

УДК 634.0:582.475.4(571.150)

Н.В. Рыгалова

Изучение локальных особенностей радиального прироста сосны обыкновенной Касмалинского и Барнаульского ленточных боров методом пунктирной трансекты*

N.V. Rygalova

The Investigation of the Radial Growth Local Characteristics of *Pinus sylvestris* L. in the Kasmalinsky and Barnaulsky Belt Forests Using Dotted Transect Method

Исследована динамика радиального роста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в степной зоне Касмалинского и Барнаульского ленточных боров в зависимости от мезоклиматических и локальных экологических факторов. Использование дендрохронологического, трансектного, статистического методов позволило провести комплексную оценку пространственных особенностей роста сосны обыкновенной (вида-эдификатора геосистемы боров). Анализ хронологий ширины годовичных колец деревьев по трансекте показал уменьшение климатической чувствительности сосны в юго-восточном направлении от Касмалинской ленты к Барнаульской. При преобладающем западном переносе воздушных масс это свидетельствует о существовании амортизационной функции геосистемы двух параллельных ленточных боров при воздействии экзогенных (прежде всего климатических) факторов за счет развития локальных экологических условий. Установленная закономерность говорит о большей экологической устойчивости лесных сообществ Барнаульской ленты в условиях меняющегося климата. Кластерный анализ древесно-кольцевых хронологий позволил выявить сходство радиального роста сосны разных местообитаний. Было установлено изменение набора экологических факторов, лимитирующих прирост деревьев, в годы с недостаточным и избыточным увлажнением территории.

Ключевые слова: ленточные боры, радиальный прирост, сосна обыкновенная, дендрохронология, метод пунктирных трансект, кластерный анализ.

DOI 10.14258/izvasu(2014)3.1-14

Ленточные боры распространены на песчаных отложениях линейно вытянутых долин древнего стока в Обь-Иртышском междуречье на юге Западной Сибири. Боры представляют собой реликтовые интразональные образования, пересекающие лесостепную и степную природные зоны. Основной лесообра-

The research of the radial growth dynamic of *Pinus sylvestris* L. in the steppe zone of the Kasmalinsky and Barnaulsky belt forests depending on the mesoclimatic and local environmental factors has been carried out. The usage of the dendrochronological, transect, statistical methods allowed us to conduct a comprehensive study of the spatial features of *Pinus sylvestris* growth (species-edificator of the forest geosystem).

The analysis of the tree rings width chronologies along transect showed a decrease of pine climate sensitivity in the south-eastern direction from the Kasmalinsky belt to the Barnaulsky. In the prevailing western air mass transfer, it indicates the existence of the amortization function of two parallel belt forest geosystem under the influence of exogenous (primarily, climatic) factors through the evolution of the local environment. The established regularity indicates the great environmental sustainability of the Barnaulsky belt forest communities to the climate changing process.

The cluster analysis of the tree-ring chronologies revealed the similarities of the pine radial growth in different habitats. The changing of the environmental factors complex, limiting the growth of trees in years with insufficient and excessive moisture of the territory has been found.

Key words: belt forests, radial growth, *Pinus sylvestris* L., dendrochronology, dotted transect method, cluster analysis.

зующей породой является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), которая произрастает на южной границе своего широтного ареала [1, с. 19]. Это обстоятельство позволяет проводить на данной территории дендро-экологические исследования. Индикатором изменчивости природных условий (прежде всего климата)

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-05-31202_мол_а).

выступает радиальный прирост деревьев (ширина годовичных колец). Одновременно изучение особенностей функционирования вида-эдификатора (сосны обыкновенной) и установление зависимости от динамики природных процессов определяют тенденции развития всей лесной геосистемы ленточных боров. Дендрохронологический метод зарекомендовал себя как универсальный способ получения информации об изменчивости окружающей среды, который широко используется для реконструкции динамики природных процессов [2–4].

Ленточные боры характеризуются различной протяженностью, площадью и природно-климатическими условиями, что определяет пространственную неоднородность в их ландшафтной структуре. Зональная изменчивость роста сосны на протяжении с северо-востока на юго-запад была установлена и изучена ранее [5, с. 11; 6, с. 89; 7, с. 48, 53]. Это связано с относительным повышением местоположения, более резко выраженным рельефом дюнных всхолмлений, увеличением сухости воздуха и ростом континентальности климата [8, с. 13]. Несмотря на это, боры экологически устойчивы [6, с. 90] и, как крупная геосистема, характеризуются наличием собственного микроклиматического, гидрогеологического режимов, которые

определенным образом амортизируют экстремальное воздействие климата. Большое значение в данном случае имеет размер лент. Менее защищенными являются островные боры (Прослаухинские, Баевские), которые локализованы на небольшой площади. Другая ситуация наблюдается в более протяженных лентах.

Самыми длинными ленточными борами являются Касмалинская и Барнаульская ленты. Они тянутся от древней поймы реки Оби узкими параллельными полосами (шириной 6–15 км) почти на 400 км. В районе населенных пунктов Солоновка, Малышев Лог и Токарево они сливаются, образуя боровой массив [5, с. 6]. При этом установлено [7, с. 96], что хронологии годовичных колец сосны Касмалинского бора более чувствительны к климатическим колебаниям, чем Барнаульского. Для исследования локальных особенностей роста деревьев двух крупных лент и изучения их влияния на внутренние природно-микроклиматические условия в степной зоне была заложена субширотная пунктирная трансекта, пересекающая ленты почти под прямым углом недалеко от района слияния двух боров (рис. 1). Ширина сосновых лент на данном отрезке составляет 7,5 км (Касмалинский бор) и 13,5 км (Барнаульский), ширина безлесного пространства между лентами — 11 км.

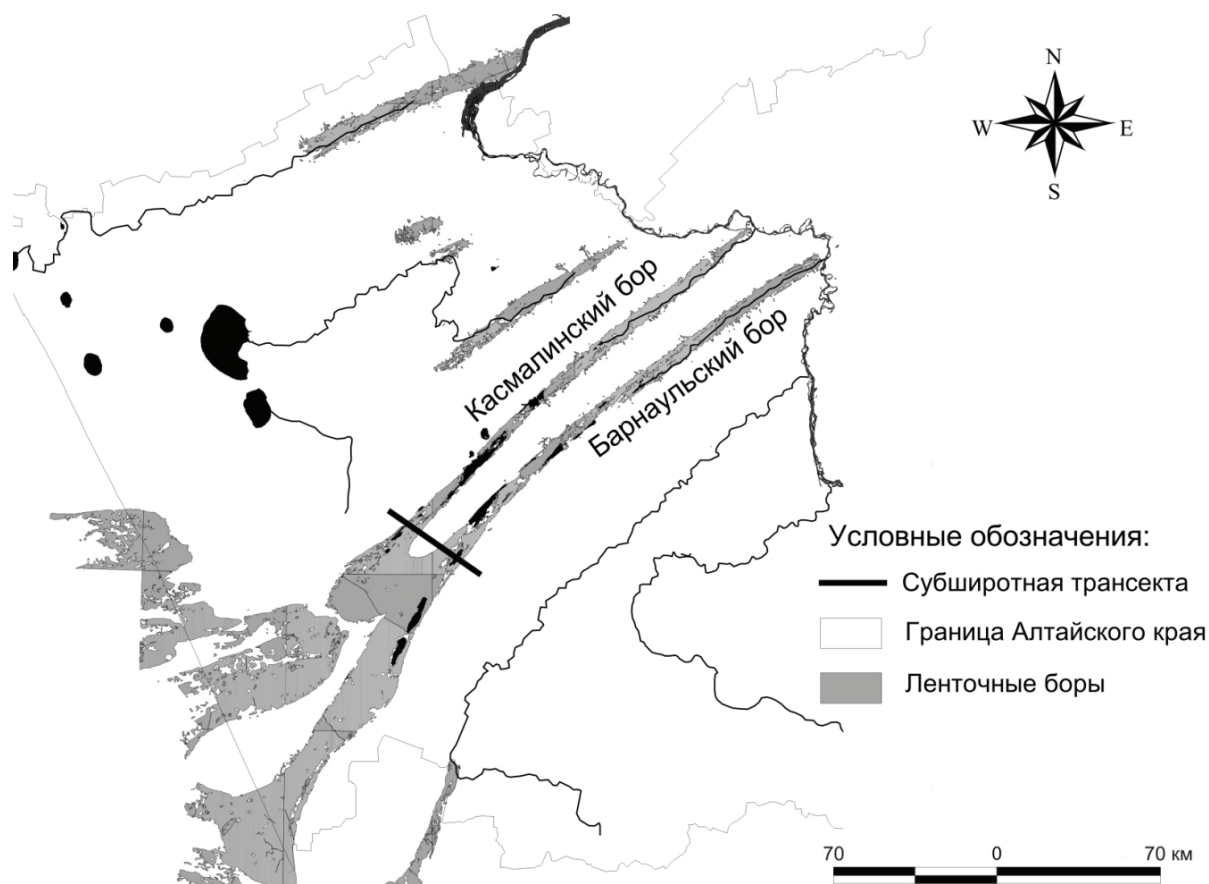


Рис. 1. Место заложения пунктирной трансекты

Территория исследования характеризуется волнисто-грядовым рельефом (рис. 2), в орографическом отношении модельные площадки приурочены к днищам или склонам долин древнего стока.

Перепад абсолютных высот между дендрохронологическими полигонами составляет несколько десятков метров (от 250 до 275 м), за исключением участка Солоновка (222 м).



Рис. 2. Гипсометрический профиль, соединяющий модельные площадки по пунктирной трансекте (построено с помощью [9]).

Цифрами на схеме обозначены дендрохронологические полигоны:

1 — Солоновка, 2 — Малышев Лог, 3 — Полевой Стан, 4 — Токарево

На данном отрезке ленточных боров расположены озера, которые вытянуты длинными цепочками с северо-востока на юго-запад и генетически связаны с древними долинами стока вод. Почвы в пределах трансекты преимущественно дерново-слабоподзолистые с легким механическим составом.

Исследуемая территория расположена в климатической зоне засушливой степи [10, с. 32]. Резко континентальный климат, характеризующийся недостаточным увлажнением и большим количеством тепла в вегетационном периоде, формируется под влиянием соседней прииртышской засушливой области Казахстана в связи с преобладанием юго-западного потока воздуха над этой территорией. Среднее годовое количество осадков составляет 340 мм, средняя температура января $-16,3^{\circ}\text{C}$, июля $+20,3^{\circ}\text{C}$ (данные взяты за период 1970–2000 гг. по метеостанции Волчиха). В теплое время года выпадает до 70% влаги, и только 25% — в период с апреля по июнь [10, с. 31].

В ландшафтном отношении модельные полигоны расположены в пределах засушливостепной местности Южно-Приалейской провинции степной зональной области. Принадлежность полиго-

нов различным ландшафтными местностями показана на рисунке 3.

В ходе экспедиционных работ 2007 и 2013 гг. были заложены модельные (дендрохронологические) площадки с внешней и внутренней сторон Касмалинского (Солоновка и Малышев Лог) и Барнаульского (Полевой Стан и Токарево) боров методом пунктирной трансекты. Данный метод применяется в дендрохронологических исследованиях как в России [12; 13], так и за рубежом [14; 15] и зарекомендовал себя как универсальный способ заложения модельных площадок вдоль линии изменения лимитирующих ширину годичных колец факторов.

На модельных площадках с 15 деревьев возрастным буром Haglof были взяты керны сосны. Полевой сбор и обработка материала, а также построение хронологий были проведены по общепринятой методике [2; 16; 17]. В результате получены четыре обобщенных ряда индексов ширины годичных колец (табл.). В связи с тем, что хронологии имеют различную продолжительность, для сравнительного статистического анализа был выбран период 1886–2005 гг., когда представлены все четыре древесно-кольцевых серии.

Характеристика древесно-кольцевых хронологий трансекты

Статистические показатели	Названия хронологий			
	Солоновка	Малышев Лог	Полевой Стан	Токарево
	Касмалинский бор		Барнаульский бор	
Стандартное отклонение	0,217	0,195	0,159	0,152
Коэффициент вариации	22,04	19,54	16,02	15,25
Коэффициент чувствительности	0,21	0,22	0,17	0,17

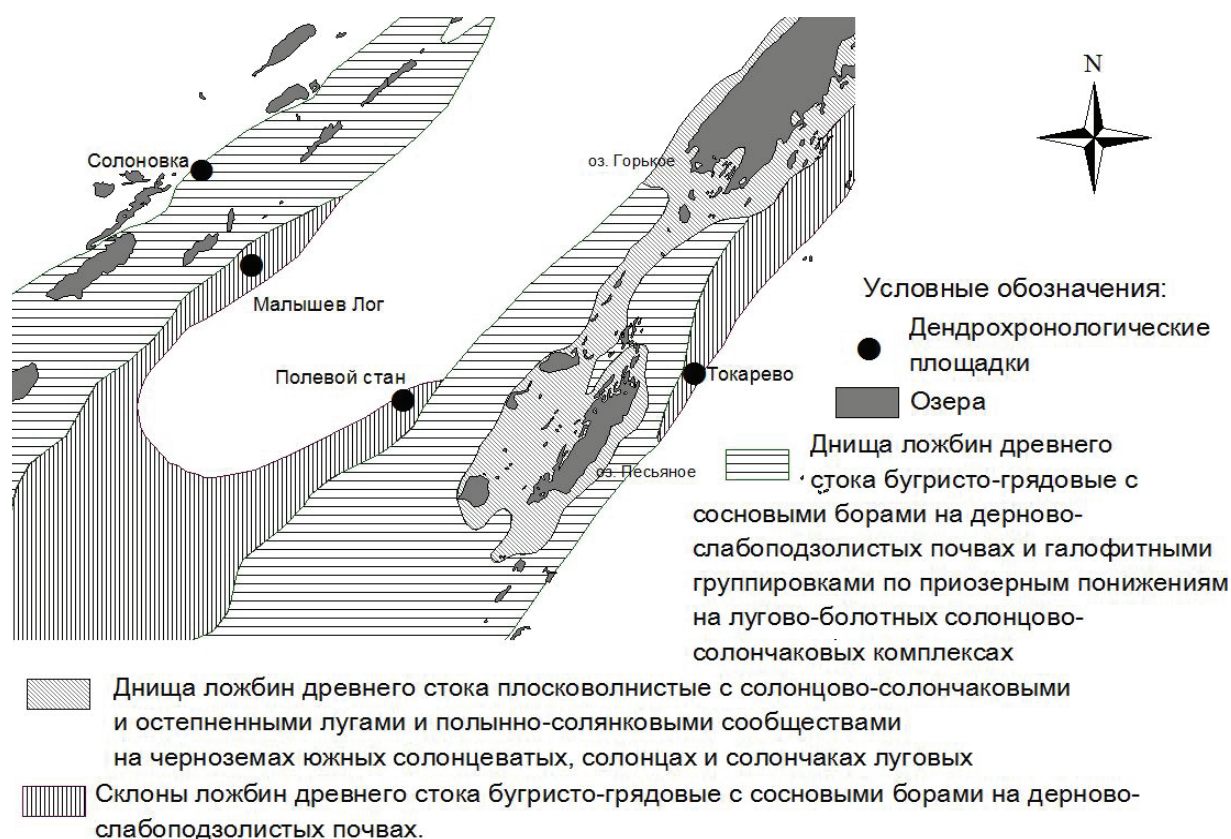


Рис. 3. Ландшафтная характеристика модельных участков пунктирной трансекты (построено по: [11])

Используемые для оценки хронологий показатели: коэффициент чувствительности и вариации, стандартное отклонение (квадратный корень из дисперсии), — характеризуют амплитуду колебаний индексов прироста, обусловленную изменчивостью внешних факторов, прежде всего климата. При движении на восток (от Касмалинской ленты к Барнаульской) наблюдается уменьшение значения показателей, что говорит об ослаблении климатического влияния на рост сосны и об увеличении стабильности функционирования лесных геосистем. Возможно, это связано с тем, что западная лента (Касмалинская) в период вегетационного сезона испытывает на себе более выраженное воздействие суховейных западных и юго-западных ветров.

Проведенный кластерный анализ (метод Ward и мера дистанции 1-г Pearson) древесно-кольцевых рядов с 1886 по 2005 г. позволил установить сходство хронологий в пространстве (рис. 4). Более тесную связь демонстрируют серии ширины годичных колец внутренних частей ленточных боров. Модельные площадки Полевой Стан и Малышев Лог занимают более высокое местоположение на отрезке трансекты (см. рис. 2), что ограничивает питание деревьев грунтовыми водами в связи с более глубоким их залеганием. Хронология Солоновка обнаруживает отсутствие связи с другими древесно-кольцевыми рядами по причине влияния на прирост сосны локальных факторов местообитания (район, где была заложена модельная площадка, имеет наименьшее значение абсолютной высоты, значительно заозерен).

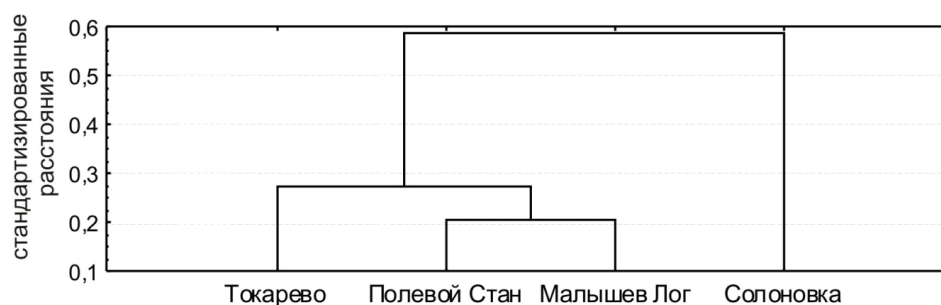


Рис. 4. Кластеризация древесно-кольцевых хронологий сосны по трансекте для периода 1886–2005 гг.

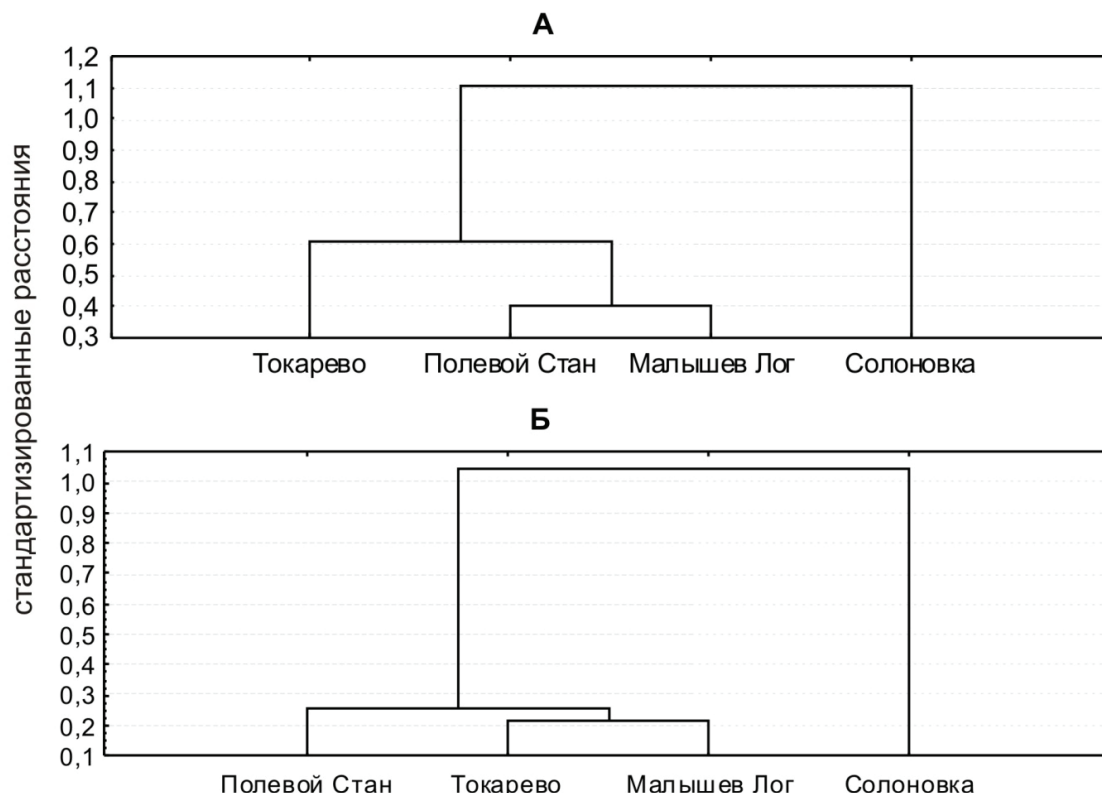


Рис. 5. Кластеризация хронологий сосны по трансекте в годы с недостаточным (А) и избыточным (Б) увлажнением территории

Для изучения особенностей прироста древесной растительности на участках трансекты в условиях меняющегося климата проведен кластерный анализ хронологий в годы недостаточного и избыточного увлажнения (рис. 5), когда коэффициент увлажнения Селянинова¹ имел отклонения на 25% от нормы в сторону уменьшения (общее количество — 32 года) и увеличения (29 лет). В засушливые годы группировка древесно-кольцевых серий происходит аналогично предыдущему случаю (см. рис. 4): в условиях недостаточного увлажнения увеличивается значение грунтовых вод в питании деревьев, что определяет сходство рядов Полевой Стан и Малышев Лог. В более влажные годы происходит сближение рядов прироста сосны на участках Малышев Лог и Токарево. Предположительно, это связано с тем, что оба полигона расположены на склонах древних долин северо-западной экспозиции, которые получают больше осадков, тем самым создаются благоприятные (близкие к оптимальным) условия среды для роста дере-

вьев. При этом модельная площадка Полевой Стан находится в микроклиматических условиях дождевой тени, что сказывается на характере связей.

Проведенный статистический анализ древесно-кольцевых рядов Касмалинского и Барнаульского боров, полученных по заложенной трансекте в пределах одной природно-климатической зоны степей, позволил оценить пространственные изменения экологических условий в ленточных борах и установить влияние локальных факторов на реакцию сосны в условиях динамики климата. На основе анализа показателей чувствительности хронологий можно сделать вывод, что древесная растительность Касмалинской ленты более подвержена климатическим изменениям, чем Барнаульской. Также полученные результаты позволяют утверждать, что древесно-кольцевые ряды Касмалинского бора (особенно возвышенных местобитаний) в большей степени подходят для дендроклиматического мониторинга территории степной части Алтайского края.

¹ Рассчитан на основе данных метеостанции Барнаул.

Библиографический список

1. Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. — М., 1964.
2. Шиятов С.Г. и др. Методы дендрохронологии. — Ч. I. — Красноярск, 2000.
3. Fritts H. Tree ring and climate. — N.Y., 1976.
4. Schweingruber F.H. Jahrringe und Umwelt — Dendroökologie. — Birmensdorf, 1993.
5. Грибанов Л.Н. Ленточные боры Алтайского края и Казахстана. — М., 1954.
6. Куприянов А.Н., Заблоцкий В.И. Географическая и популяционная устойчивость сосновых лесов на юге Сибири // Вестник Кузбасс. гос. техн. ун-та. — 2006. — № 1.
7. Малышева (Рыгалова) Н.В., Быков Н.И. Дендрохронологические исследования ленточных боров юга Западной Сибири. — Барнаул, 2011.
8. Вангниц П.Р. Ленточные боры. — М., 1953.
9. Google Earth 7.0.2 [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.google.com/earth/index.html>.
10. Сляднев А.П., Фельдман Я.И. Важнейшие черты климата Алтайского края // Природное районирование Алтайского края. — М., 1958. — Т. 1.
11. Ландшафтная карта Алтайского края [Карта] : сост. в ИВЭП СО РАН г. Барнаул в 2005 г. / гл. ред. Ю.М. Цимбалей ; ред. Д.В. Черных, С.Б. Смирнов, О.М. Винокурова ; руководитель проекта Ю.И. Винокуров. — Рукопись.
12. Бабушкина Е.А. Использование метода градиентов (трансект) в дендроклиматических исследованиях // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития : XI Междун. науч.-технич. конф. [Электронный ресурс]. — URL: http://science-bsea.bgita.ru/2011/les_komp_2011/babushkona_ispolz.htm.
13. Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазепа В.С. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. — Новосибирск, 1996.
14. Helama S. Multicentennial ring-width chronologies of scots pine along a north-south gradient across Finland // Tree-ring research. — 2005. — Vol. 61 (1).
15. Hughes M.K., Swetnam T.W., Diaz H.F. Tree Rings and Climate — Sharpening the Focus // Eos. — 2004. — Vol. 85.
16. Cook E.R. A time series analysis approach to tree-ring standardization: Ph.D. Dissertation. — University of Arizona, 1985.
17. Holmes R.L. Computer-assisted Quality Control in Tree-Ring Dating and Measurement // Tree-Ring Bulletin. 1983. Vol. 43 [Электронный ресурс]. — URL: http://www.treeringsociety.org/TRBTRR/TRBvol43_69-78.pdf.