

УДК 630.561.24
DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2018.1.04

Анализ динамики радиального прироста в 445-летней древесно-кольцевой хронологии сосны из Прибайкальского национального парка

Д. Е. Румянцев – Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана, профессор кафедры экологии и защиты леса, доктор биологических наук, Мытищи, Московская обл., Российская Федерация, landgraph@list.ru
А. В. Черакшев – Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана, аспирант кафедры экологии и защиты леса, Мытищи, Московская обл., Российская Федерация, chibin902@mail.ru

Исследован методический аспект обработки дендрохронологической информации, связанной с выделением долговременной и кратковременной компонент изменчивости из временного ряда радиального прироста, полученного по трем кернам из старовозрастной сосны с острова Ольхон. Проанализированы различные варианты индексации хронологии и рассчитан коэффициент корреляции между хронологиями разного типа. По результатам исследования определен лучший вариант индексации. Для долговременной компоненты установлена связь с числами Вольфа, при этом она демонстрирует цикличность колебаний, соответствующую истинному Солнечному циклу.

Ключевые слова: дендрохронология, сосна обыкновенная, радиальный прирост, солнечная активность

Для ссылок: <http://dx.doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2018.1.04>
Румянцев, Д. Е. Анализ динамики радиального прироста в 445-летней древесно-кольцевой хронологии сосны из Прибайкальского национального парка [Электронный ресурс] / Д. Е. Румянцев, А. В. Черакшев // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2018. – № 1. – С. 41–49. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

Большинство известных длительных древесно-кольцевых хронологий получено при использовании образцов древесины из деревянных построек и найденных при археологических раскопках, датируемых с хронологиями по живым деревьям методом перекрестной датировки [1, 2]. В связи с этим они содержат дендрохронологический материал нескольких организмов. В то же время исследование особенностей формирования годичных колец одним и тем же генотипом на возможно более длительном временном интервале представляет самостоятельную ценность для прогресса наших представлений о биологических основах изменчивости радиального прироста и процессах формирования запаса древесины. Цель данной работы – анализ изменчивости радиального прироста уникального старовозрастного дерева сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).

В рамках Всероссийской программы «Дерева – памятники живой природы» А. В. Черакшевым обследовано дерево сосны обыкновенной (№ 213 в Национальном реестре старовозрастных деревьев России), произрастающее в Иркутской обл. Данный экземпляр сосны – одно из наиболее старых деревьев, включенных в реестр, чей возраст установлен с использованием минимума интерполяционных показателей. Дерево

произрастает на байкальском острове Ольхон в массиве леса, расположенном на песчаных образованиях в районе Сарайского залива.

С помощью бурава Пресслера из дерева отобраны 3 керна, которые доставлены в лабораторию и специальным образом подготовлены для дальнейших исследований [3].

Ширину годичных колец измеряли и анализировали на специализированном оборудовании LINTAB с программным обеспечением TSAP [4]. По результатам измерений каждого керна нами получены 3 индивидуальные хронологии, по которым рассчитана средняя хронология. Динамика ширины годичных колец по каждому керну представлена на рис. 1. По результатам исследования длина древесно-кольцевого ряда составила 445 лет, расчетный возраст дерева – 463 года. График хронологии приведен на рис. 1.

Длительные хронологии (до нескольких сотен лет), полученные по нескольким образцам древесины от одного дерева, являются хорошим материалом для исследования методических аспектов обработки дендрохронологической информации. Один из таких аспектов связан с выделением из временных рядов радиального прироста долговременной и кратковременной компонент.



Рис. 1. Динамика ширины годичных колец

Нами рассмотрены различные варианты индексации хронологий по ширине годичного кольца, базирующиеся на расчете скользящего среднего за разные временные интервалы (так называемой нормы прироста). Индекс прироста (кратковременная компонента) вычислялся как отношение величины прироста к норме прироста. Норма прироста рассчитывалась для 5-, 7-, 9-, 11- и 18-летнего интервалов. Результаты расчета представлены на рис. 2.

Максимумы и минимумы прироста в подавляющем большинстве случаев совпадают для всех типов хронологий, индексация не искажает содержащейся в хронологии информации на качественном уровне.

Далее нами рассчитаны коэффициенты корреляции между хронологиями разного типа (таблица). Установлено, что индексированная хронология, рассчитанная на основе 18-летней нормы прироста, позволяет получить максимальную корреляцию с хронологией по абсолютным значениям, а на основе 5-летней нормы прироста – минимальную. Однако это не означает, что уве-

личение временного интервала при расчете нормы прироста дает в итоге индексы прироста, наименее искажающие картину его кратковременной изменчивости. При таком варианте из хронологии практически не удаляется долговременная изменчивость, что и обуславливает высокую корреляцию с исходной хронологией (рис. 3). Таким образом, 5-летняя скользящая средняя является лучшим вариантом ликвидации долговременной изменчивости из рассмотренных. Она надежно удаляет возрастные тренды изменчивости прироста, связанные с влиянием медленно-меняющихся экологических факторов (например, почвенного плодородия или уровня подтопления грунтовыми водами).

Долговременная компонента изменчивости прироста также имеет ценность как источник информации. В динамике 11-летнего скользящего среднего, приведенной на рис. 4, четко выделяются 2 периода с невыраженной изменчивостью долговременной компоненты:

- ✓ первый – 1680–1758 гг.;
- ✓ второй – 1862–1970 гг.

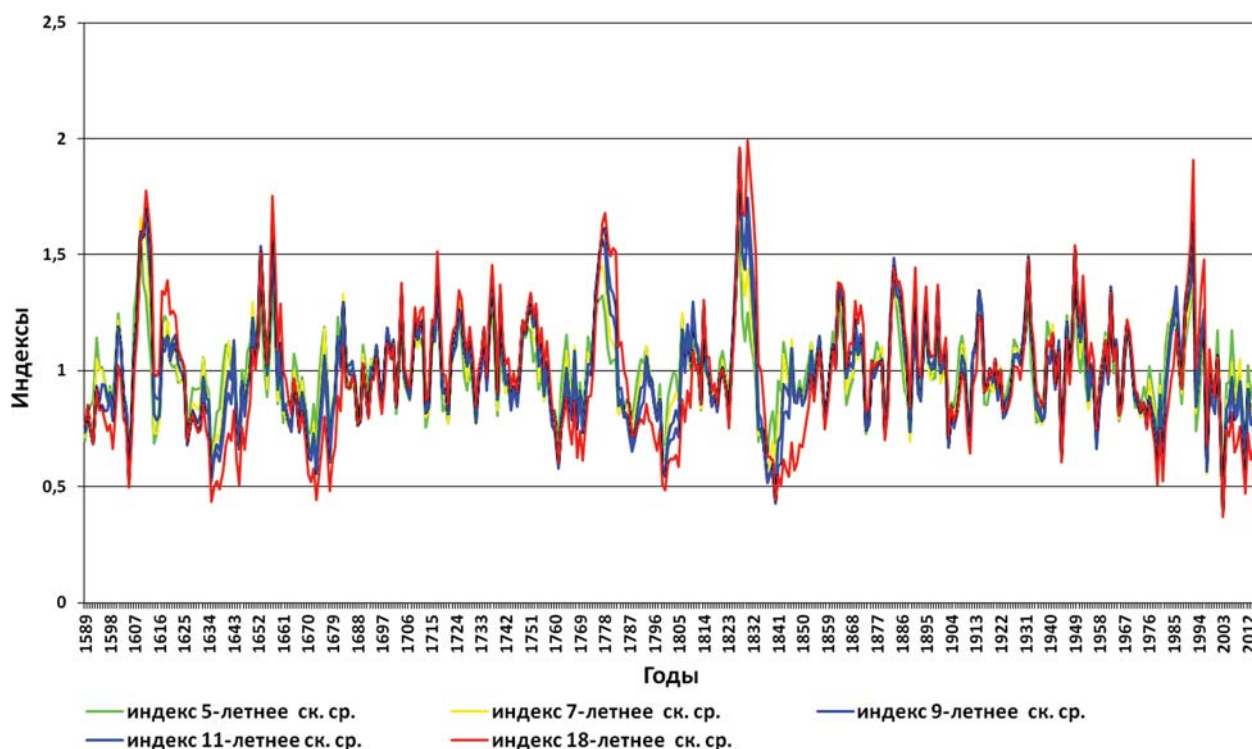


Рис. 2. Результаты расчета индексов прироста на основе скользящего среднего в разные временные интервалы (норма прироста)

КОЭФФИЦИЕНТЫ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ХРОНОЛОГИЯМИ РАЗНОГО ТИПА

Индекс прироста на основе скользящего среднего за временные интервалы	Хронология по абсолютному значению	Индекс прироста на основе скользящего среднего за временные интервалы				
		5-летний	7-летний	9-летний	11-летний	18-летний
5-летний	0,27	1,00				
7-летний	0,32	0,95	1,00			
9-летний	0,34	0,89	0,97	1,00		
11-летний	0,35	0,85	0,94	0,99	1,00	
18-летний	0,41	0,72	0,82	0,89	0,94	1,00

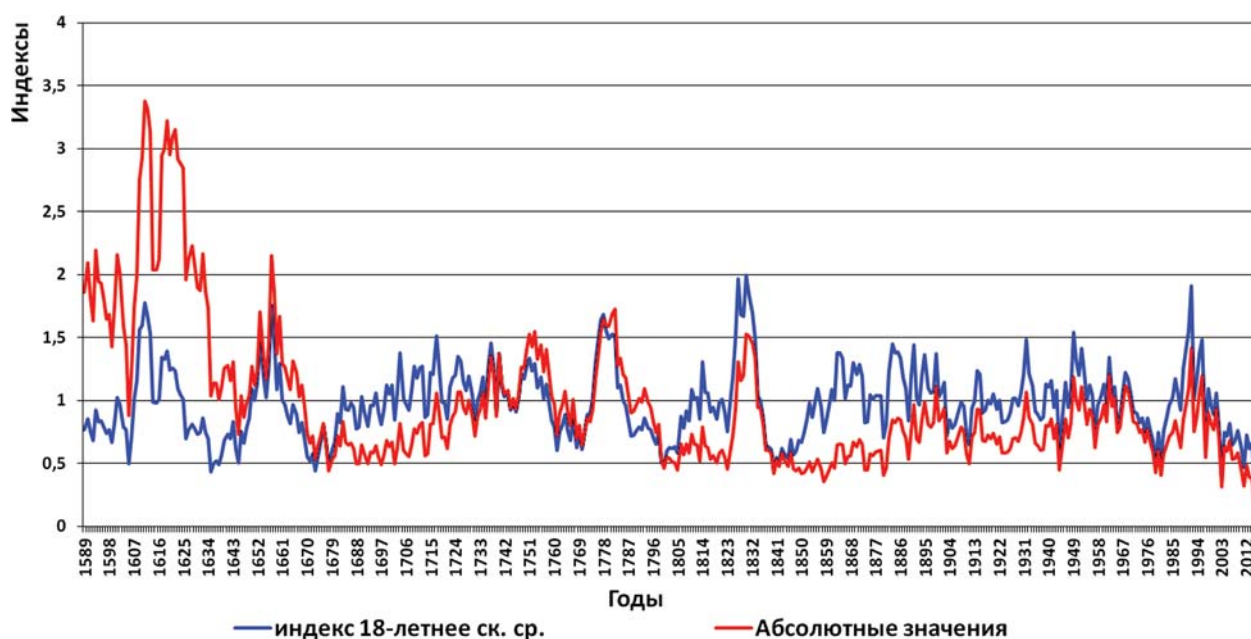


Рис. 3. График индексов на основе 18-летней нормы прироста и абсолютных значений

В промежутках между этими периодами изменчивость долговременной компоненты выражена отчетливо и имеет признаки цикличности. Причины такой периодичности в изменчивости долговременной компоненты пока неясны, возможно, они связаны с колебаниями уровня воды в Байкале.

Известно также, что одним из основных факторов, обуславливающих формирование циклических процессов в биосфере Земли, является циклическая изменчивость солнечной активности [1, 5].

Оригинальная гипотеза, объясняющая характер влияния солнечной активности и межгалактических излучений на формирование годичных колец, высказана М. Г. Романовским и Р. В.

Щекалевым [6]. В ней постулируется, что в колебания ширины годичного кольца по годам значительный вклад вносит напряженность мутационно-репарационного процесса. В основе гипотезы лежит представление о том, что основная проблема, которую особи растений решают на фоне переменной интенсивности мутационного процесса, – это защита генома и генофонда от приносимых повреждений. Чтобы «исправлять» повреждения, клеткам (ядрам) необходимо делиться, а организму (ткани) – расти. Увеличение скорости мутирования ведет к возрастанию интенсивности клеточных делений и годичной продукции фитоценозов. Солнечная активность влияет на частоту репараций и, следовательно, частоту митотических делений клеток камбия, однако не

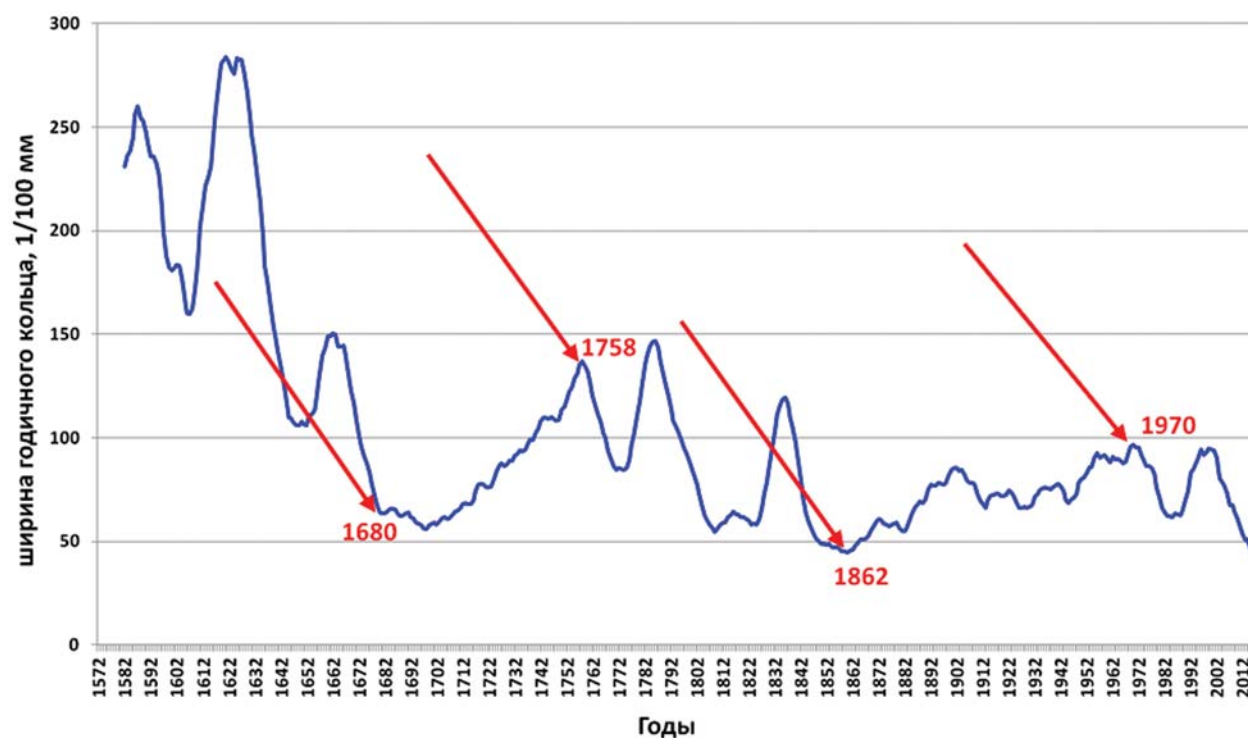


Рис. 4. Динамика 11-летнего скользящего среднего (долговременной компоненты)

является единственным предиктором изменчивости прироста, так как ее влияние может модифицироваться иными астрофизическими факторами, например интенсивностью межгалактического излучения. Так же, по-видимому, на измен-

чивость радиального прироста могут влиять и иные факторы астрофизической природы [7].

Действительно, известно, что связь солнечной активности с приростом для одних объектов фиксируется, для других – нет [8–12]. При этом

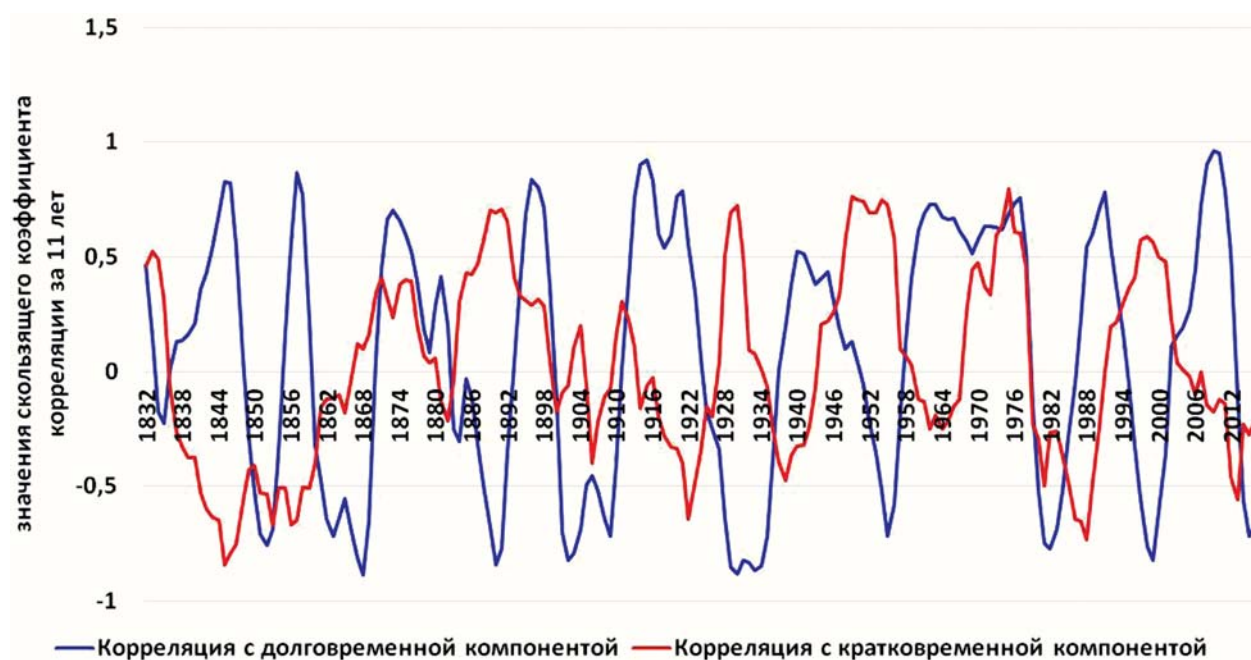


Рис. 5. Результаты корреляции чисел Вольфа с долговременной и кратковременной компонентами

стационарность этой связи во времени практически не исследована. Наша хронология, как длительная, но при этом базирующаяся на данных по одному организму (одному генотипу), предоставляет хорошую возможность проанализировать этот вопрос.

С этой целью нами рассчитывался скользящий коэффициент корреляции за 11 лет между числами Вольфа и дендрохронологическими рядами. Расчет осуществлялся для долговременной и кратковременной компонент. Результаты расчетов представлены на рис. 5.

Исследуемый показатель для двух дендрохронологических рядов прироста колеблется в противофазе (см. рис. 5). При этом долговременная компонента демонстрирует цикличность колебаний показателя от тесной положительной до тесной отрицательной связи. Средний цикл между минимумами корреляции составляет 20,5 лет, между максимумами – так же 20,5 лет, что соот-

ветствует так называемому истинному Солнечному циклу, учитывающему не только динамику площади солнечных пятен, но и изменение полярности пятен. В пределах этого цикла влияние активности на прирост равно 0, но по фазам цикла прослеживается выраженная корреляция с изменчивостью прироста.

На основании проведенных нами исследований можно сделать два основных вывода:

1. Для исследования влияния кратковременной изменчивости радиального прироста и, следовательно, погоды разных лет на радиальный прирост лучшим вариантом индексации является 5-летняя норма прироста.

2. На формирование радиального прироста оказывает влияние астрофизический фактор. Характер влияния солнечной активности на прирост не стационарен во времени и, по-видимому, дополняется воздействием других астрофизических факторов.

Список использованной литературы

1. Гелиогеодинамика: Природные аспекты глобальных солнечных минимумов : моногр. в 3-х т. – Т. 1 / К. Г. Леви, Н. В. Задонина, С. А. Язев, В. И. Воронин, М. М. Наурзбаев, Р. М. Хантемиров. – Иркутск : ИГУ, 2012. – 511 с.
2. Засухи Восточно-Европейской равнины по гидрометеорологическим и дендрохронологическим данным : моногр. / О. Н. Соломина, И. С. Бушуева, Е. А. Долгова, А. Н. Золотокрылин, В. В. Кузнецова, Т. О. Кузнецова [и др.]. – СПб : Нестор-История, 2017. – 360 с.
3. Румянцев, Д. Е. Дендроклиматическая диагностика состояния сосен секции STROBI в условиях дендрологического сада МГУЛ / Д. Е. Румянцев, А. В. Черакшев // Лесной вестник. – 2013. – № 7 (99). – С. 121–127.
4. Пальчиков, С. Б. Современное оборудование для дендрохронологических исследований / С. Б. Пальчиков, Д. Е. Румянцев // Лесной вестник. – 2010. – № 3 (99). – С. 46–50.
5. Кац, А. Л. Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы / А. Л. Кац. – Л. : Гидрометеиздат, 1960. – 270 с.
6. Романовский, М. Г. Лес и климат Центральной полосы России / М. Г. Романовский, Р. В. Щекалев. – М. : ИЛ РАН, 2009. – 65 с.
7. Ретеюм, А. Ю. Дендрохронология макроциклов Солнечной системы / А. Ю. Ретеюм // Дендро-2012 : матер. междунар. конф. – М. : МГУЛ. – С. 62–67.
8. Ловелиус, Н. В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных явлений / Н. В. Ловелиус. – Л. : Наука, 1979. – 231 с.
9. Радиальный прирост сосны в сфагновых сосняках лесной зоны России и глобальные факторы среды / Н. В. Ловелиус, К. Н. Дьяконов, С. Б. Пальчиков, А. Ю. Ретеюм, Д. Е. Румянцев [и др.] // Общество. Среда. Развитие. – 2013. – № 4(29). – С. 251–259.
10. Матвеев, С. М. Дендрохронология / С. М. Матвеев, Д. Е. Румянцев. – Воронеж : ВГЛТА, 2013. – 139 с.
11. Румянцев, Д. Е. Анализ распределения климатического сигнала в хронологиях сосен секции STROBI из разных географических точек / Д. Е. Румянцев, А. В. Черакшев, Е. В. Сарапкина // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – Т. 2. – 2015. – № 6(17). – С. 148–153.
12. Douglass, A. E. Climatic cycles and tree-growth / A. E. Douglass // Carnegie Institution Washington. – 1919. – Vol. 1.

References

1. Geliogeodinamika: Prirodnye aspekty global'nyh solnechnykh minimumov : monogr. v 3-h t. – T. 1 / K. G. Levi, N. V. Zadonina, S. A. Yazev, V. I. Voronin, M. M. Naurzbaev, R. M. Hantemirov. – Irkutsk : IGU, 2012. – 511 s.
2. Zasuhi Vostochno-Evropejskoj ravniny po gidrometeorologicheskim i dendrohronologicheskim dannym : monogr. / O. N. Solomina, I. S. Bushueva, E. A. Dolgova, A. N. Zolotokrylin, V. V. Kuznecova, T. O. Kuznecova [i dr.]. – SPB : Nestor-Istoriya, 2017. – 360 s.
3. Rumyanцев, D. E. Dendroklimaticheskaya diagnostika sostoyaniya sosen sekcii STROBI v usloviyah dendrologicheskogo sada MGUL / D. E. Rumyanцев, A. V. Cherakshev // Lesnoj vestnik. – 2013. – № 7 (99). – S. 121-127.
4. Pal'chikov, S. B. Sovremennoe oborudovanie dlya dendrohronologicheskikh issledovanij / S. B. Pal'chikov, D. E. Rumyanцев // Lesnoj vestnik. – 2010. – № 3 (99). – S. 46–50.
5. Kac, A. L. Sezonnye izmeneniya obshchej cirkulyacii atmosfery / A. L. Kac. – L. : Gidrometeoizdat, 1960. – 270 s.
6. Romanovskij, M. G. Les i klimat Central'noj polosy Rossii / M. G. Romanovskij, R. V. Shchekalev. – M. : IL RAN, 2009. – 65 s.

7. Reteyum, A. Yu. Dendrohronologiya makrociklov Solnechnoj sistemy / A. Yu. Reteyum // Dendro-2012 : mater. mezhdunar. konf. – M. : MGUL. – S. 62–67.
8. Lovelius, N. V. Izmenchivost' prirosta derev'ev. Dendroindikaciya prirodnyh processov i antropogennyh yavlenij / N. V. Lovelius. – L. : Nauka, 1979. – 231 s.
9. Radial'nyj prirost sosny v sfagnovykh sosnyakah lesnoj zony Rossii i global'nye faktory sredy / N. V. Lovelius, K. N. D'yakonov, S. B. Pal'chikov, A. Yu. Reteyum, D. E. Rumyancev [i dr.] // Obshchestvo. Sreda. Razvitie. – 2013. – № 4(29). – S. 251–259.
10. Matveev, S. M. Dendrohronologiya / S. M. Matveev, D. E. Rumyancev. – Voronezh : VGLTA, 2013. – 139 s.
11. Rumyancev, D. E. Analiz raspredeleniya klimaticheskogo signala v hronologiyah sosen sekcii STROBI iz raznykh geograficheskikh toчек / D. E. Rumyancev, A. V. Cherakshev, E. V. Sarapkina // Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. – T. 2. – 2015. – № 6(17). – S. 148–153.
12. Douglass, A. E. Climatic cycles and tree-growth / A. E. Douglass // Carnegie Institution Washington. – 1919. – Vol. 1.

Tree-Ring Analysis of 445 Year Chronology of Scots Pine from Baikal National Park

D. Rumyantsev – Mytishchi branch of the Moscow State Technical University
N. E. Bauman, Professor, Department of Ecology and Forest Protection,
Doctor of Biological Sciences, Mytishchi, Moscow region, Russian Federation,
landgraph@list.ru

A. Cherakshv – Mytishchi branch of the Moscow State Technical University
N. E. Bauman, Post-graduate Student of the Department of Ecology and Forest
Protection, Mytishchi, Moscow region, Russian Federation, chibingo2@mail.ru

Keywords: dendrochronology, Scots pine, radial growth, solar activity

The most part of known in present time long tree-ring chronologies were build with use of timber cores from wooden buildings and archeological timber samples, wchich were dated with use cores from living trees by cross-date method. Thus, they consist of dendrochronological information from several organisms. At the same time, the investigation of features of tree-rings forming by one genotype for maximally possible long time interval has the independent value for progress of our knowledge about biological base of radial growth variability and the wood stock forming.

The goal of investigation wath the analisys of radial growth variability in uncial ald-age tree of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) The length of investigated chronology was 445 years. The investigated tree is situated on Baycal island Olchon in forest on sandy soils near Saraysk bay.

Three cores were taken by Pressler borer and was delivered to the laboratory where specially prepared for future research. Rings width were measured and analysed with use of special equipment Lintab and computer program TSAP. By results of measuring of each core was made three individual chronology, and on the base of them was calculated the average chronology.

The correlation between absolutely value of radial growth chronologies and chchronologies calculated by indexation with use of different variants of growth norm; the features of long-term component of the radial growth calculated by method of of 11-year moving average; features of correlation between sunspot activity and long-term and short-term components of radial growth were investigated.

It was established, that for investigation of short-term variability of radial growth and effect of climate changes on radial growth the best variant of indexation is on the base of 5-year average norm of ring width. Also it was established, that impact of solar activity on radial growth has nonstationary function and probably modified by impact of other astrophysical factors.