

Климатический сигнал в радиальном приросте сосновых древостоев модальных типов леса Воронежской области

С. М. Матвеев – Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, заведующий кафедрой лесоводства, лесной таксации и лесоустройства, профессор, доктор биологических наук, Воронеж, Российская Федерация, lisovod@bk.ru

Рассмотрена изменчивость радиального прироста древостоев сосны обыкновенной в условиях заповедного режима (Воронежский государственный биосферный заповедник) под влиянием климатических факторов, лимитирующих рост. Выявлен интенсивный рост температур воздуха и слабый рост сумм атмосферных осадков на фоне их циклических колебаний. Доказано, что основным лимитирующим фактором роста сосны в центральной лесостепи являются суммы атмосферных осадков тёплого периода. Показано, что обобщенная хронология радиального прироста сосны в обследованном древостое имеет высокую изменчивость, объясняющуюся влиянием климатических факторов.

Ключевые слова: климатический сигнал, лимитирующие факторы, сосна обыкновенная, радиальный прирост.

Для ссылок:
Матвеев, С. М. Климатический сигнал в радиальном приросте сосновых древостоев модальных типов леса Воронежской области [Электронный ресурс] / С. М. Матвеев // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2017. – № 1. – С. 99–108. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

Введение

В пределах Окско-Донской равнины расположены крупнейшие в Центрально-Черноземном регионе (ЦЧР) лесные массивы с преобладанием сосны: Усманский, Хреновской (Воронежская обл.) и Цнинский (Тамбовская обл.) боры. Сосна обыкновенная здесь занимает по распространности второе место после дуба. Из 1,2 млн га лесных земель около 350 тыс. га (29 %) приходится на древостои с преобладанием сосны, в основном (85 %) искусственного происхождения.

Типология сосновых лесов освещена в классических трудах Г. Ф. Морозова [1], В. Н. Сукачева [2, 3], О. Г. Каппера [4] и др. В. И. Рубцов [5] приводит следующие данные по распределению площади сосновых лесов ЦЧР по типам лесорастительных условий (ТЛУ): свежие боры (A_2) – 42,7 %, свежие простые суборы (B_2) – 37,0 %, свежие сложные суборы (C_2) – 7 %, сухие боры (A_1) – 6,2 %; на остальные типы приходится 7,1 %. По данным А. Н. Полякова с соавторами [6], ТЛУ B_2 наиболее распространен в ЦЧР под сосняками: в Воронежской обл. – 45,8 %, в Тамбовской – 58,9 %. Таксаторы включают в него широкий диапазон типов леса. Один из основных и наиболее распространенных типов леса в этой группе – сосняк травяной с дубом (ССРТ): везде есть разнотравье и почти везде (в составе

подроста, подлеска, ярусов) встречается дуб как зональная древесная порода лесостепи.

В динамике радиального прироста древостоев лесостепи наблюдается полицикличность, обусловленная естественным ходом солнечной активности и изменчивостью климатических факторов. За время наших исследований создана база для биоиндикации состояния насаждений в борах центральной лесостепи, изучена изменчивость прироста и построены стандартные 100–240-летние дендрошкалы для разных лесорастительных условий, а также разработаны генерализованные хронологии сосны обыкновенной Усманского, Хреновского, Цнинского боров и генерализованный ряд для центральной лесостепи.

Материалы и методы

Цель данной работы – выявление и оценка климатического сигнала основных лимитирующих факторов роста древостоев центральной лесостепи – суммы атмосферных осадков за апрель–октябрь, по данным метеостанции «Воронеж» [7]; гидротермического коэффициента Г. Т. Селянинова (ГТК) за май–сентябрь, т.е. за период с температурой воздуха больше 10 °С, а также солнечной активности, выраженной в числах Вольфа [8] (рис. 1), в радиальном приросте 100–200-летних древостоев Усманского бора, произрастающих в условиях заповедного режима на территории Воронежского государственного биосферного заповедника (ВГБЗ).

Воронежский государственный биосферный заповедник расположен преимущественно в Воронежской обл. и частично в Липецкой обл., на водоразделе рек Воронеж и Усмань. Заповедник основан в 1927 г., его площадь – 31 тыс. га (более 28 тыс. га – лесопокрытая площадь, около 500 га занимают луга, 120 га – водоемы). Заповедник включает северную часть Усманского бора. Рельеф преимущественно равнинный. По территории заповедника протекают небольшие реки – Усмань, Ивница, Хава.

Для исследований отобрано 2 участка, их характеристики, в соответствии с требованиями

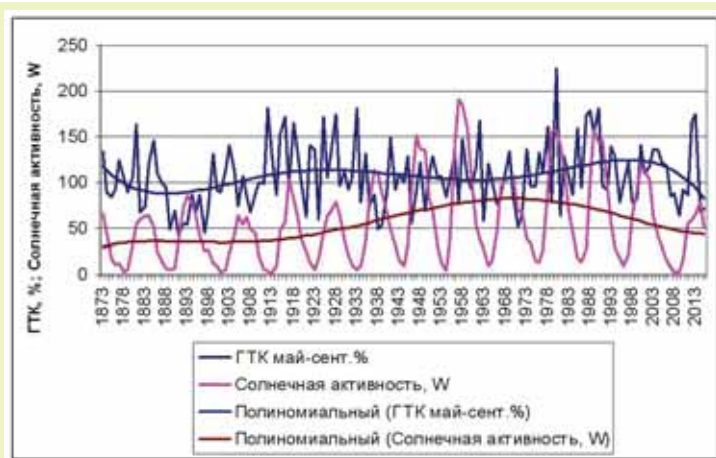


Рис. 1. Динамика значений ГТК, %, и солнечной активности, W

ми к представлению в «Базы данных дендрохронологических шкал», представлены в табл. 1, а таксационная характеристика древостоев – в табл. 2.

Для дендрохронологического анализа на каждом участке исследований возрастным буравом (буравом Пресслера) отобрали 24 образца (керна) древесины на высоте 1,0–1,3 м. Датировку и измерение ширины годичных колец проводили на измерительном комплексе LINTAB-6 с использованием специализированного программного пакета TSAP-Win (версия профессиональная) [9]. Расчет

относительных индексов прироста выполняли в программе TREND [10]. По данным измерений построены графики радиального прироста (рис. 2). В динамике прироста сосны прослеживается четкая циклическая повторяемость минимумов и глубоких минимумов прироста древесины. Минимумы прироста происходили с периодичностью, близкой к 11-летнему циклу (Швабе-Вольфа), а глубокие стабильные минимумы прироста обнаруживают периодичность, близкую к циклу Брикнера (32–38 лет): 1905–1906, 1939–1940, 1971–1972 и 2009–2010 гг.

Таблица 1. ХАРАКТЕРИСТИКА УЧАСТКОВ

Показатель	Участок 1	Участок 2
Регион	Воронежская область	Воронежская область
Лесничество	Воронежский государственный биосферный заповедник	Воронежский государственный биосферный заповедник
Участковое лесничество	Краснолесное	Краснолесное
Квартал	440	487
Выдел	5	6
Древесная порода	Сосна обыкновенная	Сосна обыкновенная
Происхождение	Естественное	Естественное
Высота отбора кернов	1,0–1,3 м	1,0–1,3 м
Сторона света отбора кернов	Восток, запад	Восток, запад
Дата отбора кернов	20 июня 2014 г.	25 августа 2015 г.
Количество кернов	24	24
Тип лесорастительных условий (ТЛУ)	Свежая суборь (В ₂)	Свежая суборь (В ₂)
Тип леса	Сосняк травяной с дубом (ССРТ) Подлесок: клён татарский, липа мелколистная, лещина обыкновенная, крушина ломкая – густой. Напочвенный покров: зеленые мхи, купена лекарственная, мятлик лесной, ландыш майский, вейник наземный, будра плющевидная, копытень европейский, звездчатка ланцетовидная	Сосняк травяной с дубом (ССРТ) Подлесок: лещина обыкновенная, липа мелколистная, крушина ломкая – густой. Напочвенный покров: ландыш майский, копытень женский, купена лекарственная, мятлик лесной, звездчатка ланцетовидная, осока волосистая

Таблица 2. ТАКСАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВОСТОЯ НА УЧАСТКАХ

Номер участка	Квартал/выдел	Состав	Возраст, лет	Класс бонитета	Средние		Относительная полнота, Р
					Д, см	Н, м	
1	440/5	10С 10С+Дчн	160 80	I I	64	32	0,2
					46	30	0,5
2	487/6	10С+Кло, Лп, Б*	190	I	60	35	0,5

* Возраст Кло, Лп, Б – 50 лет

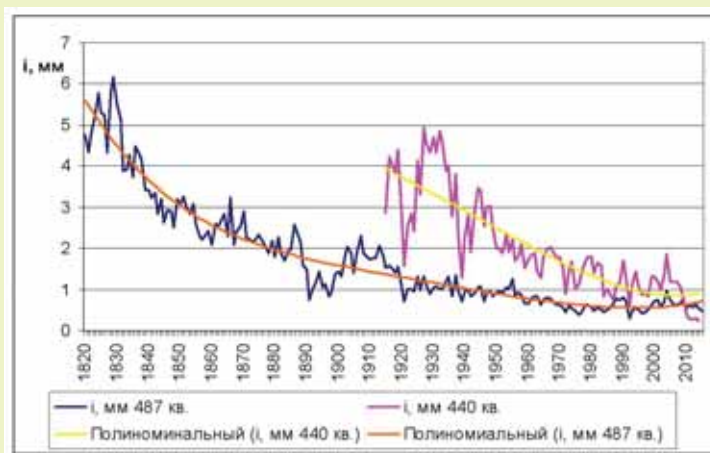


Рис. 2. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной (кв. 440, вид. 5 ВГБЗ; кв. 487, вид. 6 ВГБЗ)

В дальнейшем анализе использованы данные измерений ширины годичных колец на участке № 2 (кв. 440).

Основные статистические характеристики дендрохронологических рядов (средние значения, коэффициент изменчивости, стандартная ошибка и др. – табл. 3) рассчитывали по ширине годичных колец для каждого древостоя в программах STADIA-6.0 [11], STATISTICA-6.0 [12].

Стандартные статистические характеристики дендрохронологических рядов включали также выраженность сигнала популяции (*Expressed Population Signal* – EPS) (табл. 4), отражающую

представленность хронологии и отношение сигнал-шум (SNR) – показатель взаимокорреляции индивидуальных хронологий, использовавшихся для построения обобщенной хронологии, рассчитанный по формуле:

$$SNR = Nr / 1 - r,$$

где:

N – объем выборки;

r – средний межсерийный коэффициент корреляции.

Результаты и обсуждение

Для анализа динамики климатических характеристик (по данным метеостанции «Воронеж») нами определены среднегодовые параметры температур и осадков за три 30-летних временных интервала: 1961–1990 гг. (норма по рекомендации ВМО [13]), 1981–2010 гг., 1986–2015 гг. (табл. 5).

Динамика средней суммы осадков за апрель–октябрь ($P4-10_{ср.}$) по метеостанции «Воронеж» показывает те же тенденции, что и среднегодовые суммы: за 1961–1990 гг. $P4-10_{ср.}$ – 373 мм, за 1981–2010 гг. – 386 мм, за 1986–2015 гг. – 393 мм.

Таблица 3. Коэффициент изменчивости (CV) и вероятная ошибка (PSR)

Хронология прироста сосны	Среднее значение CV, %	Диапазон колебаний CV, %	Максимальное значение CV / год наблюдения, %	Среднее значение PSR, %
Годичное кольцо	44,1	22,8–69,2	69,2 / 1988	10,8
Ранняя древесина	45,6	27,5–74,6	74,6 / 1924	11,2
Поздняя древесина	54,7	26,3–90,6	90,6 / 1985	13,4

Таблица 4. Статистические характеристики дендрохронологических рядов

Хронология прироста сосны	Кол-во кернов	Период	Кол-во лет	Среднее, мм	Минимум, мм	Максимум, мм	Стандартное отклонение, мм	Стандартная ошибка, мм	EPS
Годичное кольцо	19	1915–2013	99	2,082	0,23	4,85	1,199	0,1211	0,99
Ранняя древесина	19	1915–2013	99	1,278	0,17	3,69	0,8412	0,0849	0,99
Поздняя древесина	19	1915–2013	99	0,807	0,09	1,97	0,4089	0,0411	0,98

Таблица 5. Среднегодовые климатические характеристики

Период, лет	Температура воздуха, °C			Сумма осадков, Р _{ср} , мм
	Т мин.	Т макс.	Т ср.	
1961-1990	1,9	10,6	6,1	580
1981-2010	2,4	11,0	6,9	585
1986-2015	2,9	11,5	7,1	590

По данным многолетних наблюдений, в Воронеже наблюдается непрерывный интенсивный рост среднегодовой температуры воздуха (в большей степени за счёт повышения зимних температур), незначительный рост среднегодовой суммы осадков на фоне их циклических колебаний (рис. 3), а также значительная неравномерность в выпадении осадков по годам – от 263 мм (1891 г.) до 874 мм (2012 г.).

Неравномерность в выпадении осадков характерна и для вегетационного периода. Сумма осадков за апрель–октябрь в 2009 г. составила 211 мм, в 2012 г. – 694 мм (80 % их аномальной годовой суммы), а в 2014 г. – вновь всего 245 мм.

Объективным и широко используемым показателем увлажнения и повторяемости атмосферных засух является также ГТК Селянинова [14–16].

В связи со снижением годовой амплитуды температур в регионе уменьшилась континентальность климата. С 2007 г. среднегодовая температура не опускалась ниже 7 °C, а в 2015 г. установлено её рекордное значение: 8,7 °C.

С помощью пакета программ TSAP-Win рассчитаны коэффициенты сходства ширины годичных колец каждого образца со средним для обследованного древостоя значением [17]: GLK – коэффициент синхронности – 76 %, CC – коэффициент корреляции – 87 %. Таким образом, обобщенная хронология показывает высокую корреляцию радиального прироста деревьев сосны в пределах обследованного участка, а коэффициент синхронности по шкале С. Г. Шиятова [18] соответствует среднему уровню, при колебаниях от 65–68 до 83–86. Следует отметить, что наиболее низкие значения (ниже 70 %) коэффициен-

тов сходства (корреляции либо синхронности) каждого образца со средним значением для пробной площади отмечаются только по одному из двух взаимно противоположных радиусов дерева и никогда не бывают одновременно по обоим радиусам: второй – всегда выше.

Рассчитанная $EPS > 0,8$ (0,99), что подтверждает значительное совпадение индивидуальных хронологий. Вычисленное отношение сигнал–шум (SNR) для общей ширины годичного кольца составило 127 (для ранней и поздней древесины – 117 и 67 соответственно), т.е. обобщенная хронология характеризуется высокой изменчивостью, объясняющейся влиянием климатических факторов (исследуемые деревья чутко реагируют на изменение климатических условий).

Результаты анализа динамики ширины годичных колец позволили установить надежные реперные годы с минимальным приростом: 1882,

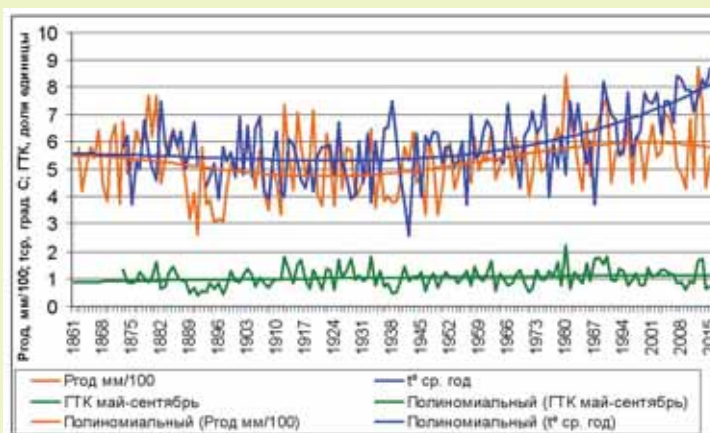


Рис. 3. Динамика суммы осадков (Р, год), среднегодовых температур воздуха ($t^{\circ}\text{ср. год}$) и ГТК за май–сентябрь за 150-летний период по данным метеостанции № 34123 («Воронеж»)

1879, 1921, 1936, 1939, 1946, 1972, 1975, 1981, 1984, 1992, 2002, 2003, 2010, 2011. Проведённый анализ показал значительное влияние засух на ширину годичных колец обследуемого древостоя, но не всегда пропорциональное силе засухи. Так, засуха 1936 г. на некоторых кервах выражена слабо. Наиболее сильное влияние засухи отмечено в 1972 г. На ряде образцов наблюдается депрессия прироста в 1980–1990-е гг., что нетипично для других древостоев центральной лесостепи.

Следует отметить, что в древостоях, переживших засуху и не пострадавших от пожаров в 2010 г., после 2010 г. наблюдается значительная и длительная депрессия прироста, у некоторых деревьев не завершившаяся и в 2014 г., несмотря на то что 2012 и 2013 г. отличались обильными осадками.

Корреляционный анализ (табл. 6) ширины годичных колец сосны обыкновенной и лимитирующего фактора – сумм атмосферных осадков за апрель–октябрь по данным метеостанций «Воронеж» (за почти 100-летний период) и «ВГБЗ» (за 80-летний период) – показал наличие слабой связи (0,18). Связь ширины поздней древесины с осадками выше (0,24–0,27), но остается слабой. Связь ширины годичных колец с солнечной активностью (числами Вольфа) также слабая.

Значения коэффициента корреляции (r) индексов радиального прироста сосны обыкновенной (I) с осадками за апрель–октябрь ($P4-10$) и

солнечной активностью (W) представлены в табл. 6.

Корреляционный анализ со смещением на 2 года (табл. 7), за период с начала эпохи максимума векового цикла солнечной активности до следующего векового минимума (солнечная активность (W) – 1937–2006 гг.; индексы прироста (I) – 1939–2008 гг.), выявил наличие отрицательной связи и возрастание коэффициента корреляции (r) до -0,33 (связь умеренная) по ширине годичного кольца и до -0,36 (связь умеренная) по поздней древесине.

Выводы

- На территории центральной лесостепи за более чем 100-летний период метеорологических наблюдений выявлены трендовые и циклические изменения климатических показателей. Тренд повышения гидротермического коэффициента (ГТК), а также среднегодовых температур воздуха с 1960-х по 2015 г., сопровождался снижением континентальности климата. Начиная с 1970-х гг. по настоящее время обозначился тренд роста амплитуды колебаний годовых сумм атмосферных осадков и среднегодовых температур воздуха.

- В изученных древостоях сосны обыкновенной обнаружена четкая циклическая повторяемость минимумов и глубоких минимумов

Таблица 6. ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ (r) ИНДЕКСОВ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (I) С ОСАДКАМИ ЗА АПРЕЛЬ–ОКТАБРЬ ($P4-10$) И СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТЬЮ (W)

ИНДЕКСЫ ПРИРОСТА (I) (1917–2014)	$P4-10$ (ВОРОНЕЖ) (1917–2014)	$P4-10$ (ВГБЗ) (1932–2014)	W (1917–2014)
I – ширина годичного кольца	0,18	0,18	0,09
I – поздняя древесина	0,24	0,27	0,14

Таблица 7. ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ (r) ИНДЕКСОВ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (I) С ОСАДКАМИ ЗА АПРЕЛЬ–ОКТАБРЬ ($P4-10$) И СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТЬЮ (W) СО СМЕЩЕНИЕМ НА ДВА ГОДА

ИНДЕКСЫ ПРИРОСТА (I) (1939–2008)	$P4-10$ (ВОРОНЕЖ) (1937–2006)	$P4-10$ (ВГБЗ) (1937–2006)	W (1937–2006)
I – ширина годичного кольца	-0,04	0,16	-0,33
I – поздняя древесина	-0,16	0,00	-0,36

прироста древесины. Минимумы прироста происходили с периодичностью, близкой к 11-летнему циклу (Швабе-Вольфа), а глубокие стабильные минимумы прироста обнаруживают повторяемость, близкую к циклу Брикнера (32–38 лет): 1905–1906, 1939–1940, 1971–1972 и 2009–2010 гг.

- Совмещение колебаний временных рядов радиального прироста сосны обыкновенной и лимитирующих факторов (кросс-спектральный анализ) выявило области резонанса при следующих длинах волн (циклах): 10–12 лет (солнечный или Швабе-Вольфа), 22 года (магнитный или Хейла) – особенно с осадками, 33–36 лет (Брикнера), а также высокочастотные колебания длительностью около 3 лет.

- Высокие коэффициенты изменчивости прироста древостоев чаще наблюдаются в годы сильных засух и, особенно, в последующие за ними. Коэффициент изменчивости радиального

прироста всех обследованных образцов варьируется в отдельные годы от 22,8 до 69,2 %.

- Рассчитанные значения отношения сигнал-шум (SNR) показали, что обобщенные дендрохронологические ряды характеризуются высокой изменчивостью, объясняющейся влиянием климатических факторов.

- Наиболее выраженным лимитирующим фактором в центральной лесостепи являются засухи. Влияние засух на ширину годичных колец обследованных древостоев хотя и является значительным, но не всегда пропорционально силе засухи.

- В древостоях, переживших засуху и не пострадавших от пожаров в 2010 г., в последующие годы наблюдается значительная и длительная депрессия прироста, у некоторых деревьев не закончившаяся и в 2014–2015 гг., несмотря на то что 2012 и 2013 г. отличались обильными осадками.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №14-17-00171) на тему: «Региональные отклики компонентов окружающей среды на изменения климата разной периодичности: юг лесостепи Среднерусской возвышенности».

Список использованной литературы

1. Морозов, Г. Ф. Избранные труды : в 2-х т. – Т. 2. [Текст] / Г. Ф. Морозов. – М. : Лесн. пром-сть, 1971. – 536 с.
2. Сукачёв, В. Н. О принципах генетической классификации в биоценологии // Журн. общ. биологии. – 1944. – Т. 5, № 4. – С. 213–227.
3. Сукачёв, В. Н. Основы лесной биогеоценологии [Текст] / В. Н. Сукачев ; под ред. В. Н. Сукачева, Н. В. Дылиса. – М. : Наука, 1964. – 574 с.
4. Каппер, О. Г. Типы леса сосновых боров Центральной лесостепи [Текст] / О. Г. Каппер // Науч. записки Воронеж. лесотехн. ин-та. – 1960. – Т. XVII. – С. 5–12.
5. Рубцов, В. И. Леса Центрально-Черноземного района [Текст] / В. И. Рубцов ; под ред. А.Б. Жукова // Леса СССР. – Т. 3. – М., 1966. – С. 107–139.
6. Поляков, А. Н. Продуктивность лесных культур [Текст] / А. Н. Поляков, Л. Ф. Ипатов, В. В. Успенский. – М. : Агропромиздат, 1986. – 240 с.
7. Погода и климат – Климат Воронежа [Электронный ресурс], 2016. – Режим доступа: <http://www.pogoda.ru.net/climate/34123>.
8. WDC-SILSO, Royal Observatory of Belgium [Электронный ресурс]. – Brussels, 2016. – Режим доступа: <http://sidc.oma.be/silso/datafiles>.
9. Rinn, F. TSAP. Version 3.0. Reference manual. Computer program for time series analysis and presentation [Text] / F. Rinn. – Heidelberg, 1996.
10. Мироненко, А. В. Свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ № 2012613667 «Программа расчета тренда временных рядов и индексированных значений с исключением тренда» [Электронный ресурс] / А. В. Мироненко, С. М. Матвеев. – 2012. Заявка № 2012611206.
11. STADIA-6.0, Software packages Microsoft Excel, 1999.
12. STATISTICA ver. 6.0 – StatSoft, 2001.
13. Булыгина, О. Н. Погода на территории Российской Федерации в 2010 году [Электронный ресурс] / О. Н. Булыгина, Н. Н. Коршунова, В. Н. Разуваев. – 2010. – Режим доступа: http://www.meteo.ru/climate_var/sp.phpid_article=18
14. Густокашина, Н. Н. Тенденции изменения засушливости в степи и лесостепи Предбайкалья [Текст] / Н. Н. Густокашина, Е. В. Максютова // География и природные ресурсы. – 2006. – № 4. – С. 76–81.
15. Жара 2010 г. в Центральном Черноземье: последствия, причины, прогнозы : моногр. [Текст] / под ред. В. И. Федотова. – Воронеж : Центрально-Черноземное кн. изд-во, 2012. – 222 с.
16. Страшная, А. И. Агрометеорологические особенности засухи 2010 года в России по сравнению с засухами прошлых лет [Текст] / А. И. Страшная, Т. А. Максименкова, О. В. Чуб // Тр. Гидрометцентра России. – Т. 345. – 2011. – С. 171–188.
17. Методы дендрохронологии. – Ч. I: Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации : учеб.-метод. пособ. [Текст] / С. Г. Шиятов, Е. А. Ваганов, А. В. Кирдянов [и др.]. – Красноярск : КрасГУ, 2000. – 80 с.
18. Шиятов, С. Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале / С. Г. Шиятов. – М. : Наука, 1986. – 136 с.

References

1. Morozov, G. F. Izbrannye trudy : v 2-h t. – T. 2. [Tekst] / G. F. Morozov. – M. : Lesn. prom-st', 1971. – 536 c.
2. Sukachjov, V. N. O principah geneticheskoy klassifikacii v biocenologii // Zhurn. obshh. biologii. – 1944. – T. 5. – № 4. – S. 213–227.
3. Sukachjov, V. N. Osnovy lesnoj biogeocenologii [Tekst] / V. N. Sukachev ; pod red. V. N. Sukacheva, N. V. Dylisa. – M. : Nauka, 1964. – 574 s.
4. Kapper, O. G. Tipy lesa sosnovyh borov Central'noj lesostepi [Tekst] / O. G. Kapper // Nauch. zapiski Voronezh. lesotehn. in-ta. – 1960. – T. XVII. – S. 5–12.
5. Rubcov, V. I. Lesa Central'no-Chernozemnogo rajona [Tekst] / V. I. Rubcov ; pod red. A.B. Zhukova // Lesa SSSR. – T. 3. – M., 1966. – S. 107–139.
6. Poljakov, A. N. Produktivnost' lesnyh kul'tur [Tekst] / A. N. Poljakov, L. F. Ipatov, V. V. Uspenskij. – M. : Agropromizdat, 1986. – 240 s.
7. Pogoda i klimat – Klimat Voronezha [Elektronnyj resurs], 2016. – Rezhim dostupa: <http://www.pogoda.ru.net/climate/34123>.
8. WDC-SILSO, Royal Observatory of Belgium, Brussels [Elektronnyj resurs], 2016. – Rezhim dostupa: <http://sidc.oma.be/silso/datafiles>.
9. Rinn, F. TSAP. Version 3.0. Reference manual. Computer program for time series analysis and presentation [Text] / F. Rinn. – Heidelberg, 1996.
10. Mironenko, A. V. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy JeVM № 2012613667 «Programma rascheta trenda vremennyh rjadov i indeksirovannyh znachenij s iskljucheniem trenda» [Elektronnyj resurs] / A. V. Mironenko, S. M. Matveev. – 2012. Zajavka № 2012611206.
11. STADIA-6.0, Software packages Microsoft Excel, 1999.
12. STATISTICA ver. 6.0 – StatSoft, 2001.
13. Bulygina, O. N. Pogoda na territorii Rossijskoj Federacii v 2010 godu [Elektronnyj resurs] / O. N. Bulygina, N. N. Korshunova, V. N. Razuvaev. – 2010. – Rezhim dostupa: http://www.meteo.ru/climate_var/sp.phpid_article=18
14. Gustokashina, N. N. Tendencii izmenenija zasushlivosti v stepi i lesostepi Predbajkal'ja [Tekst] / N. N. Gustokashina, E. V. Maksjutova // Geografija i prirodnye resursy. – 2006. – № 4. – S. 76–81.
15. Zhara 2010 g. v Central'nom Chernozem'e: posledstvija, prichiny, prognozy : monogr. [Tekst] / pod red. V. I. Fedotova. – Voronezh : Central'no-Chernozemnoe kn. izd-vo, 2012. – 222 s.
16. Strashnaja, A. I. Agrometeorologicheskie osobennosti zasuhi 2010 goda v Rossii po sravneniju s zasuhami proshlyh let [Tekst] / A. I. Strashnaja, T. A. Maksimenkova, O. V. Chub // Tr. Gidrometcentra Rossii. – T. 345. – 2011. – S. 171–188.
17. Metody dendrohronologii. – Ch. I: Osnovy dendrohronologii. Sbor i poluchenie drevesno-kol'cevoj informacii : ucheb.-metod. posob. [Tekst] / S. G. Shijatov, E. A. Vaganov, A. V. Kirdjanov [i dr.]. – Krasnojarsk : KrasGU, 2000. – 80 s.
18. Shijatov, S. G. Dendrohronologija verhnjej granicy lesa na Urale / S. G. Shijatov. – M. : Nauka, 1986. – 136 s.

The Signal of Climate in the Radial Increment of Pine Stands in Modal Forest Types of the Voronezh Region

S. M. Matveev – Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov, Belgorod State National Research University, Head of the Department of Forestry, Forest Inventory and Forest Management, Professor, DSc in Biology, Voronezh, Russian Federation, lisovod@bk.ru

Keywords: climatic signal, limiting factors, Scots pine, radial increment

We considered variability of the radial increment of 100–200-year-old stands of Scots pine, under the influence of climatic factors limiting growth in a protected mode (Voronezh State Biosphere Reserve) in the modal site of forest «pine with herbal and with oak.»

Analyzed climate dynamics (according to weather station «Voronezh») for the three 30-year interval: 1961–1990, 1981–2010, 1986–2015. Revealed the intensive growth of air temperature and weak growth of amounts of precipitation on the background of their cyclical fluctuations. Since 2007, the average annual temperature does not fall below 7 °C, and in 2015 it set a record value: 8.7 °C. It is proved that the main limiting factor in the growth of pine forest in the Central forest-steppe is the amount of precipitation of the warm period and the objective measure of the frequency of droughts – hydrothermal coefficient of Selyaninov.

We determined the parameters of the similarity of dendrochronological series of pine stands, the range of fluctuations of the radial increment and communication dates of extremes with variations of climate factors. It is shown that the generalized chronology of radial increment of pine in the surveyed stand contains a high variability due to the influence of climatic factors. There is a significant effect of drought on the width of the growth rings of the surveyed stand, but not always in proportion to the strength of the drought.

The highest coefficients of variation radial increment of stands (up 69.2%) observed in the years of severe drought, and especially – in the coming behind them. Found a clear cyclical recurrence lows of radial increment at intervals close to the 11-year cycle (Schwabe-Wolf).

Deep stable lows of radial increment detect recurrence close to Bruckner cycle (32–38 years): 1905–1906, 1939–1940, 1971–1972 and 2009–2010. Correlation coefficients were calculated of growth indices (total width of the growth rings and, separately, of late wood) the amounts of precipitation for April–October (no more than 0.27) and with solar activity, expressed in the Wolf numbers. The correlation coefficient with the Wolf numbers with indices offset to forward by two years, reached minus 0.36. Correlation of climate factors with indices of the radial increment of late wood of Scots pine is above.