

УДК 630*561

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РАННЕЙ И ПОЗДНЕЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ НА ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

© *В.С. Вернодубенко, канд. с.-х. наук, доц.*

Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина,
ул. Шмидта, д. 2, п. Молочное, Вологодская область, Россия, 160555
E-mail: quercus45@mail.ru

Н.А. Дружинин, д-р с.-х. наук, проф.

Вологодская региональная лаборатория Северного научно-исследовательского
института лесного хозяйства, ул. Горького, 83а, г. Вологда, Вологодская область,
Россия, 160014
E-mail: drujinin@mail.ru

Сбор полевого материала производился на пробных площадях, заложенных в осушаемых сосновых насаждениях на почвах верхового и переходного типов заболачивания в Верховажском районе Вологодской области. В кустарничково-сфагновых и осоково-сфагновых сосняках методами дендрохронологии исследовано влияние климатических факторов (температура воздуха и осадки) на формирование клеток ранней и поздней древесины в годичной динамике радиального прироста и на ширину годичных колец сосны.

Установлено, что в исследованных сосновых древостоях, которые произрастают на торфяных почвах верхового и переходного типов заболачивания, количество рядов клеток ранней и поздней древесины синхронно изменяется в соответствии с изменчивостью ширины годичного радиального прироста деревьев. Отмечается высокая синхронность между изменчивостью радиального прироста и изменчивостью количества сформировавшихся рядов клеток. Синхронность характерна как между деревьями внутри типа леса, так и между рассмотренными сосняками. Наибольшая связь между изученными объектами наблюдается в динамике ранней древесины.

Ограничивающие рост деревьев факторы, такие как поверхностное залегание почвенно-грунтовых вод и естественное плодородие торфяных почв, связаны с проявлением климатических и орографических условий произрастания. Они оказывают более существенное влияние на динамику ширины годичных колец, формирование клеток ранней и поздней древесины в древостоях на верховых торфяных почвах по сравнению с переходным типом заболачивания. Вклад климатических параметров в формирование радиального прироста и клеточного строения древесины в сосняках кустарничково-сфагновых и осоково-сфагновых носит сходные черты. При этом значимое влияние оказывают выпадающие осадки, температура воздуха не имеет существенного значения в динамике анатомического строения древесины. Увеличение количества осадков в целом ведет к сокращению прироста и уменьшению количества

клеток как для ранней, так и для поздней древесины. Наибольшее отрицательное влияние оказывает изменчивость накопившихся твердых осадков зимних месяцев.

Ключевые слова: древостой, тип заболачивания, радиальный прирост, индекс прироста, температура, осадки, ряды трахеид ранней и поздней древесины.

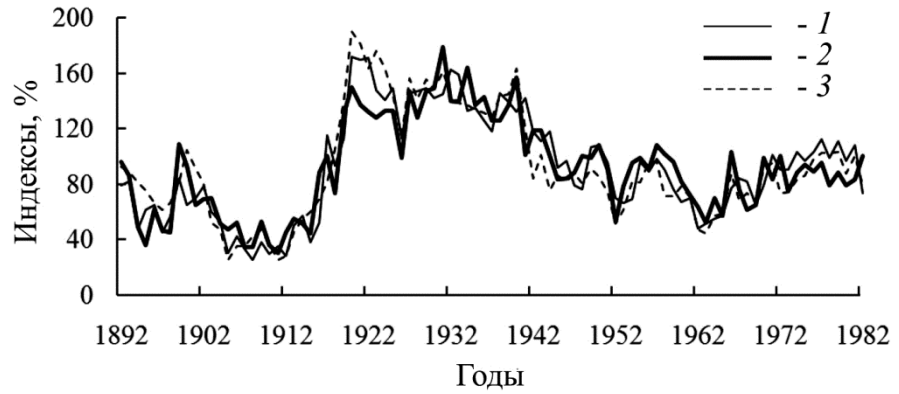
Выявление связи между шириной годичных колец, количеством рядов трахеид ранней и поздней древесины в многолетней динамике и климатическими факторами (осадки, температура окружающей среды) ставилось в задачу исследования. Сбор полевого материала производили на пробных площадях (ПП), заложенных в осушаемых сосновых насаждениях на торфяных почвах верхового (сосняк кустарничково-сфагновый – С. куст.-сф.) и переходного (сосняк осоково-сфагновый – С. ос.-сф.) типов заболачивания в Верховажском государственном лесничестве Вологодской области. Определение морфометрических показателей древостоя сводилось к вычислению состава, бонитета, запаса, сумм площадей сечений, средних высот и диаметров, возраста по общепринятым в лесоводстве и таксации методикам (табл. 1).

Для дендрохронологического анализа использовали срезы от модельных деревьев на высоте 0,65 м. В камеральных условиях их зачищали, шлифовали, маркировали, после чего измеряли ширину годичных колец бинокулярном МБС-9. Затем с помощью технического лезвия брали микросрезы древесины, которые накладывали относительно друг друга в соответствии с календарным годом их формирования. На микросрезах подсчитывали количество рядов трахеид ранней и поздней древесины для каждого датированного годичного прироста с использованием микроскопа МБИ-3. В анализ было включено 20 индивидуальных хронологий ширины годичных колец и клеточного строения трахеид с последующей их индексацией от средней динамической нормы [5]. Данная операция позволяет исключить различия в размере годичных колец и количестве рядов трахеид, связанных с возрастными изменениями в росте на разных стадиях онтогенеза, и местоположения деревьев в древостое [2]. На основе индивидуальных хронологий индексов годичных приростов сосны и количества в них рядов трахеид с использованием программы ARSTAN [1, 5] построены обобщенные хронологии и получены их характеристики (рис. 1, табл. 2).

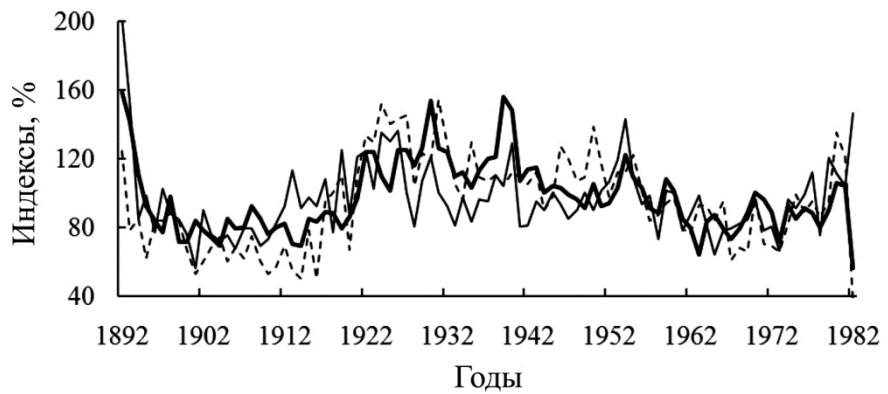
Таблица 1

Таксационная характеристика древостоя

Индекс типа леса	Средние по древостою			Число стволов, шт./га	Полнота	Бонитет	Запас, м ³ /га
	состав (возраст, лет)	диаметр, см	высота, м				
С. куст.-сф.	10С(170)	13,3	8,0	610	0,43	Va	39
С. ос.-сф.	7С(80)2С(220)1Е	20,5	17,0	740	0,80	III	230



a



б

Рис. 1. Динамика ширины радиального прироста, количества рядов трахеид ранней и поздней древесины (индексы) в кустарничково-сфагновом (а) и осоково-сфагновом (б) сосняках: 1 – поздняя древесина, 2 – ранняя древесина, 3 – радиальный прирост

Таблица 2

Характеристики хронологий радиального прироста, количества рядов трахеид ранней и поздней древесины

Индекс типа леса	Чувствительность			Средний коэффициент корреляции			Автокорреляция			Отношение «сигнал/шум»		
	I_t	$I_{р.т.}$	$I_{п.т.}$	I_t	$I_{р.т.}$	$I_{п.т.}$	I_t	$I_{р.т.}$	$I_{п.т.}$	I_t	$I_{р.т.}$	$I_{п.т.}$
С.куст.-сф.	0,22	0,14	0,17	0,54	0,42	0,37	0,60	0,89	0,81	9	4	3
С.ос.-сф.	0,18	0,11	0,16	0,22	0,27	0,19	0,73	0,72	0,47	3	2	1

Примечание: I_t – индекс прироста; $I_{р.т.}$ – индекс количества рядов трахеид ранней древесины; $I_{п.т.}$ – индекс количества рядов трахеид поздней древесины.

Чувствительность и синхронность радиального прироста и трахеидограмм позволяет оценивать относительные различия в ширине и количестве рядов трахеид соседних колец и степени воздействия общих факторов среды по отношению к рассматриваемым временным рядам [3, 4]. Серии считают чувствительными, когда данный показатель превышает 0,3 [2].

Изменчивость годовых индексов прироста и числа рядов трахеид в их многолетней динамике небольшая (табл. 2). Средние значения коэффициента чувствительности внутри типов леса находятся в пределах от 0,11 до 0,22. Синхронность между индивидуальными сериями, слагающими обобщенные древесно-кольцевые хронологии, характеризуется как средняя. Наибольшее ее значение выявлено в сосняке кустарничково-сфагновом.

Годы с экстремальными значениями совпадают, что указывает на действие общего «сигнала». Однако внутри синхронность между этими значениями в ряде случаев не совпадает с незначительным сдвигом, что вызвано неравнозначностью и неравноценностью действия факторов внешней среды на рост насаждений, так называемым «шумом» [4]. Отношение «сигнал/шум» позволяет выявлять существенность пригодности данных для дендрохронологического исследования. Превосходство действия общего сигнала над неравнозначностью и неравноценностью действующих факторов на формирование и строение радиального прироста в сосняке кустарничково-сфагновом достигает 3–9-кратной величины (табл. 2).

При сдвиге временных рядов в хронологиях относительно друг друга на несколько лет сохраняется высокая связь между исследованными сериями, выраженная коэффициентами автокорреляции. Исходя из этого, деревья сосны обладают значительной инерционностью при формировании прироста и количества рядов трахеид.

Между индексами количества рядов трахеид ранней и поздней древесины внутри древостоя, наряду с синхронностью, прослеживается наличие значительной и высокой связи (табл. 3). Показатель этой связи выше, чем при рассмотрении хронологий строения годичных колец по ранней и поздней древесине в отдельности (см. табл. 2). Данная закономерность отмечена и между типами леса, хотя она уменьшается. Наибольшее ее значение (связь значительная) наблюдается между объектами по ранней древесине ($r = 0,53$), умеренная ($r = 0,33$) – по количеству рядов трахеид поздней древесины.

Таблица 3

Анализ корреляционных связей

Индекс типа леса	Коэффициенты корреляции (r) и их достоверность (t_r)					
	между индексами количества рядов трахеид ранней и поздней древесины деревьев внутри древостоя		между хронологиями типов леса по индексам количества рядов трахеид древесины			
	r	t_r	ранней		поздней	
$r_{р.т.}$			$t_{r п.т.}$	$r_{п.т.}$	$t_{r п.т.}$	
С. куст.-сф.	0,57	8,1	0,53	6,6	0,33	3,3
С. ос.-сф.	0,84	28,0				

Таблица 4

Индекс типа леса	Доля дисперсии	Связь индексов градиентограмм с температурой воздуха											
		Коэффициенты корреляции между месячными (I – XII) температурами воздуха и индексами рядов трахеид за предыдущий год						за текущий год					
		IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Ранняя древесина													
С. куст.-сф.	0,18	-0,01	-0,07	0,08	-0,14	0,06	0,10	-0,09	-0,24	-0,17	-0,02	0,14	0,23
С. ос.-сф.	0,26	-0,19	-0,20	0,19	-0,01	0,22	0,19	0,21	-0,04	-0,05	0,25	0,09	0,15
Поздняя древесина													
С. куст.-сф.	0,11	-0,20	-0,08	0,17	0,02	0,06	0,11	0,09	0,07	0,11	-0,11	0,00	0,04
С. ос.-сф.	0,23	-0,12	-0,07	0,19	-0,02	0,13	0,06	0,15	0,01	0,11	-0,22	0,22	0,24
Ширина радиального прироста													
С. куст.-сф.	0,34	0,13	0,02	-0,15	-0,24	-0,35	-0,06	0,02	-0,22	0,02	0,08	0,18	0,21
С. ос.-сф.	0,28	0,09	0,03	-0,17	0,28	0,02	0,23	-0,06	-0,10	0,16	0,01	0,00	0,22

Примечание. Здесь и далее, в табл. 5, жирным шрифтом выделены достоверные значения.

При установлении зависимости между температурой окружающей среды (метеостанция Семенково – 190 км от объекта наблюдения), индексами прироста, количеством рядов трахеид ранней и поздней древесины в изучаемых сосняках получены низкие коэффициенты корреляции, указывающие на слабую связь (табл. 4). Следовательно, температурный режим окружающей среды не оказывает значимого влияния на формирование рассматриваемых структур годичных колец.

При сравнительном анализе хронологий с осадками (анализируемый период – 62 года) было установлено, что связь радиального прироста с количеством выпадающих осадков имеет большее значение по сравнению с температурным режимом (табл. 4, 5). Коэффициенты корреляции в рассматриваемых примерах достоверны при доверительной вероятности $P = 0,05$ ($r > 0,30$).

Для кустарничково-сфагнового типа леса установлена отрицательная умеренная зависимость прироста деревьев от суммы осадков января ($r = -0,35$). Связь количества рядов клеток ранней древесины с осадками зимнего времени (январь-февраль) и августа отрицательная ($r = -0,30 \dots 0,33$). При суммировании осадков января и февраля наблюдается повышение коэффициента корреляции ($r = 0,41$). Для поздней древесины получена отрицательная умеренная зависимость с увеличением суммы осадков августа ($r = -0,31$).

Следует отметить, что на отложение ранней древесины оказывают положительное влияние ранневесенние жидкие осадки ($r = 0,30$). По-видимому, увеличение выпадающих осадков в мае способствует более быстрому оттаиванию почв, так как мерзлая прослойка в торфе фиксировалась нами вплоть до начала июля.

Таблица 5

Связь индексов трахеидограмм с осадками

Индекс типа леса	Доля дисперсии	Коэффициенты корреляции между месячными (I – XII) осадками и индексами рядов трахеид за предыдущий год											
		IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
С. куст.-сф. С. ос.-сф.	0,35 0,21	0,17	0,17	-0,01	-0,19	-0,33	-0,30	0,00	0,21	0,30	0,15	0,10	-0,31
		0,06	-0,01	-0,15	-0,25	-0,35	0,10	-0,09	0,00	0,09	0,05	0,15	0,21
С. куст.-сф. С. ос.-сф.	0,22 0,31	0,00	0,01	-0,12	0,05	0,13	-0,19	-0,03	-0,10	-0,16	-0,23	0,10	-0,31
		0,22	0,23	0,01	-0,16	-0,06	0,04	0,21	-0,05	-0,08	0,15	0,04	-0,36
С. куст.-сф. С. ос.-сф.	0,34 0,28	0,13	0,02	-0,15	-0,24	-0,35	0,02	0,02	-0,22	0,02	0,08	0,18	0,21
		0,09	0,03	-0,17	0,28	0,02	0,23	-0,06	-0,10	0,16	0,01	0,00	0,22

Ранняя древесина

Поздняя древесина

Ширина радиального прироста

При анализе связей прироста сосны с осадками (табл. 5) в осоково-сфагновом типе леса имеются черты как сходства, так и различия с рассмотренным выше объектом. На формирование годичных приростов также оказывают влияние осадки зимних (декабрь) месяцев ($r = -0,28$). На количество рядов ранней древесины отрицательно влияет сумма осадков января ($r = -0,35$). Слабая связь прослеживается в отложении поздней древесины с месячными осадками, хотя доля дисперсии достигает 0,31.

Выводы

1. В исследованных сосняках, произрастающих на торфяных почвах верхового и переходного типов заболачивания, количество рядов клеток ранней и поздней древесины синхронно изменяется в соответствии с изменчивостью ширины годичного радиального прироста.

2. Высокая синхронность между радиальным приростом и индексами трахеидограмм характерна для деревьев внутри типа леса и между рассмотренными сосняками кустарничково-сфагновыми и осоково-сфагновыми. Наибольшая связь между объектами наблюдается в динамике ранней древесины.

3. Лимитирующие факторы, такие как поверхностное залегание почвенно-грунтовых вод и естественное плодородие торфяных почв, связанные с проявлением климатических и орографических условий, оказывают более существенное влияние на динамику ширины годичных колец, формирование трахеид ранней и поздней древесины в древостоях на верховых торфяных почвах по сравнению с переходным типом заболачивания.

4. Влияние климатических параметров на формирование радиального прироста и клеточное строение древесины в сосняках кустарничково-сфагновых и осоково-сфагновых имеет сходные черты. При этом значимое влияние оказывают выпадающие осадки. Температура воздуха не имеет существенного значения в динамике анатомического строения древесины.

5. Увеличение количества осадков ведет к сокращению радиального прироста и уменьшению количества клеток как ранней, так и поздней древесины. Наибольшее отрицательное влияние оказывает сумма осадков зимних месяцев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мазена В.С.* Пространственно-временная изменчивость радиального прироста хвойных видов деревьев в субарктических районах Евразии: автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург, 1998. 38 с.
2. *Шиятов С.Г.* Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 137 с.
3. *Douglass A.E.* Climatic cycles and tree-growth. A study of the annual rings of trees in relation to climate and solar activity. Washington: Carnegie Inst., 1936. Vol. 3. 171 p.
4. *Holmes R.L.* Dendrochronology Program Library – User's Manual. Tucson, Arizona, 1994. (Электронная версия).
5. *Huber B.* Über die Sicherheit Jahrring-chronologischer Datierung // Holz Rohund Werkst. 1943. Jg.6, H.10/12. S. 263–268.

Поступила 13.10.11

Formation of Early and Late Pine Wood on Peat Soils

V.S. Vernodubenko, Candidate of Agriculture, Associate Professor

Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin, Schmidta, 2, 160555, Molochnoe, Vologda Region, Russia
E-mail: quercus45@mail.ru

N.A. Druzhinin, Doctor of Agriculture, Professor

Vologda Regional Laboratory, Northern Research Institute of Forestry, Gorkogo, 83a, 160014 Vologda, Russia
E-mail: drujinin@mail.ru

Field data was collected on sample plots in drained pine stands on the soils of upland and transitional bogs in Verkhovazhsky district, Vologda Region. Using dendrochronological methods, we studied the effect of climatic factors (air temperature and precipitation) on the number of cell layers of early- and latewood in the annual dynamics of radial growth as well as on the width of rings in shrub-sphagnum and sedge-sphagnum pine forests.

We revealed that in these pine stands, growing on the peat soils of upland and transitional bogs, the number of cell layers of early- and latewood changed synchronously with the width of the annual radial growth of trees. This synchronism is observed both among the trees

within each forest type and between the two types of pine forests under consideration. The most distinct connection between the objects under study is seen in the earlywood dynamics.

The factors limiting the growth of trees, such as surface accumulation of groundwater and the natural fertility of peat soils, are connected with climatic and orographic conditions. They have a more considerable effect on the annual rings width dynamics, formation of early- and latewood cells in the stands on upland peat soils than those growing on transitional bogs. Climate factors have a similar influence on the radial growth and cellular structure of wood in shrub-sphagnum and sedge-sphagnum pine forests. At the same time, significant effect is produced by precipitation while air temperature is of no importance to the dynamics of the wood anatomical structure. In general, more precipitation leads to a decrease in the increment size and fewer cells, both in case of early- and latewood. The greatest negative effect is produced by the changeability of solid precipitation accumulated during winter.

Keywords: forest stand, bog type, radial growth, growth rate, temperature, precipitation, tracheid layer, earlywood, latewood.

REFERENCES

1. Mazepa V.S. *Prostranstvenno-vremennaya izmenchivost' radial'nogo prirosta khvoynykh vidov derev'ev v subarkticheskikh rayonakh Evrazii: avtoref. diss. ... dok. biol. nauk* [Spatio-Temporal Variability of Radial Growth of Conifers in the Sub-Arctic Regions of Eurasia: Dr. Biol. Sci. Diss. Abs.]. Yekaterinburg, 1998. 38 p.
 2. Shiyatov S.G. *Dendrokronologiya verkhney granitsy lesa na Urale* [Dendrochronology of the Upper Boundary of the Forest in the Urals]. Moscow, 1986. 137 p.
 3. Douglass A.E. *Climatic Cycles and Tree-Growth. A Study of the Annual Rings of Trees in Relation to Climate and Solar Activity*. Washington, 1936, vol. 3. 171 p.
 4. Holmes R.L. *Dendrochronology Program Library – User's Manual*. Tucson, Arizona, 1994.
 5. Huber B. *Über die Sicherheit Jahrring-chronologischer Datierung. Holz Rohund Werkst*, 1943, Jg. 6, H.10/12, pp. 263–268.
-