

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ (EARTH SCIENCES)

УДК 634.0.17

### АНАЛИЗ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПЕРИОДИЧНОСТИ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗОНЕ ЛЕСОСТЕПИ

Лисецкий Ф.Н., Митряйкина А.М.

*Выполнен анализ дендрохронологических и климатических данных за период инструментальных наблюдений, а также рядов ширины годичных колец дуба и сосны во второй половине XVIII века для выявления периодичности природных процессов в условиях лесостепной зоны. Гелиоклиматические связи лучше проявляются не в погодичной динамике, а в устойчивых периодах изменения этих процессов. С использованием комплекса статистических методов установлено, что зависимость радиального прироста дуба от средней величины чисел Вольфа на восходящих ветвях периодической кривой солнечной активности имеет более тесную корреляционную связь, чем на нисходящих ветвях этого процесса. Увеличение ширины годичных колец дуба при благоприятных биоклиматических условиях проявляется на восходящих ветвях хода солнечной активности, если средние значения энергетических затрат климата не опускаются ниже среднемноголетней нормы.*

**Ключевые слова:** *годовые кольца; дендрохронология; климатические изменения.*

## **ANALYSIS OF DENDROCHRONOLOGICAL AND CLIMATE DATA TO IDENTIFY THE FREQUENCY OF NATURAL PROCESSES IN THE ZONE OF FOREST-STEPPE**

**Lisetskii F.N., Mitryaykina A.M.**

*Analysis of dendrochronological and climate data for the period of instrumental observations, as well as the ranks of the width of annual rings of oak and pine trees in the second half of the 18th century, was performed to identify the frequency of natural processes in conditions of forest-steppe zone. Solar-climate connection is better not appear in dynamics by years and in sustained periods of change of these processes. With the use of complex statistical methods it was established that the dependence of the radial growth of the oak of the average of the numbers of Wolf on the ascending branch of the periodic curve of solar activity has a close correlation than on the descending branch of this process. Increasing the width of annual rings of oak is manifested in ascending branches of the progress of solar activity under favorable bioclimatic conditions, when the average values of the energy costs of climate does not fall below the mean annual norm.*

**Keywords:** *annual rings; dendrochronology; climate change.*

### **Введение**

В связи с широким обсуждением проблемы глобального изменения климата, установленного по данным инструментального периода,

большое научно-практическое значение имеет изучение закономерностей долговременного природно-антропогенного развития наиболее чувствительных зональных экотонов, к которым относится лесостепная ландшафтная зона. Эволюция ландшафта как системного целого и отдельных его компонентов характеризуются общими закономерностями (прогрессивность, ритмичность, полихронность, метакронность и др.). Любое переменное состояние ландшафта обусловлено аддитивностью ансамбля временных ритмов, что сочетается с усложняющим влиянием инертности, гистерезиса в циклах развития различных компонентов ландшафта. Для правильной интерпретации ритмики природных процессов целесообразно изучить наряду с трендовыми процессами их квазипериодические компоненты, особенно длиннопериодические, существенные для прогностических целей. В этой связи вполне объяснимо активное обращение к таким природным архивам как длительные дендрохронологические шкалы. Отношение к вековым деревьям, издревле носившее сакральный характер, ныне дополняется их природоохранной и научной значимостью как своеобразными регистраторами биоклиматических условий прошлого. Информация, основанная на дендрохронологии, имеет значение для фундаментальных представлений о различных процессах, имеющих отношение к климату. А конкретные региональные исследования, в том числе сфокусированные на регионы или временные интервалы, подверженные экстремальным событиям, позволяют упорядочить комплекс данных об экстремумах, которых до сих пор во многом не хватает [15].

### **Материалы и методы**

Ранее [13] по результатам исследований в типичной лесостепи проанализированы возможности дендрохронологического и дендроклиматического анализов для 23 древесных пород. Достаточной обе-

спеченности исследования эмпирическими данными способствовала региональная база данных, включающая временные ряды величин радиального прироста деревьев (ширины годичных колец) типичной лесостепи [11].

Нами для дендрэкологических исследований выбрано две репрезентативные породы деревьев для условий лесостепи: дуб и сосна. Дуб можно рассматривать как наиболее приемлемый объект для построения длительных дендрохронологических рядов. Однако у этого вида ритмика приростов после 35-40 лет имеет более низкую модуляцию, чем у сосны, что связано с большей ее сенсорностью. Ранее при создании группировок древесных пород, по-разному реагирующих на экологические условия (гидрометеорологические, эдафические), было установлено особое положение сосны обыкновенной в группах пород по динамичности и чувствительности к условиям среды. Это обусловлено большой экологической амплитудой этого вида и его своеобразной реакцией на климат по сравнению с лиственными породами. Помимо этого, следует учитывать, что сосна в изучаемом регионе чаще всего произрастает на песчаных террасах с невысоким уровнем грунтовых вод, а дуб черешчатый, напротив, растет на возвышенных местах с почво-грунтами суглинистого состава.

Исследования проводили в Белгородской области для разных лесорастительных условий. В южной части города Белгорода на левом берегу Северского Донца, на боровой низменной террасе в 1948 г. были проведены работы по закреплению песков сосной обыкновенной (урочище Сосновка площадью 673 га). Второй район (северо-восточная окраина города Шебекино, на правом склоне реки Нежеголь, у окраины мелового карьера) отличается более возвышенным рельефом и произрастанием сосны на мелах с 1946 г.

Получить спил сосны возрастом свыше 50 лет затруднительно, так как раньше искусственные насаждения этой породой проводились редко, а природные леса (боры) за 300 лет сильно пострадали от рубок. В этой связи большое значение для построения длительных древесно-кольцевых хронологий имеют исторические объекты (датированные бревна жилых, хозяйственных и культовых построек).

В селе Головчино Грайворонского района, на левом берегу реки Ворсклы сохранился парк усадьбы Хорватов, а также круглое здание – уникальный по своей художественной значимости памятник эпохи классицизма и единственный подобного рода в регионе. Благодаря проводимой в 2001 г. реконструкции здания, удалось из бревен купольной части третьего этажа получить спилы 97-летней сосны обыкновенной (1716-1811 гг.), а также 81-летнего (1731-1811 гг.) и 67-летнего (1745-1811 гг.) дуба черешчатого, срубленных для строительства в 1812 г. [10]. На картах XVIII века в этом районе показаны обширные дубравы по правому берегу Ворсклы, а также рощи по левому берегу на песчаных аренах. В начале XX века В.Н. Сукачев, изучив состав лесной растительности в Поворсклье, отметил, что прежде сосна здесь имела широкое распространение. Но, очевидно, и за 100 лет до исследований Сукачева на боровых террасах Ворсклы все еще произрастал годный для жилого и хозяйственного строительства «строевой лес», о чем также свидетельствуют параметры сосновых бревен, использованных для «круглого здания» (окружность бревен без коры – 139 см).

В 16 км от с. Головчино находится центральная усадьба государственного природного заповедника «Белогорье» – заповедный участок «Лес на Ворскле» (Борисовский р-н). Этот лесной массив площадью 1038 га был заповедан в 1922 г. как эталон среднерусской дубравы.

На юго-востоке заповедного участка в 10-м квартале на площади 156 га произрастает нагорная дубрава 250-300-летнего возраста семенного происхождения. В рамках Международной биологической программы в 1968 г. был срублен дуб в возрасте 224 лет (спил хранится в музее природы заповедника).

Для удлинения ряда до 271 года (1731-2001 гг.) использованы три спила дуба черешчатого: из «Круглого здания», музея «Белогорья» и урочища «Крутой Яр» у с. Пушкарное (окрестности Белгорода), где произрастал дуб возрастом 54 года (1948-2001 гг.).

Так как значения температуры воздуха и годовой суммы осадков при их совместной биоклиматической оценке могут находиться в противофазе, необходим синтетический показатель, учитывающий нелинейный характер влияния условий тепло- и влагообеспеченности на биологические системы. Предложенная В.Р. Волобуевым [2] аналитическая зависимость позволяет по величинам годовой суммы атмосферных осадков и радиационного баланса оценить климатические затраты, выраженные в единицах энергии, – по величине  $Q$ , МДж/(м<sup>2</sup>•год). После введения нами в авторскую формулу множителей для перевода значений радиационного баланса в международную систему единиц измерения эта зависимость приобретает вид:

$$Q = R \cdot e^{(-1,3 \frac{R^{0,3}}{P})}, \quad (1)$$

где  $R$  – радиационный баланс, МДж/(м<sup>2</sup>•год),  $P$  – годовое количество осадков, мм. В развитие биоэнергетического подхода одним из авторов статьи [8] была получена уточненная формула связи зональной величины фитопродуктивности и «климатических» затрат энергии на почвообразование (1). Поэтому по уравнению (1) правомерно

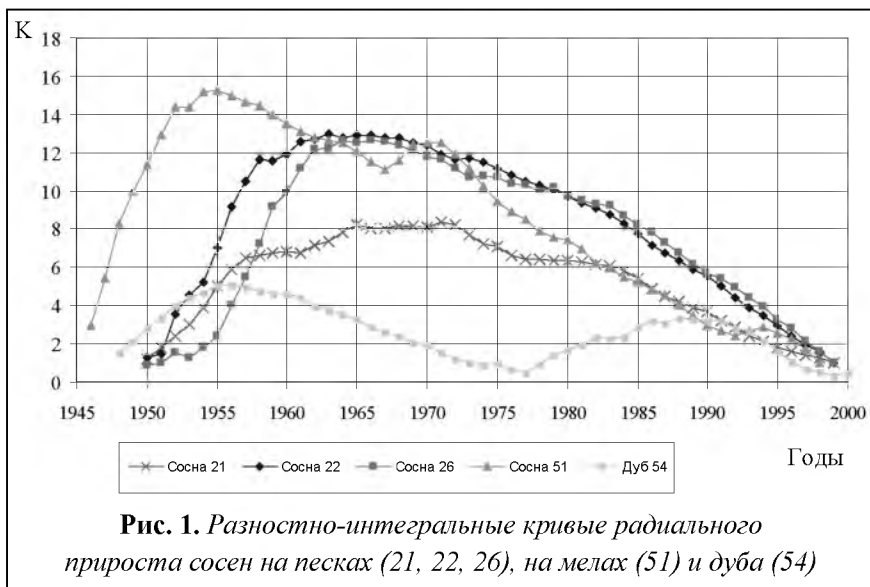
проводить диагностику биоклиматического потенциала складывающихся условий тепло- и влагообеспеченности.

### Результаты

Обработка данных по лесной таксации и спилам сосны обыкновенной [7] показала, что в условиях лесостепи для нее характерны высокие темпы роста в высоту до 30-ти летнего возраста. По результатам анализа интегральной кривой прироста, полученной по данным изменения величин радиального прироста сосны обыкновенной за период 1948-1999 гг. [7], установлено, что в качестве критической точки уменьшения радиального прироста может быть принят возраст 24 года. Для построения разностно-интегральных кривых (РИК) рассчитывали ординаты графика (К) как накопленные величины отклонений радиального прироста (PR) от средней величины, нормированных по среднему значению ряда. Выявленные по РИК закономерности важны для понимания возможной реакции на внешние факторы среды не единичного дерева, а целой экосистемы.

Максимум радиального прироста сосен на песках пришелся на 1961-1972 гг., сосны на мелу и дуба – на 1954-55 гг. (рис. 1). В среднем 50-70-е гг. XX века характеризовались увлажнением, близким к норме, но с учетом предыстории процесса этому времени отвечает депрессия суммы выпавших осадков и пониженный энергетический потенциал климата (рис. 2).

За период 1941-2003 гг. среднемноголетние значения по данным метеорологической станции Белгород составляют: температура воздуха – 6,5 °С, сумма осадков – 557 мм, а расчетное значение величины  $Q$  – 1012 МДж/(м<sup>2</sup>•год).



**Рис. 1.** Разностно-интегральные кривые радиального прироста сосен на песках (21, 22, 26), на мелах (51) и дуба (54)

Анализ длинных рядов метеорологических наблюдений степной зоны [9] позволил выделить внутривековой минимум среднегодового количества осадков, приходящийся на период с 1927 по 1965 гг.

При анализе РИК установлено, что в условиях лесостепи период меньшего увлажнения (на 18 мм по сравнению со средним значением ряда) и, соответственно, минимума биоклиматических энергетических затрат приходится на 1953-1975 гг. В этот период температура воздуха была несколько ниже (на 0,12 °С) по сравнению с средним значением временного ряда (6,47 °С). С 1976 г. среднегодовая сумма осадков увеличилась на 34 мм, а биоклиматические энергетические затраты (по величине  $Q$ ) стали больше на 47 МДж/м<sup>2</sup> в год. Наряду с этим устойчивая тенденция роста среднегодовых температур воздуха (по динамике на РИК) отмечается с 1988 г.





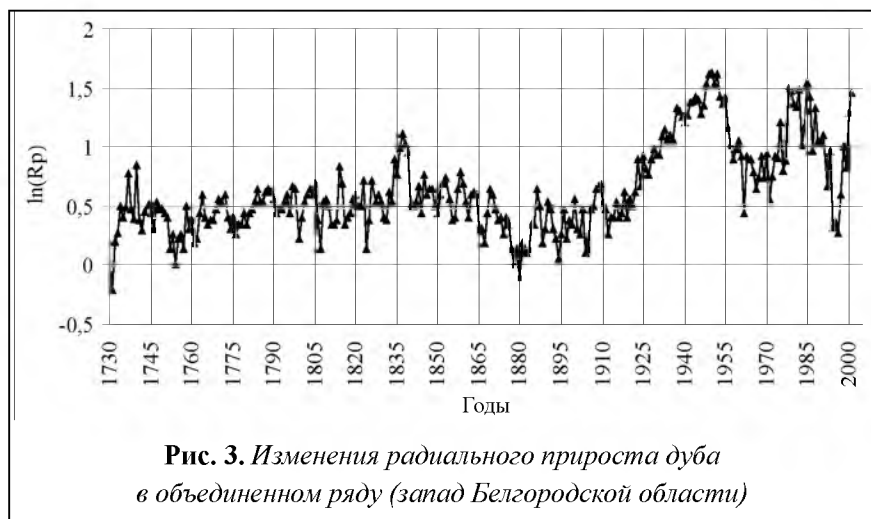
**Рис. 2.** Разностно-интегральные кривые среднегодовой температуры воздуха, суммы атмосферных осадков и биоклиматических энергетических затрат (по величине  $Q$ ) по данным метеорологической станции Белгород

Обработка дендрорядов, как правило, сводится к вычислению относительных индексов прироста, в которых, по мнению авторов этого метода и их последователей, ростовые характеристики (аппаратная функция) дерева элиминированы. При этом предполагается, что ряд, состоящий из индексов, можно использовать в качестве основы для анализа внешних воздействий. Ранее [3] проведено феноменологическое обоснование математической модели проявления в годичных кольцах влияния «аппаратной» функции дерева и методики его элиминирования. В силу того, что логарифм является монотонной функцией аргумента и поэтому сохраняет характер циклических его изменений, ряд логарифмов с элиминированной функцией роста является стационарным, а это позволяет для его анализа использовать хорошо

разработанные методы и приемы. Обработка нормированной шкалы изменения ширины годичных колец дуба за 133 года, полученной двумя разными способами: логарифмированием значений PR и методом расчета относительных индексов показала, что в первом случае коэффициент вариации составляет 23,2 %, во втором – 18,2 % (за счет большей степени сглаживания вариационного ряда) [3].

С помощью предложенных методов линейной фильтрации и дифференцирования [4] удастся выделить внешние воздействия и реакцию на них роста дерева на основе частотных представлений. В частности, обработкой длинных рядов радиального прироста дуба показано, что графики внешних воздействий соответствуют представлениям о стационарности.

Составленный с помощью перекрестного датирования объединенный временной ряд (1731-2001 гг.), построенный путем логарифмирования значений динамической кривой радиальных приростов дуба (рис. 3), показывает, что при среднемноголетней величине прироста 2 мм/год, наибольшая амплитуда и увеличение прироста отмечается с начала 20-х годов XX в. и в последующее время. Среднемноголетний радиальный прирост за 1923-2001 гг. оценивается величиной 3,06 мм/год. При волнообразном характере процесса хронологически выделяется два периода снижения величин радиального прироста: 1752-1781 гг. и 1865-1905 гг. Наиболее устойчивая цикличность прироста составляет 28 лет. Данные по радиальному приросту дуба с 1731 по 2001 гг., обработанные методом РИК и периодограммой, показали существование цикла (135-140 лет), в данном случае охватывающего хронологический интервал 1783-1923 гг. [10].



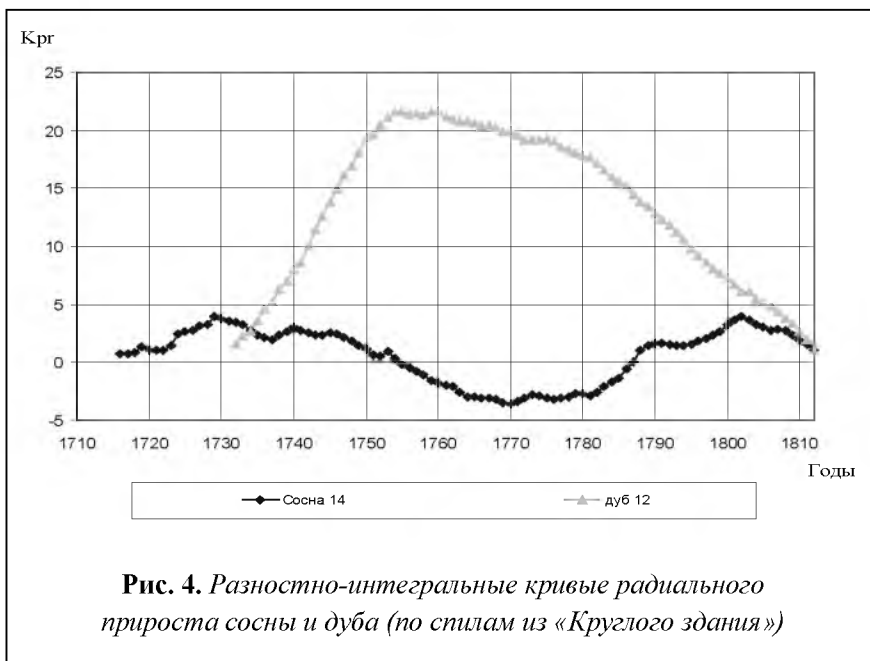
**Рис. 3.** *Изменения радиального прироста дуба в объединенном ряду (запад Белгородской области)*

В результате изучения лесной растительности лесостепи [14] было обнаружено, что различные древесные породы (дуб, сосна) при различиях в лесорастительных условиях реагируют на изменение природных условий не одинаково. Это подтверждают и данные, представленные на рис. 2 и 4. И причину этой особенности М.П. Скрыбин видел в смене фаз векового цикла солнечной активности. В частности, он считал, что в лесостепи периоды минимума и максимума солнечной активности приходятся на периоды уменьшения количества осадков и учащения засух, прохождение ветви подъема солнечной активности сопровождается общим увеличением увлажнения и амплитуды колебаний в увлажнении и температурах. Так как в лесостепной зоне лимитирующим фактором является количество атмосферных осадков, у деревьев в засушливые годы формируются узкие годичные кольца. По данным метеостанции Белгород за 1941-2003 гг. лет при средней вариации среднегодовых температур (коэффициент вариации

(V) равен 14%) отмечается значительная изменчивость годовых сумм осадков ( $V=21\%$ ).

В общей длине ряда на рис. 3 выявлено 26 лет с совпадающими датами минимумов солнечной активности и приростов дуба, из них наиболее устойчивыми хронозонами являются: 1732-1733, 1754-1756, 1811-1813, 1866-1867, 1876-1879, 1888-1889, 1901-1902, 1995-1996 гг.

Анализ РИК дает возможность учесть инерционность откликов приростов на внешние воздействия, благодаря чему наиболее значительный период биоклиматической депрессии на протяжении 270 лет (см. рис. 3) может быть хронологически выделен в области между 1865 г. и 1931 г.



### Обсуждение результатов

Дендроклиматический анализ из-за стохастического характера пространственно-временных особенностей распределения атмосферных осадков целесообразно проводить в контексте периодичности солнечной активности, в частности по цюрихскому ряду чисел Вольфа, которые хорошо объясняют короткопериодические изменения климата. Причем, при проведении анализа рационально вместо годовых значений оперировать устойчивыми временными единицами хроноорганизации природных процессов.

В длинных метеорологических рядах обнаружены циклы с периодом 11 (солнечный, цикл Швабе-Вольфа), 22 (магнитный), 40 (30-35) (цикл Брикнера) и 80-90 лет (вековой цикл), частично связанные с солнечными пятнами, геомагнитными явлениями и движением планет. По результатам частотно-временного спектрального анализа [1] следует, что солнечная цикличность представляет собой амплитудно-модулированный процесс, характеризуемый главными периодами 11 и 10 лет и периодами модуляции, кратными 90 годам. Ход солнечной активности в целом имеет положительную корреляцию с изменением 11-летних средних значений температур, но этот процесс проявляет некоторую инерционность (запаздывание) [16].

С 1755 по 1778 гг. числа Вольфа (W) были несколько больше среднего значения, но с 1779 г. и вплоть до 1805 г. числа Вольфа снижались более быстро. Как показано ранее [5] при анализе схемы реконструкции хода солнечной активности, полученной с использованием данных о содержании  $^{14}\text{C}$  в годовых кольцах реликтовых сосен, периоды минимумов солнечной активности и устойчивого ее спада (от максимумов к минимумам) соответствуют эпохам с благоприятными экологическими условиями для тех регионов, где увлажнение являет-

ся лимитирующим фактором.

Данные по сглаженным величинам  $W$  за период 1750-1811 гг., представленные в работе [1], использованы нами для корреляции с радиальными приростами. Трендовая составляющая сглаженных  $W$  отчетливо показывает выраженный максимум в 1778 г. с резким уменьшением значений к 1810-11 гг. Обработанные нами аналогичным способом данные по радиальному приросту дуба отражает ясную противофазу значений. В этом плане очень показательны погодичные минимумы радиального прироста, приходящиеся на 1778 и 1788 годы, а абсолютный максимум прироста приходится на 1805-1810 годы. Тем не менее, в отражении гидрометеорологических условий изученные виды деревьев (дуб, сосна) проявляют себя по-разному, что отражается в отсутствии корреляционной связи их приростов за общий период оценки с 1731 по 1811 гг. Сопоставление РИК по дубу и сосне с 1731 по 1811 гг. показывает, что интегральные отклонения приростов для дуба снижается вплоть до 1730 по 1780 гг. включительно, а для сосны наблюдается увеличение с 1731 по 1759 гг., а затем следует снижение. Данные по сосне, построенные по методу РИК с 1715 по 1811 гг., показывают наличие четкого векового цикла (81 год) с 1725 г.

Проведенный анализ [6] закономерностей приростов сосны острой за последние 8 тыс. лет позволил выявить глубокие депрессии в приростах годовичных колец, синхронных с максимумами интенсивности галактических космических лучей. В течение последних двух тысячелетий наблюдалось понижение среднего уровня приростов, на фоне которого, тем не менее, отчетливо проявляются минимумы, синхронные с минимумами солнечной активности.

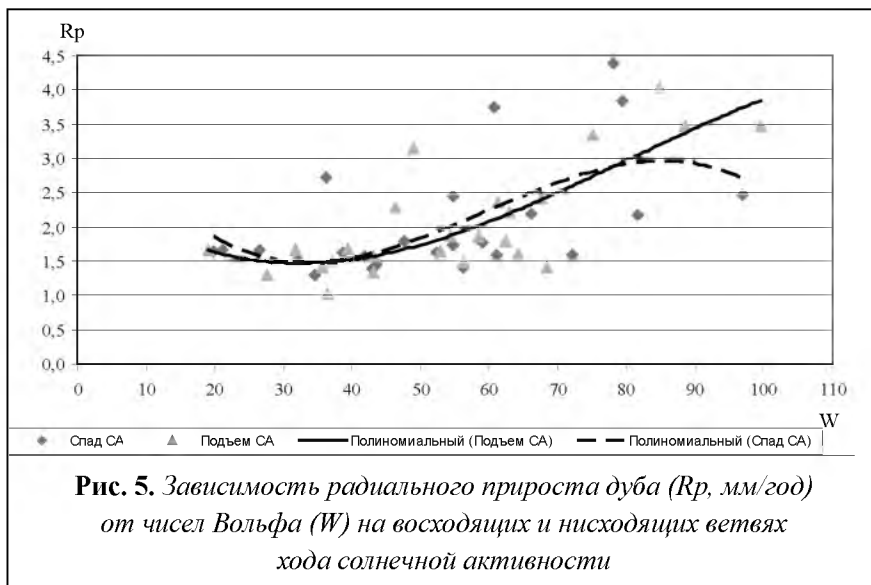
При рассмотрении цикличности солнечной активности за последние 130 лет [16] отмечен значительный минимум этого процесса в пер-

вые десятилетия XX века, затем крутой подъем к максимуму в 1950-х годах, а после короткого падения в течение 1960-х и начале 1970-х годов последовал финальный подъем. В этой связи интервал времени от 1910 г. до 1960 г., когда проявился максимум солнечной активности, рассматривается как фаза его 80-90-летнего цикла солнечной активности, представляющей собой огибающую кривую 11-летних циклов. Примечательно, что за период общей длительностью 120 лет (1890-2010 гг.) 52% засушливых лет проявилось в 1910-1960 гг., т.е. на 18% больше, чем в среднем за аналогичный по длительности срок.

Условия влагообеспеченности отдельных лет (см. рис. 2) дают характеристический портрет климата по прошествии 10,8-11,6 лет, а по термическим условиям – 12,7 лет. Самоподобие временного ряда  $Q$  в фрактальном выражении имеет временную реализацию в 10 лет, поэтому связь радиального прироста древесины с метеорологическими условиями должна оцениваться при длительности периода не менее 12-13 лет, с учетом феномена инерционности природных процессов.

В хронологическом интервале 1941-2001 гг. связь между солнечной активностью (числами Вольфа) и биоклиматическими энергетическими затратами (по синхронным датам) не обнаруживается. По-видимому, гелиоклиматические связи лучше проявляются не в погодичной динамике, а в устойчивых периодах изменения этих процессов, начиная с 11-летнего цикла.

Совмещенный график хода среднегодовых температур с 1731 по 1969 гг. и величины радиальных приростов дуба и сосны, обработанных 11-летним фильтром, показал достаточно тесное сопряжение для первого из них и противоположный по экстремумам временной ход для второго.



**Рис. 5.** Зависимость радиального прироста дуба ( $R_p$ , мм/год) от чисел Вольфа ( $W$ ) на восходящих и нисходящих ветвях хода солнечной активности

Раздельный анализ 11-летних циклов солнечной активности по восходящим и нисходящим ветвям позволяет учесть разную длительность этих фаз и их амплитуду. В длине цюрихского ряда (чисел Вольфа –  $W$ ), соответствующей протяженности эмпирической дендрошкалы (см. рис. 3), выделяется 25 восходящих ветвей солнечной активности. В эти фазы зависимость радиального прироста дуба от средней величины  $W$  имеет тесную корреляционную связь ( $\eta=0,79$ ), т.е. на восходящих ветвях солнечной активности средние приросты увеличивались от 1 до 4 мм/год в зависимости от амплитуды (рис. 5). Зависимость радиального прироста дуба от средней величины  $W$  по нисходящим ветвям слабее ( $\eta=0,59$ ) и в основном диапазоне изменений  $W$  (40-80) значение ширины годичных колец больше, чем на восходящих ветвях солнечной активности. Ранее установленная закономерность возрастания прироста сосны на восходящей ветви 11-летне-



го цикла солнечной активности [12] по нашим данным не подтверждается, что, по-видимому, связано с особенностями лесорастительных условий (слабой зависимостью водного режима борových террас с близким уровнем грунтовых вод от атмосферных осадков).

На восходящих ветвях хода солнечной активности положительная связь радиального прироста дуба с биоклиматическими энергетическими затратами (параметром  $Q$ ) проявляется в условиях лесостепи, если средние значения  $Q$  в эти фазы не опускается ниже 1000 МДж/(м<sup>2</sup>•год), т.е. значению величины, соответствующей среднегодовой норме.

### **Заключение**

Признавая значительную детерминированность основных проявлений ритмичности природных процессов гелиогеофизической периодичностью, при интерпретации результатов исследований нельзя упускать из внимания необходимость решения проблем методологического порядка: масштаб квантования хроноорганизации процессов (обоснование операционной единицы анализа), многоуровневый характер временных состояний, инерционность в биологических откликах, формирование собственных циклов процессов, наличие персистентности временных рядов (долговременной памяти) и др.

При проведении анализа солнечно обусловленных короткопериодических изменений климата и ростовых процессов в экосистемах целесообразно вместо погодичной динамики диагностических показателей оперировать устойчивыми временными единицами хроноорганизации природных процессов. Раздельный анализ 11(10)-летних циклов солнечной активности по восходящим и нисходящим ветвям позволяет учесть разную направленность, длительность и амплитуду этих фаз.

В условиях лесостепи зависимость радиального прироста дуба от средней величины чисел Вольфа в фазах восходящих ветвей солнечной активности имеет более тесную корреляционную связь, чем на нисходящих ветвях солнечной активности, однако при этом в основном диапазоне изменений средних значений  $W$  (40-80) ширина годовых колец меньше. Положительная связь радиального прироста дуба с биоклиматическими энергетическими затратами ( $Q$ ) проявляется на восходящих ветвях хода солнечной активности, если средние значения  $Q$  в эти фазы не опускается ниже среднегодовой нормы.

Комплексный анализ временного развития и полииерархического характера природных процессов позволяет более обоснованно оценивать современные тенденции неоднозначно трактуемого природно-антропогенного изменения геосфер, в том числе биосферы.

### Список литературы

1. Витинский Ю.И. Цикличность и прогнозы солнечной активности. Л.: Наука, 1973. 257 с.
2. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. М.: Наука, 1974. 126 с.
3. Жилияков Е.Г., Лисецкий Ф.Н., Митряйкина А.М. О методологии изучения хроноорганизации природных процессов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2004. №4. С. 25-28.
4. Жилияков Е.Г., Лисецкий Ф.Н., Щербинина Н.В. Об одном методе обработки дендрорядов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Информатика. Прикладная математика. Управление. 2007. № 7(38). Вып. 4. С. 35-42.
5. Иванов И.В., Лисецкий Ф.Н. Сверхвековая периодичность

солнечной активности и почвообразование // Биофизика. 1995. Т. 40. Вып. 4. С. 905-910.

6. Кочаров Г.Е. Естественные архивы солнечной активности и термоядерной истории Солнца за последние миллионы лет // Соросовский образовательный журнал. 2000. №1. С. 91-95.

7. Лисецкий Ф.Н. Почвообразовательный потенциал лесных насаждений при облесении песков в условиях лесостепи и степи // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2008. №4. С. 13-20.

8. Лисецкий Ф.Н. Пространственно-временная оценка растительной продукции как фактора почвообразования // Почвоведение. 1997. №9. С. 1055-1057.

9. Лисецкий Ф.Н., Ергина Е.И. Развитие почв Крымского полуострова в позднем голоцене // Почвоведение. 2010. № 6. С. 643-657.

10. Лисецкий Ф.Н., Митряйкина А.М. Дендрозокологический анализ изменений природной среды в XVIII-XX веках // Экология Центрально-Черноземной области Российской Федерации. 2002. №2(9). С. 146-150.

11. Лисецкий Ф.Н., Митряйкина А.М., Сливченко Е.Н. Временные ряды величин радиального прироста деревьев типичной лесостепи / Свидетельство об официальной регистрации базы данных №2007620209. Зарег. в Реестре баз данных 13.06.2007 г.

12. Матвеев С.М. Дендроиндикация динамики состояния сосновых насаждений Центральной лесостепи. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2003. 272 с.

13. Митряйкина А.М. Использование показателей климата и солнечной активности при проведении дендроклиматических исследований // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2005. №2. С. 13-19.

14. Скрябин М.П. Вековые циклы природных условий и боровая лесная растительность лесостепи // Труды ВГЗ. 1946. Вып. 3. С. 89-108.
15. Beniston M. *Advances in Global Change Research* 41 (2010): 283-290.
16. Friis-Christensen E., Svensmark H. *Adv. Space Res.* 20, no. 4/5 (1997): 913-921.

### References

1. Vitinskii Yu.I. *Tsiklichnost i prognozy solnechnoi aktivnosti* [Cyclicality and forecasts of solar activity]. L.: Science, 1973. 257 p.
2. Volobuev V.R. *Vvedenie v energetiku pochvoobrazovaniya* [Introduction to energy pedogenesis]. M.: Science, 1974. 126 p.
3. Zhilyakov E.G., Lisetskii F.N., Mitryaykina A.M. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*, no. 4 (2004): 25-28.
4. Zhilyakov E.G., Lisetskii F.N., Shcherbinina N.V. *Nauchnye ведомosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser Informatika. Prikladnaya matematika. Upravlenie* 4, no. 7 (2007): 35-42.
5. Ivanov I.V., Lisetskii F.N. *Biophysics* 40. no. 4 (1995): 903-908.
6. Kocharov G.E. *Sorosovskii obrazovatelnyi zhurnal*, no. 1 (2000): 91-95.
7. Lisetskii F.N. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Lesnoi zhurnal*, no. 4 (2008): 13-20.
8. Lisetskii F.N. *Eurasian Soil Science* 30, no. 9 (1997): 937-939.
9. Lisetskii F.N., Ergina E.I. *Eurasian Soil Science* 43, no. 6 (2010): 601-613.

10. Lisetskii F.N., Mitryaykina A.M. *Ekologiya Tsentral'no-Chernozemnoi oblasti Rossiiskoi Federatsii* 9, no. 2 (2002): 146-150.

11. Lisetskii F.N., Mitryaykina A.M., Slivchenko E.N. *Vremennye ryady velichin radial'nogo prirosta derev'ev tipichnoi lesostepi* [The time series of the values of the radial growth of trees typical forest-steppe] / *Svidetelstvo ob ofitsialnoi registratsii bazy dannykh №2007620209. Zareg. v Reestre baz dannykh 13.06.2007.*

12. Matveev S.M. *Dendroindikatsiya dinamiki sostoyaniya sosnovykh na-sazhdenii Tsentral'noi lesostepi* [Dendroindication of the state dynamics of pine plantations of the Central forest-steppe]. Voronezh: Izd-vo Voronezh. gos. un-ta, 2003. 272 p.

13. Mitryaykina A.M. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, no. 2 (2005): 13-19.

14. Skryabin M.P. *Trudy VGZ*, no. 3 (1946): 89-108.

15. Beniston M. *Advances in Global Change Research* 41 (2010): 283-290.

16. Friis-Christensen E., Svensmark H. *Adv. Space Res.* 20, no. 4/5 (1997): 913-921.

## ДАнные ОБ АВТОРАХ

**Лисецкий Федор Николаевич**, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра, доктор географических наук, профессор

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

*ул. Победы, д. 85, г. Белгород, 308015, Россия*

*e-mail: liset@bsu.edu.ru*

**Митряйкина Антонина Михайловна**, старший преподаватель кафедры природопользования и земельного кадастра, кандидат географических наук

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

*ул. Победы, д. 85, г. Белгород, 308015, Россия*

*e-mail: mitryaykina@bsu.edu.ru*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Lisetskii Fedor Nikolayevich**, professor, chair of nature management and land survey, Dr. phil., professor

*Belgorod State National Research University*

*85, Pobedy street, Belgorod, 308015, Russia*

*e-mail: liset@bsu.edu.ru*

**Mitryaykina Antonina Michailovna**, senior lecturer, chair of nature management and land survey, Candidate of geographical sciences

*Belgorod State National Research University*

*85, Pobedy street, Belgorod, 308015, Russia*

*e-mail: mitryaykina@bsu.edu.ru*

#### **Рецензент:**

**Чернявских Владимир Иванович**, зам. директора Ботанического сада, доктор сельскохозяйственных наук, Белгородский государственный национальный исследовательский университет