

**Прирост ели в Вологодской области в эпоху 11-летнего цикла солнечной активности**

Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: Lezhnevasv@mail.ru, Lovelius@mail.ru

**Аннотация.** В статье приведены результаты измерений серий годовых колец, анализ величин прироста ели, ее временной и пространственной изменчивости в разных условиях произрастания. Выявлены особенности формирования годовичного прироста ели в Великоустюгском районе Вологодской области. В работе показаны результаты исследования влияния максимумов и минимумов 11-летних циклов солнечной активности на рост деревьев.

**Ключевые слова:** дендроиндикация, радиальный прирост, ель, годовичные кольца, солнечная активность.

**Введение**

Связь прироста деревьев и солнечной активности изучается специалистами на протяжении многих лет [1 – 7, 11 – 13, 17, 19, 20]. Ранее нами был проведен анализ внутригодового распределения факторов среды: чисел Вольфа, температуры воздуха, количества осадков в годы максимумов и минимумов прироста ели [8, 14 – 16]. В этой работе рассмотрено многолетнее изменение прироста ели относительно дат максимумов и минимумов 11-летних циклов солнечной активности.

**Материалы и методы**

Материалом для анализа прироста ели послужили серии годовых колец деревьев, произрастающих в ельниках Великоустюгского лесничества Вологодской области, их характеристики приведены в таблице 1. Керны отбирались над корневой шейкой ствола с помощью бурава Пресслера. На каждой пробной площади проводился отбор кернов по два из десяти деревьев наибольшего возраста, описывались типы леса, состав древостоев, измерялась высота и диаметр, навигатором фиксировались координаты каждого модельного дерева. Керны упаковывали в контейнер с маркировкой пробной площади и модельного дерева. Все сведения заносили в полевой журнал. В этой публикации использованы измерения по 60 кернам (20 кернов в каждой из 3-х пробных площадей).

**Таблица 1****Характеристика пробных площадей и координаты мест отбора кернов**

№ пробной площади (ПП), Тип леса	Координаты	Высота над уровнем моря	Средний диаметр	Средняя высота	Напочвенный покров
ПП 1 Ельник кисличный (Е кис.)	60° 34' 209 – 228", с.ш., 45° 25' 213 – 243" в.д.	141 м	41,7 см	23 м	кислица, черника, осоковые;
ПП 5 Ельник травяно-болотный (Е тр-б.)	60° 32' 598" – 33' 024" с.ш., 45° 26' 391 – 421" в.д.	159 м	35,2 см	22 м	осоковые, злаковые, сфагновые мхи;
ПП 6 Ельник черничный (Е чер.)	60° 22' 248 – 329" с.ш., 45° 27' 939' – 28'114" в.д.	180 м	35,6 см	20 м	черника, осоковые, кислица;

Обработка собранных материалов выполнена в лабораториях кафедры физической географии и ландшафтоведения Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова и Научно-образовательного экспертно-аналитического Центра исследования древесных растений Московского государственного университета леса [9, 10].

Перед измерением все керны проходили предварительную подготовку. Каждый керн приклеивался на деревянную подложку, поверхность керна, зачищалась ножом для резки бумаги или хирургическим скальпелем. Для увеличения контрастности между ранней и поздней частью годовичного кольца использовался мел.

Измерения годовичных колец проводили на установке LINTAB, которая представляет собой комплекс, предназначенный для измерения величин прироста годовичных колец полуавтоматическим способом и последующего их статистического и графического анализа. Полуавтоматический комплекс состоит из бинокулярного микроскопа,двигающегося столика, обеспечивающего линейное

перемещение образца с точностью 0,01 мм и приспособления, преобразующего электронный сигнал в цифровой для компьютера со специальным программным обеспечением [18].

LINTAB прошел сертификацию в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии. По результатам испытаний был зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений и допущен к применению на территории Российской Федерации [18]. К этому прибору прилагается компьютерная программа TSAPWin, которая позволяет вводить данные измерений в компьютер, исправлять и анализировать полученные данные, представлять их в табличной и графической форме. Для контроля правильности измерений серию каждого керна перекрестно датировали в программе TSAPWin со средней групповой хронологией. В случае низкого уровня синхронности, диагностируемого программой TSAPWin, керна поступал на повторное измерение. Обобщенная серия прироста ели по трем типам леса приведена в таблице 2.

Таблица 2.

Обобщенная серия величины прироста ели по трем типам леса (мм)

годы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1900							2,33	2,28	2,35	2,30
1910	2,41	2,27	2,49	2,05	2,44	1,83	1,80	1,59	1,94	1,77
1920	2,02	2,47	2,39	2,76	2,51	2,19	2,68	2,25	2,35	2,30
1930	2,10	2,11	1,87	1,90	1,93	2,08	2,22	1,88	1,93	1,95
1940	1,57	2,01	2,39	1,91	1,91	1,63	1,43	1,61	2,00	2,26
1950	2,27	2,06	2,36	2,16	2,03	1,70	1,42	1,25	1,59	1,55
1960	1,32	1,69	1,72	1,64	1,48	1,44	1,42	1,17	1,09	1,43
1970	1,30	1,50	1,14	1,31	1,22	1,50	1,47	1,24	1,46	1,35
1980	1,42	1,26	1,55	1,84	1,70	1,84	1,95	1,66	1,43	1,48
1990	1,47	1,31	1,48	1,59	1,54	1,30	1,34	1,02	1,26	0,90
2000	0,97	1,13	1,08	1,46	1,76	1,49	1,25	1,47	1,46	1,56
2010	1,41	1,11	1,14							

Измерения кернов дали возможность определить ежегодный прирост и его межгодовую и многолетнюю изменчивость. Для приведения измерений обобщенных серий измерений по каждой пробной площади к сопоставимому виду и нивелирования так называемой «кривой большого роста», присущей всем биологическим системам, проводилось нормирование измерений от 10-летней календарной нормы. По данным нормированных приростов годичных колец (индексов) построены дендрограммы (рис.1).

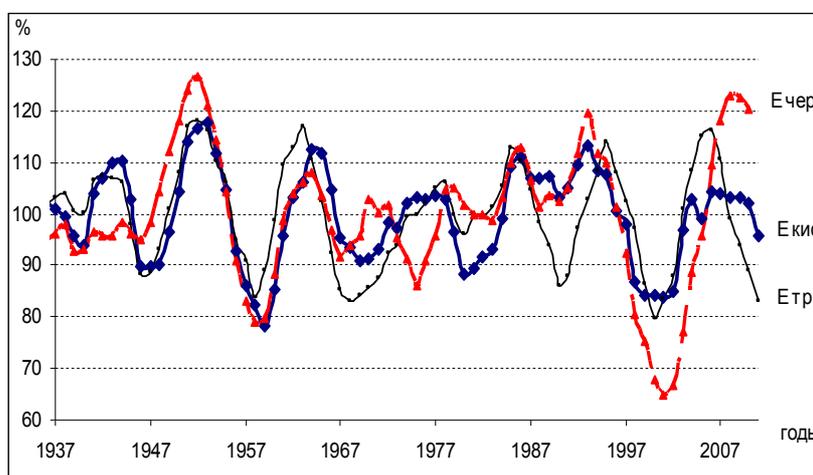


Рис. 1. Фрагмент дендрограмм ели (в индексах) в трёх типах леса (1937 - 2012 гг.)

На рисунке отчётливо прослеживается согласованный ход прироста деревьев в кисличнике, черничнике и травяно-болотном типах леса, с колебаниями его в диапазоне от 60 до 130%. Коэффициенты корреляции индексов представлены в таблице 3. Для выявления реакции ели на изменения солнечной активности в качестве реперов использованы даты максимумов и минимумов 11-летних циклов в XX веке (табл.4).

Анализ прироста ели выполнен по методу наложенных эпох, для этого были сделаны выборки величин прироста ели в каждом типе леса за 15 лет (от - 7 до + 7 года) для 9 эпох максимумов и минимумов активности Солнца.

Таблица 3.

## Кoeffициент корреляции величины прироста в ельниках разных типов

Тип леса	Ельник кисличный	Ельник травяно-болотный	Ельник черничный
Ельник кисличный	1		
Ельник травяно-болотный	0,58	1	
Ельник черничный	0,66	0,34	1

Таблица 4.

## Годы экстремальных значений активности Солнца в 11-летнем цикле

Экстремумы	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Максимумы	1905	1917	1928	1937	1947	1957	1968	1979	1989
Минимумы	1901	1913	1923	1933	1944	1954	1976	1986	1996

## Результаты и обсуждение

Анализ величин прироста выполнен методом наложенных эпох, его результаты приведены на рисунке 2. Фаза увеличения прироста в эпоху максимума солнечной активности начинается за 7 лет до экстремума и продолжается 5 лет до  $-2$  года, а затем снижается до  $+3$  года. В эпоху минимумов наблюдается почти зеркальное распределение прироста. Фаза увеличения прироста продолжается от  $-4$  года до  $+1$  года, а затем снижается до  $+7$  года. Смещение экстремальных значений приростов ели в обеих фазах активности Солнца дает основание судить об опосредованной роли солнечной активности. Пересечение двух кривых в противоположные фазы на одном уровне нулевой линии дает возможность определить продолжительность циклов влияния факторов природной среды, определяющих рост деревьев. Амплитуда колебаний прироста ели в эпохи максимума несколько большая, чем в эпохи минимумов.

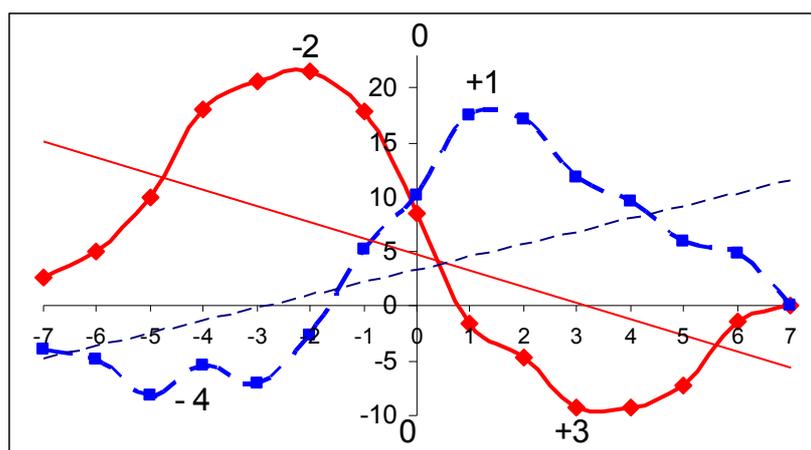


Рис. 2. Распределение величин прироста ели в эпохи максимумов (сплошная линия) и минимумов (пунктирная) активности Солнца

Как известно, изменения прироста и факторов среды отличаются полиритмичностью, и все же есть основания судить о существенной роли активности Солнца в 11-летних циклах в изменении роста ели через комплекс факторов среды. Выявленные даты экстремумов прироста ели относительно максимумов и минимумов солнечной активности могут использоваться для его прогноза на гелиофизической основе.

## Литература

1. Битвинкас Т. Т. Дендроклиматические исследования / Т. Т. Битвинкас. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 172 с.
2. Витинский Ю. И. Цикличность и прогнозы солнечной активности / Ю. И. Витинский. – Л., 1973.
3. Витинский Ю. И. Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца / Ю. И. Витинский, М. Копецкий, Г. В. Куклин. – М.: Наука., 1986. – 296 с.
4. Дзердзеевский Б. Л. Общая циркуляция атмосферы как необходимое звено цепи: солнце – колебания климата / Б. Л. Дзердзеевский // Известия Всесоюз. геогр. об-ва. – 1962. – т. 94 – Вып. 4, – С. 295-303.
5. Дружинин И. П. Космос / И. П. Дружинин Ю. И. Витинский, Б. И. Сазонов // Земля. Прогнозы. – М.: «Мысль», 1974. – 288 с.
6. Костин С. И. Солнечная активность и влияние ее на прирост деревьев и состояние лесных насаждений в центральной части лесостепи Русской равнины / С. И. Костин // Труды главной географической обсерватории им. А. И. Воейкова. – 1961. – Вып. 111. – С. 108-117.

7. Костин С. И. Связь колебаний прироста деревьев с солнечной активностью / С. И. Костин // Лесное хозяйство. – 1965. – №4. – С. 12-14.
8. Лежнева С. В. Особенности межгодовых различий прироста сосны на северо-востоке Вологодской области / С. В. Лежнева // Общество. Среда. Развитие. – СПб., 2013. – №4. – С. 260-265.
9. Лежнева С. В. Отчет о прохождении стажировки на кафедре физической географии и ландшафтоведения МГУ имени М. В. Ломоносова / С. В. Лежнева // под общей редакцией Н. В. Ловелиуса. – СПб., 2013. – 24 с.
10. Лежнева С. В. Прохождение стажировки в Лаборатории дендрохронологии Московского государственного университета леса. / С. В. Лежнева // предисл. д.б.н. Н. В. Ловелиус. – СПб. 2012. – 19 с.
11. Ловелиус Н. В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных явлений / Н. В. Ловелиус. – Л.: Наука, 1979. – 231 с.
12. Ловелиус Н. В. К методике дендроиндикационных исследований / Н. В. Ловелиус // Изучение биоценозов тундры и лесотундры. – Л., 1972. – С. 106-110.
13. Ловелиус Н. В. Колебания прироста древесных растений в 11-летнем цикле солнечной активности / Н. В. Ловелиус // Ботан. журн. – 1972. – Т. 57. – № 1. – С. 64-68.
14. Ловелиус Н. В. Особенности межгодовых различий прироста ели в разных типах леса Вологодской области / Н. В. Ловелиус, С. В. Лежнева // Наука и образование: проблемы и тенденции развития: материалы Международной научно-практической конференции (Уфа, 20-21 декабря 2013 г.): в 3-х ч. Часть I. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2013. – С. 18-24.
15. Ловелиус Н. В. Закономерности межгодовой и многолетней изменчивости температур воздуха и атмосферных осадков в Вологодской области в связи с солнечной активностью. / Н. В. Ловелиус, С. В. Лежнева // Экологическое равновесие: антропогенные изменения географической оболочки земли, охрана природы: материалы IV междунар. науч.-практ. конф., 28-29 окт. 2013. – СПб.: ЛГУ им. А. С. Пушкина, 2013. – С.149-151.
16. Ловелиус Н. В. Прирост ели в оптимальных условиях произрастания на Андомской возвышенности (Вологодская область) / Н. В. Ловелиус, С. В. Лежнева // География: проблемы науки и образования. – материалы ежегодной Международной научно-практической конференции LXVI Герценовские чтения. 18-20 апреля 2013 г. – СПб.: Астерион, 2013. – С. 36-39.
17. Матвеев С. М. Дендрохронология / С. М. Матвеев, Д. Е. Румянцев // учебное пособие; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2-е изд., перераб. и доп. – Воронеж, 2013. – 140 с.
18. Пальчиков С. Б. Современное оборудование для дендрохронологических исследований. / С. Б. Пальчиков, Д. Е. Румянцев // Лесной вестник.– М.: МГУЛ. 2010г. – №3 (72). – С. 46-51.
19. Скрябин М. П. Леса и солнечная активность / М.П. Скрябин // Астрономический сборник. – 1960. –вып.3-4. – С. 158-164.
20. Чижевский А. Л. Земное эхо солнечных бурь / А. Л. Чижевский. – М.: Мысль, 1976. – 367 с.

**Анотація.** Н. В. Ловелиус, С.В. Лежнева **Приріст ялини у Вологодській області в епохи 11-річного циклу сонячної активності.** У статті наведені результати вимірювань серій річних кілець, аналіз величин приросту їли, її тимчасової і просторової мінливості в різних умовах вирощування. Виявлено особливості формування річного приросту їли в Великоустюгском районі Вологодської області. В роботі наведено результати дослідження впливу максимумів і мінімумів 11-річних циклів сонячної активності на ріст дерев.  
**Ключові слова:** дендроіндикація, радіальний приріст, ялина, річні кільця, сонячна активність.

**Abstract.** N. V. Lovelius, S. V. Lezhneva **Growth of spruce in Vologda region in the era of 11-year cycle of solar activity.** The paper presents the results of measurements of the series of annual rings, the analysis of increment of spruce, its perennial and spatial variability in the different conditions in Veliky Ustyug district in Vologda region. We present the results of the research of inter-influence of 11-year cycles of solar activity on the growth of trees.  
**Keywords:** dendroindication, radial growth, spruce, solar activity.

Поступила в редакцію 22.01.2014 г.