L.), ели Шренка (*Picea schrenkiana* Fisch. & C.A.Mey.), сосны веймутовой (*Pinus strobus* L.), сосны румелийской (*Pinus peuce* Griseb.), ели восточной (*Picea orientalis* (L.) Peterm.), дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), псевдотсуги Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) [16]. Он показал, что разные виды демонстрируют разный спектр климатических сигналов в хронологиях и что достоверные корреляции наблюдались с 35 типами метеопараметров из 48 возможных [16]. В целом наиболее сильное влияние на прирост оказывают метеоусловия в мае и июне непосредственно в период формирования годичного кольца. Каково значение полученного вывода? Многолетние исследования, проводившиеся Ф.Д. Сказкиным [15] на разных зерновых культурах, показали, что период от выхода в трубку до колошения — цветения является критическим по отношению к недостатку влаги. В Нечерноземье этот период приходится на май-июнь. Прямые исследования урожайности яровой мягкой пшеницы в условиях Подмосковья за период 1984–2008 гг. показали, что наиболее благоприятными являются годы с оптимумом ГТК ( $> 1,3$ ) в мае-июне. Самый низкий уровень урожайности был получен в годы с июньским ГТК  $< 1,0$  [5]. Таким образом, метеоусловия мая-июня не только важны для формирования радиального прироста древесины у древесных растений, но также оказывают решающее влияние на формирование урожая зерновых.

История отечественных дендрохронологических исследований содержит в себе определенное число примеров попыток выявления сопряженности во временных рядах отражающих колебания урожайности сельскохозяйственных культур и временных рядах колебания ширины годичного кольца древесных растений [2,3,4,6,10]. Одно из последних такого рода исследований было выполнено коллективом авторов для условий степных и лесостепных районов Алтайского края [14]. Выявление сходства и синхронности реакций сельскохозяйственных и древесных растений на климатические колебания позволяет восстанавливать динамику урожайности на основе хронологий ширины годичных колец.

Установлено, что величина радиального прироста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) ленточных боров и урожайность сельскохозяйственных культур в степных и лесостепных районах края лимитированы одинаковыми климатическими факторами: наиболее значимыми для роста сельскохозяйственных растений и сосны обыкновенной являются осадки апреля-июня (стимулируют рост) и температуры мая-июля (сдерживают рост). Наиболее высокие корреляционные связи урожайности сельскохозяйственных культур в районах края наблюдаются с группой определенных древесно-кольцевых хронологий, которые приурочены к пограничной территории между лесостепью и степью и характеризуются высокой климатической чувствительностью. Были выявлены значимые положительные корреляционные связи древесно-кольцевых хронологий с рядами урожайности яровой пшеницы, овса, гречихи и естественных сенокосов и отрицательные зависимости - с урожайностью картофеля. На основе установленных значимых связей была проведена реконструкция рядов урожайности яровой пшеницы в Кулундинском районе до 1871 г. и овса в Ребрихинском районе до 1830 г. Восстановленные ряды позволяют выделить периоды потенциального снижения и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. Так, среди периодов снижения урожайности пшеницы можно обозначить начало пятидесятых годов, когда шло активное освоение целинных земель Алтайского края.

Наши исследования посвящены анализу сопряженности в колебаниях урожайности озимой ржи (*Secale cereale* L.) и картофеля (*Solanum tuberosum* L.), полученных в долговременном опыте ТСХА [\[1\]](#) и в динамике индексов радиального прироста в 200-летней хронологии ели европейской (*Picea abies* (L.) H.Karst.) из Алексеевской рощи Национального парка «Лосинный остров» [\[13\]](#).

### Объект работ и методика работ

Для решения поставленных задач использовались данные по урожайности озимой ржи и картофеля в длительном опыте ТСХА за период с 1912 по 1991 гг. по трем вариантам: без удобрений, NPK, NPK + навоз (бессменно и в севообороте) (таблица 1).

Таблица 1. Характеристика рядов урожайности озимой ржи и картофеля по вариантам опыта

Варианты опыта		Среднее значение урожайности, т/га	Коэф-фициент вариации, %	Вклад погодных условий, %	Среднее значение урожайности, т/га	Коэф-фициент вариации, %	Вклад погодных условий, %
		Озимая рожь			Картофель		
<b>Без извести</b>							
Бессменно	Без удобрений NPK	0,88	45,06	33,84	7,49	37,79	31,00
		1,56	36,05	29,77	15,69	42,04	31,70
	NPK+навоз	1,78	30,28	26,74	16,53	42,16	32,91
В севообороте	Без удобрений NPK	1,86	36,58	29,39	10,40	51,04	32,22
		2,48	31,73	22,34	17,58	42,75	31,78
	NPK+навоз	2,64	27,84	20,20	19,92	37,47	29,38

По каждому варианту опыта имелись временные ряды, которые были аппроксимированы

параболическим трендом и были рассчитаны ежегодные отклонения урожайности от линии тренда. Эти временные ряды, приведенные в приложении к диссертации Абудд Лейлы [11] были использованы в наших расчетах. Сопоставление временных рядов велось с индексированной хронологией ели европейской из Алексеевской рощи Национального парка «Лосинный остров» (рис. 1). Алексеевская роща, возникшая на рубеже XVIII–XIX вв. и расположенная в НП «Лосинный остров», является уникальным природным объектом. Ветровал 2017 г. позволил отобрать в ней спилы, представляющие ценность для дендрохронологических исследований. Для построения первичных хронологий была использована следующая методика. Поверхность спилов была зачищена фрезой по трем радиусам, расположенным друг относительно друга под углом 120 градусов. Поверхность была натерта порошком мела для лучшего проявления структуры годичных колец. Для измерения ширины отдельных колец и прироста по десятилетиям использовались измерительные лупы Led Scale Loupe 10x, перекрестная датировка хронологий выполнялась в программе TSAP-Win [13].

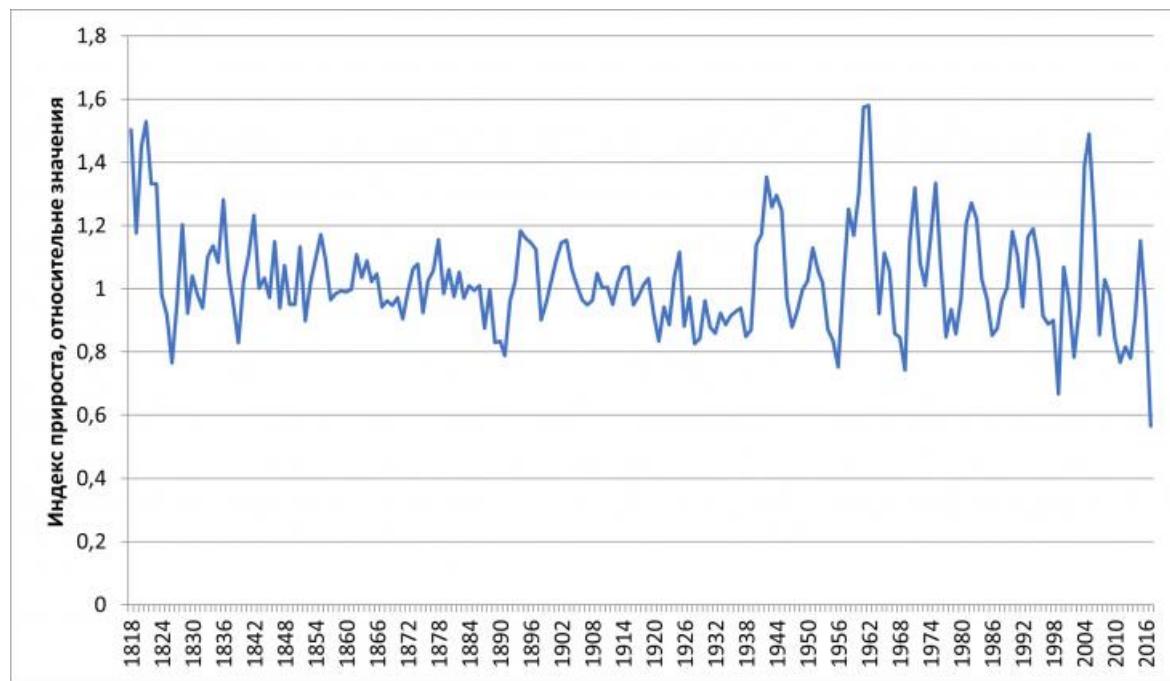


Рисунок 1 Динамика индексов радиального прироста в хронологии ели европейской

Таким образом исследуемый период охватывает 68 лет для расчета корреляции с метеопараметрами и 80 лет для расчета корреляции с индексами урожайности озимой ржи и картофеля в разных вариантах опыта. Общая длина индексированной хронологии ели составляет 200 лет. Для дендроклиматического анализа были использованы временные ряды по таким метеопараметрам как среднемесячные температуры, месячные суммы осадков по метеостанции г. Москвы (получены на сайте [http://www.pogodaiklimat.ru/history/28367\\_3.htm](http://www.pogodaiklimat.ru/history/28367_3.htm).) [9]. Биоклиматический анализ велся на основе корреляционного анализа.

## Результаты исследования

Для выявления связи между динамикой индексов прироста ели и динамикой индексов радиального прироста был выполнен корреляционный анализ, результаты которого отражены в таблице 2. Расчеты выполнялись за период 1950 -2017 гг. Такого рода расчеты целесообразно выполнять как для метеопараметров в год формирования годичного кольца, так и для метеопараметров предшествующего ему года [18]. Исходные

ряды метеопараметров содержат значения для 1948 года, которые вызывают явные сомнения в своей достоверности – этим был обусловлен выбор конкретной длины временного интервала, используемой для анализа.

Таблица. 2 Значения коэффициентов корреляции между индексом прироста ели и метеопараметрами

Месяц	Температуры текущего года	Температуры прошлого года	Осадки текущего года	Осадки прошлого года
Январь	0,26*	0,18	0,17	0,13
Февраль	0,14	0,22	0,03	-0,06
Март	-0,14	-0,08	-0,05	-0,17
Апрель	0,02	-0,15	-0,08	-0,11
Май	-0,03	-0,23	0,03	-0,04
Июнь	-0,25*	-0,18	0,06	0,05
Июль	-0,14	-0,03	0,22	-0,02
Август	-0,23	-0,25*	0,04	0,06
Сентябрь	0,03	-0,11	-0,07	-0,05
Октябрь	0,03	-0,01	-0,04	0,00
Ноябрь	-0,01	-0,07	-0,14	-0,16
Декабрь	0,12	0,27*	0,04	0,05

\*значения коэффициентов корреляции достоверные при уровне доверительной вероятности 0,05

По результатам расчетов коэффициентов корреляции между рядом индексов прироста ели и рядами индексов урожайности. Таким образом достоверные коэффициенты корреляции выявлены с температурой января текущего года (коэффициент корреляции  $R=0,26$ ); с температурой июня текущего года ( $R=-0,25$ ), с температурой августа прошлого года ( $R=-0,25$ ), с температурой декабря прошлого календарного года ( $R=0,27$ ). Следовательно, для формирования высокого прироста древесины у ели благоприятны мягкие зимы (с повышенными температурами декабря и января), достаточно прохладные температуры июня (что объяснимо отрицательным влиянием повышенных температур на транспирацию и газообмена через эффекты закрытия устьиц), и достаточно прохладные условия августа прошлого года (периода заложения вегетативных почек, в которых расположены переформированные побеги ассимиляционной поверхности обеспечивающие интенсивный фотосинтез в год формирования годичного кольца). Критического влияния осадков на формирование динамики радиального прироста ели в данном конкретном локальном местообитании не выявлено, что, по-видимому, обусловлено спецификой почвенно-грунтовых условий рассматриваемого экотопа (умеренно близкое залегание грунтовых вод, не создающее верховодки, но в то же время, обеспечивающее хорошую доступность влаги для корней старовозрастных деревьев ели). Динамика радиального прироста ели может быть смоделирована с помощью уравнения линейной регрессии вида:

$$Y=2,1796+0,0128*T_{12-1}+0,0122*T_1-0,0203*T_6-0,0377*T_{8-1}$$

$T_{12-1}$ -температура декабря в календарный год, предшествующий календарному году формирования годичного кольца,  $^{\circ}\text{C}$

$T_1$ -температура января в календарный год формирования годичного кольца,  $^{\circ}\text{C}$

$T_6$ -температура июня в календарный год формирования годичного кольца,  $^{\circ}\text{C}$

$T_{8-1}$ - температура августа в календарный год, предшествующий календарному году формирования годичного кольца,  $^{\circ}\text{C}$

Уравнение описывает изменчивость индексов радиального прироста с достаточно низким коэффициентом детерминации (0,23), при этом наблюдающийся коэффициент корреляции между реальным рядом значений индексов прироста и модельными значениями равен 0,49 и достоверен при уровне доверительной вероятности 0,01. Визуальный анализ сопряженности в динамике рассматриваемых временных рядов говорит о высоком уровне сопряженности в их динамике на качественном уровне. Расчет коэффициента синхронности подтверждает этот вывод: наблюдается достаточно высокая синхронность колебаний значений в рядах (коэффициент синхронности равен 69%).

□

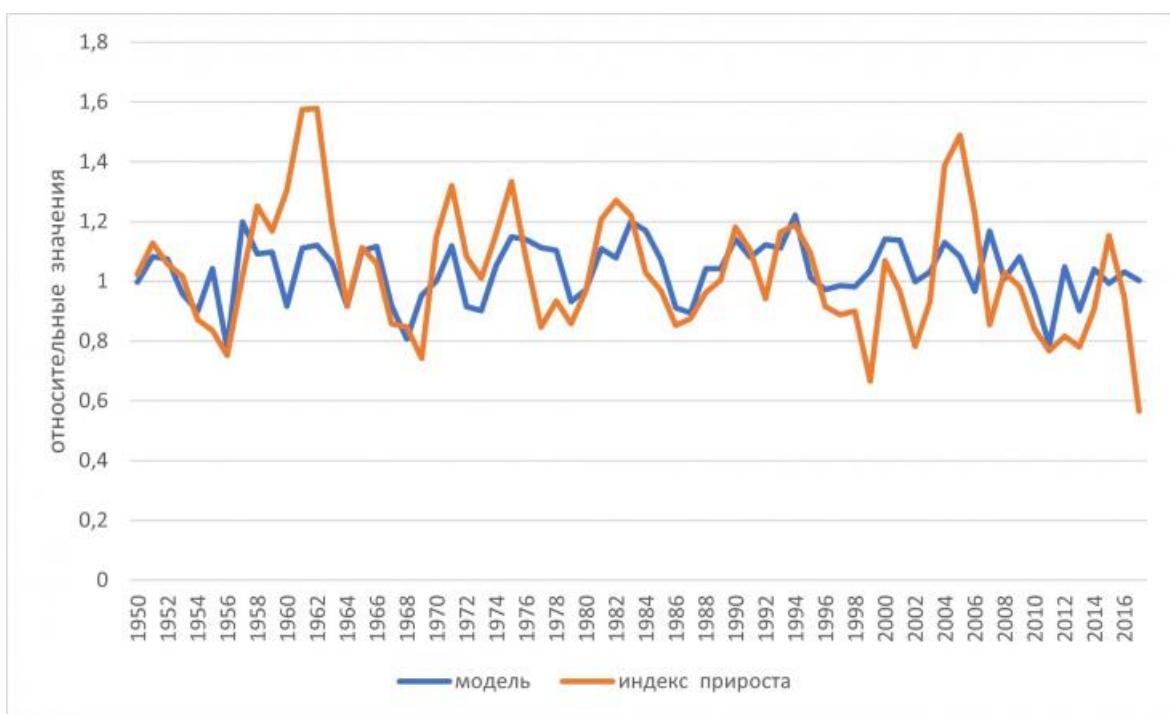


Рисунок 2 Результаты моделирования динамики индексов радиального прироста ели в зависимости от динамики метеопараметров на основе уравнения линейной регрессии

Известно, что прирост и характер влияния климатических факторов на динамику колебаний радиального прироста имеют очень сильную региональную специфику [19]. Сравнение результатов анализа для разных географических районов и разных лесотипологических условий имеет ограниченную ценность. Однако без такого сопоставления нельзя полностью обойтись. В нашем случае полученные результаты в целом не совпадают с данными польских ученых, установивших, что рост ели в северных районах Польши, положительно коррелирует с количеством осадков с мая по июль [19]. В условиях Баварии хронология древостоев ели, расположенных в местообитаниях, имеющих низкую высоту над уровнем моря, также демонстрировали положительную связь между увеличением прироста и количеством осадков в марте, мае, июне и июле [20], чего не наблюдается в нашем случае. В то же время хронологии ели из местообитаний, расположенных высоко над уровнем моря, показали отрицательную корреляцию с количеством осадков с мая по июль. Коллективом авторов выполнялись

дендроклиматические исследования в культурах ели в Сергиево-Посадском районе Московской области [12]. Дендроклиматический анализ методом климаграмм показал, что экстремально узкие кольца формируются в годы с недостатком осадков в марте, феврале, мае, июне, июле. Температуры (за исключением температур мая) почти не влияют на формирование экстремально узких годичных колец. Все это в целом не соответствует картине, наблюдающейся на материале полученной нами хронологии, что говорит об уникальности полученного нами в данном случае дендрохронологического материала и высоком потенциале использования извлекаемой из него дендроклиматической информации.

Для выявления сопряженности в динамике индексов радиального прироста ели европейской в рассматриваемом древостое и динамике индексов урожайности озимой ржи и картофеля был произведен расчет коэффициентов корреляции, результаты которого сведены в таблицу 3 и таблицу 4. Достоверность значений коэффициентов корреляции оценивалась при уровне доверительной вероятности 0,05 [8]. Временные ряды, для которых были обнаружены достоверные значения коэффициентов корреляции с динамикой индексов радиального прироста ели отражены на рисунке 3 и рисунке 4.

Таблица 3. Сопряженность динамики индексов прироста ели и индексов урожайности картофеля в разных вариантах опыта

	без извести, бес-сменно, без удобрений	без извести, бес-сменно, NPK	без извести, бес-сменно, NPK+на-воз	без из-вести, в сево-оборо-те, без удобре-ний	без извести, в сево-обороте, NPK	без извести, в сево-обороте, NPK+на-воз	Ин-декс при-рос-та ели
без извести, бессменно, без удобрений	1,00						
без извести, бессменно, NPK	0,69*	1,00					
без извести, бессменно, NPK+навоз	0,67*	0,77*	1,00				
без извести, в севообороте, без удобрений	0,49*	0,38*	0,29*	1,00			
без извести, в севообороте, NPK	0,60*	0,60*	0,48*	0,54*	1,00		
без извести, в севообороте, NPK+навоз	0,62*	0,73*	0,58*	0,44*	0,82*	1,00	
индекс прироста ели	0,09	0,08	0,22*	0,00	0,14	0,17	1,00

\*значения коэффициентов корреляции достоверные при уровне доверительной вероятности 0,05



Рисунок 3 Динамика индексов радиального прироста в хронологии ели европейской в связи с динамикой индексов урожайности картофеля в опыте без извести, без севооборота и с внесением комплекса удобрений NPK и навоза

Таблица 4. Сопряженность динамики индексов прироста ели и индексов урожайности озимой ржи в разных вариантах опыта

	без извести, бессменно, без удобрений	без извести, бессменно, NPK	без извести, бессменно, NPK + навоз	без извести, в сево-в сево-в сево-ели	без извести, +без NPK	без извести, NPK	без извести, NPK + навоз	индекс прироста ели
без извести, бессменно, без удобрений	1,00							
без извести, бессменно, NPK	0,70*	1,00						
без извести, бессменно, NPK + навоз	0,60*	0,71*	1,00					
без извести, в севообороте, без удобрений	0,52*	0,47*	0,41*	1,00				
без извести, в севообороте, NPK	0,49*	0,45*	0,43*	0,44*	1,00			
без извести, в севообороте, NPK + навоз	0,50*	0,36*	0,51*	0,47*	0,69*	1,00		
индекс прироста ели	0,23*	0,07	0,10	-0,05	0,15	0,10	1,00	

\*значения коэффициентов корреляции достоверные при уровне доверительной вероятности 0,05



Рисунок 4 Динамика индексов радиального прироста в хронологии ели европейской в связи с динамикой индексов урожайности озимой ржи в опыте без извести, без севаоборота и без внесения удобрений

## Обсуждение результатов

Таким образом, в ходе расчетов выявлено две достоверных связи между динамикой индексов радиального прироста ели и динамикой урожайности сельскохозяйственных культур: связь с урожайностью картофеля в опыте без извести, без севооборота и с внесением комплекса удобрений NPK и навоза (коэффициент корреляции 0,22) и связь с урожайностью ржи в опыте без извести, без севооборота и без внесения удобрений (коэффициент корреляции 0,23). При этом между разными вариантами опыта как для ржи, так и для картофеля всегда наблюдаются достоверные значения коэффициентов корреляции в динамике урожайности, однако иногда их связь слаба и сопоставима по уровню тесноты со связью с динамикой индексов радиального прироста ели: например, вариант расчета коэффициента корреляции между временным рядом урожайности картофеля в варианте опыта «без извести, в севообороте, без удобрений» и варианте опыта «без извести, бессменно, NPK+навоз» дал значение коэффициента корреляции 0,29; а вариант расчета коэффициента корреляции между временным рядом урожайности ржи в варианте опыта «без извести, в севообороте, NPK + навоз» и варианте опыта «без извести, бессменно, NPK» дал значение коэффициента 0,36. Это доказывает, что выявленные нами зависимости между динамикой прироста ели и урожайности сельскохозяйственных культур биологически значимы и сопоставимы с варьированием динамики урожайности на внутривидовом уровне.

## Заключение

Таким образом в ходе исследований выявлены основные метеопараметры, значимые для формирования прироста ели: среднемесячные температуры декабря и января, определяющие суровость зимних условий, среднемесячные температуры июня, по-видимому, влияющие на интенсивность транспирации и, через этот процесс, на интенсивность фотосинтеза, и среднемесячные температуры августа в год, предшествующий календарному году формирования годичного кольца, которые, по-видимому, влияют на процессы заложения вегетативных почек, что в свою очередь

определяет площадь развивающейся ассимиляционной поверхности и интенсивность фотосинтеза в год формирования годичного кольца. Установлена достоверная корреляция между урожайностью сельскохозяйственных культур во всех вариантах опыта. Выявлены факты достоверной корреляции между динамикой индексов прироста ели и урожайностью сельскохозяйственных культур. Результаты исследования, на наш взгляд, отражают факт того, что урожай (урожай древесины, урожай пищевой сельскохозяйственной продукции) в первую очередь определяется интенсивностью фотосинтеза. Фотосинтез является эволюционно консервативным механизмом, во многом одинаково работающим у далеких друг от друга систематических групп растений. Интенсивность фотосинтеза в свою очередь тесным образом связана с интенсивностью транспирации, которая чутко реагирует на погодные условия внешней среды и регулируется растением с целью предотвращения водного дефицита. Эти процессы во многом единообразно протекают у разных в систематическом отношении групп растений.

## Библиография

1. Абудд Л. Исследование роли агрометеорологических факторов урожайности озимой ржи и картофеля в многолетнем полевом эксперименте. /Л. Абудд. – М.: ТСХА, 1993 – 22 с.
2. Битвинскас Т.Т., Брукштус В.И. Радиальный прирост деревьев, экстремумы климата и урожай сельскохозяйственных культур//Проблемы дендрохронологии и дендроклиматологии: тез. докл. V Всесоюз. совещ.-Свердловск: Изд-во УрО АН СССР, 1990.-С. 20-21
3. Ваганов Е.А. Методика прогноза урожайности зерновых с помощью дендрохронологических данных // Экология. 1989. № 3.-С. 15-23
4. Ваганов Е.А., Симачев И.В. Связь прироста деревьев и урожайности зерновых на юге Красноярского края: сопряженный анализ с климатом и возможности прогноза // Проблемы дендрохронологии и дендроклиматологии. Тезисы докладов V Всесоюзного совещания по вопросам дендрохронологии. 1990.-С. 26-27.
5. Давыдова, Н.Л. Селекция яровой пшеницы на урожайность и качество зерна в условиях центра Нечерноземной зоны Российской Федерации: автореф. дис. ... д-ра сельхоз. наук. /Н.Л. Давыдова.-Немчиновка: МНИИСХ, 2011-54 с.
6. Жирина, Л.С. Возможность прогнозирования урожайности картофеля с помощью дендроклиматологических методов /Л. С. Жирина //Временные и пространственные изменения климата и годичные кольца деревьев.-Каунас, 1987.-Ч. 2.-С. 85-90.
7. Крамер, П. Физиология древесных растений /П. Крамер, Т. Козловский – М.: Лесная промышленность, 1983 – 464с.
8. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1973. – 343 с.
9. Липаткин, В.А. Влияние климатических факторов на прирост ели европейской в разных частях ареала /В. А. Липаткин, Д. Е. Румянцев// Дендрохронологическая информация в лесоводственных исследованиях. Москва: МГУЛ, 2007.-С.101-113.
10. Ловелиус, Н. В. Влияние засух на лесоагроценозы степной зоны Украины / Н. В. Ловелиус, Ю.И. Грицан // Известия Русского географического общества. 1998. Т. 130. № 2. С. 32.
11. Румянцев Д.Е. Лес, засуха, урожай зерновых и дендрохронология /Д.Е. Румянцев //Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 3 (81). С. 82-85.
12. Румянцев, Д.Е. Дендроклиматический анализ роста ели в культурах с интенсивными рубками ухода /Д.Е. Румянцев. В. М. Сидоренков, О. В. Фатеева, А. А. Ткачева // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и

дистанционный мониторинг. 2022. № 8. С. 35-44

13. Румянцев Д.Е. Двухсотлетняя хронология ели европейской из национального парка «Лосинный остров»/Д.Е. Румянцев, В.В. Киселева, М.А. Ляпичева, Ю.С. Ачиколова // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы XXI Международной научно-технической конференции/ Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Вологодский государственный университет, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина, Правительство Вологодской области, Департамент лесного комплекса Вологодской области. – Вологда: ВоГУ, 2023. – с.104-111
14. Рыгалова, Н.В. Ретроспективное изучение динамики урожайности сельскохозяйственных культур в Алтайском крае методом дендрохронологии /Н.В. Рыгалова, Н. И. Быков, Т. Г. Плуталова// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. №10 (120). – с. 43-49.
15. Сказкин, Ф.Д. Критический период у растений по отношению к недостатку воды в почве/Ф. Д. Сказкин. Л.: Наука, 1971.-120 с
16. Соломина О.Н. Засухи Восточно-Европейской равнины по гидрометеорологическим и дендрохронологическим данным: монография/ О. Н. Соломина, В. В. Мацковский, Е. А. Долгова, Д. Е. Румянцев, А. В .Долгих, К. В. Воронин, В. А. Семенов, А. В. Чернокульский, Е. А. Черенкова, А. Е. Кухта, Т.О. Кузнецова, А. Н. Золотокрылин, Б. Ф. Хасанов, В. В. Кузнецова.-СПб.: Нестор-История, 2017-328с.
17. Температура воздуха и осадки по месяцам [Электронный ресурс]:  
<http://www.pogodaiklimat.ru/history/27612.htm>-Дата обращения 31.07.2023
18. Fritts, H.C. Tree rings and climate /H. C. Fritts-. London – New York – San Francisco: Academic press, 1976 – 576 p.
19. Koprowski, M. Dendrochronology of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) from two range centers in lowland Poland / M. Koprowski, A. Zielski // Trees. 2006. Vol. 20. P. 383-390.<http://dx.doi.org/10.1007/s00468-006-0051-9>
20. Wilson, R. Dendrochronological investigations of Norway spruce along an elevation transect in the Bavarian Forest, Germany / R. Wilson, M. Hopfmueller // Dendrochronologia. 2001. Vol. 19, № 1. P. 67-79

## Результаты процедуры рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

Предмет исследования являются, по мнению автора, особенности изучения закономерности и определение сопряженности в колебаниях урожайности озимой ржи (*Secale cereale* L.) и картофеля (*Solanum tuberosum* L.), полученных в долговременном опыте ТСХА [1] и в динамике индексов радиального прироста в 200-летней хронологии ели европейской (*Picea abies* (L.) H.Karst.) из Алексеевской рощи Национального парка «Лосинный остров».

Методология исследования исходя из анализа статьи можно сделать вывод о использовании методов математического моделирования с использованием методов статистики с использованием данных по урожайности озимой ржи и картофеля в длительном опыте ТСХА за период с 1912 по 1991 гг. по трем вариантам: без удобрений, NPK, NPK + навоз (бессменно и в севообороте). По каждому варианту опыта имелись временные ряды, которые были аппроксимированы параболическим трендом и были рассчитаны ежегодные отклонения урожайности от линии тренда.

Актуальность затронутой темы мониторинге безусловна и состоит в получении информации об актуальных процессах изменения подземного пространства криолитозоны с древних до настоящих времен широко используемого в хозяйственной деятельности человека в основном в качестве подземных хранилищ и холодильников. Исследования автора статьи помогают понять механизм теплообмена на изменение погодно-климатических условий.

Научная новизна заключается в попытке автора статьи на основе проведенных исследований сделает сравнение численных расчетов связи между динамикой индексов прироста ели и динамикой индексов радиального прироста был выполнен корреляционный анализ. В ходе расчетов выявлено две достоверных связи между динамикой индексов радиального прироста ели и динамикой урожайности сельскохозяйственных культур: связь с урожайностью картофеля в опыте без извести, без севооборота и с внесением комплекса удобрений NPK и навоза (коэффициент корреляции 0,22) и связь с урожайностью ржи в опыте без извести, без севооборота и без внесения удобрений (коэффициент корреляции 0,23). Полученные результаты является важным дополнением в развитии геоэкологии.

Стиль, структура, содержание стиль изложения результатов достаточно научный. Статья снабжена богатым иллюстративным материалом, отражающим процесс использование различных формул для определения зависимости между динамикой прироста ели и урожайности сельскохозяйственных культур биологически значимы и сопоставимы с варьированием динамики урожайности на внутривидовом уровне. Таблицы и графики иллюстративны.

Однако есть стилистические неточности, так например отсутствует словосочетание «получена связь» в предложении «По результатам расчетов коэффициентов корреляции между рядом индексов прироста ели и рядами индексов урожайности».

Библиография весьма исчерпывающая для постановки рассматриваемого вопроса, но не содержит ссылки на нормативно-правовые акты.

Апелляция к оппонентам представлена в выявлении проблемы на уровне имеющейся информации, полученной автором в результате анализа.

Выводы, интерес читательской аудитории в выводах есть обобщения, позволяющие применить полученные результаты. Целевая группа потребителей информации в статье не указана.