

УДК 582.4:581.1

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.1.73

ЧЕРТЫ СХОДСТВА ДИНАМИКИ ДЛИНЫ ХВОИ ПО ГОДАМ РОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ПРОИЗРАСТАНИЯ

О.Н. Тюкавина, канд. с.-х. наук, доц.

Д.Н. Клевцов, канд. с.-х. наук, доц.

Н.А. Бабич, д-р с.-х. наук, проф.

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: olga-tukavina@yandex.ru, d.klevtsov@narfu.ru, n.babich@narfu.ru

Длина хвои сосны характеризуется сильной изменчивостью под влиянием различных внешних и внутренних факторов. Хвоя очень отзывчива к изменению условий среды, к любым антропогенным воздействиям. На ветви хвоя имеет различную длину по годам. Встречаются годы с аномально длинной и аномально короткой хвоей. Установлено, что синхронность пиков в динамике длины хвои по годам не зависит от типа леса, возраста (на примере культур сосны южной подзоны тайги) и полноты древостоя, интенсивности осушения (на примере осушенных сосняков кустарничково-сфагновых). При сопоставлении данных нашего исследования с литературными отмечено, что динамика длины хвои по годам не зависит от условий произрастания, района произрастания, исследователя. Годы аномально больших значений длины хвои в анализируемых рядах: 1963, 1998, 1999, 2001, 2004; годы аномально малых значений длины хвои в анализируемых рядах: 1965, 1994, 1997, 2003, 2006. Следовательно, на аномальные значения длины хвои оказывает влияние глобальный фактор, являющийся равносильным как в южной, так и в северной тайге, который не зависит от показателей микроклимата, возраста насаждения, конкурентных отношений в нем. Таким фактором является солнечная активность. Для нивелирования эффектов от воздействия микроклиматических и эдафических факторов рассчитывали индексы длины хвои методом сглаживания с помощью 3–6-летнего (в зависимости от продолжительности жизни хвои) среднего. Для лет с синхронными аномально малыми и большими значениями длины хвои проведены выборки средних месячных значений солнечной активности, выражаемой числом Вольфа. Более полное представление о значении факторов получено при их анализе за 24 мес.: накануне и в годы аномалий. Наибольшее различие между индексами чисел Вольфа характерно для периода формирования аномальных значений длины хвои по сравнению с годом, предшествующим развитию хвои. В годы развития аномально больших значений длины хвои числа Вольфа превышают средние значения в 1,7 раза, в годы аномально малых значений длины хвои они в 2–5 раз ниже средних в анализируемых сериях. Следовательно, солнечная

Для цитирования: Тюкавина О.Н., Клевцов Д.Н., Бабич Н.А. Черты сходства динамики длины хвои по годам роста сосны обыкновенной в различных условиях произрастания // Лесн. журн. 2017. № 1. С. 73–85. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.1.73

активность влияет на рост хвои и обуславливает синхронность пиков в динамике длины хвои.

Ключевые слова: длина хвои, индекс длины хвои, число Вольфа, солнечная активность, сосна обыкновенная.

Введение

Длина хвои сосны характеризуется сильной изменчивостью, которая проявляется как на уровне индивидуума [1, 10, 30, 33, 35], так и на географическом уровне [2, 22], под генетическим контролем [16, 21, 22, 47, 49].

Хвоя очень чувствительна к условиям окружающей среды [22, 50], что позволяет использовать ее как критерий оценки лесорастительных условий [1, 12, 15, 32, 38], как индикатор загрязнения атмосферного воздуха [30, 39], как показатель жизненного состояния конкретного дерева и насаждения в целом [17, 19, 26, 36, 41]. Так, конкуренция деревьев приводит к уменьшению длины хвои [42, 46], снижение социальной напряженности в насаждении за счет рубок ухода увеличивает анализируемый показатель [11, 48]. Это связано с зависимостью длины хвои от концентрации в почве элементов минерального питания [40] и от освещенности [8, 9, 11]. Мелиорация способствует росту длины хвои сосны [11, 35, 43, 45]. При выборе объектов мелиорации длину хвои также можно применять в качестве индикатора (маркера) [45].

При использовании индикаторных возможностей хвои необходимо вводить поправки на колебания климатических условий [5, 7], так как динамика морфометрических показателей хвои обусловлена погодными условиями [5, 6, 19, 20, 27, 30, 44]. Однако Н.А. Бабич и др. [1, 2] установили, что динамика длины хвои по годам совпадает в разных типах леса северной и средней подзон тайги. Это указывает на влияние глобального климатического фактора, выявление которого позволило бы не только корректировать маркеры, но и прогнозировать динамику развития хвои и, как следствие, продуктивность сосны [4, 9, 13, 16, 28, 31, 34] за счет тесной прямой корреляционной зависимости параметров хвои и годового прироста [14, 15].

Цель исследований – выявление сходства погодичной динамики длины хвои в различных условиях произрастания.

Объекты и методика исследований

Исследования проводили в культурах сосны 10-, 20-, 30- и 40-летнего возраста лишайникового, брусничного и черничного типов условий местопроизрастания Бабаевского лесничества (южная подзона тайги); а также в средневозрастных сосняках кустарничково-сфагновых осушенных с полнотой 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 Архангельского лесничества (северная подзона тайги).

Пробные площади закладывали в соответствии с требованиями ОСТ 56-69-83: в лесных культурах – с учетом методических рекомендаций В.В. Огиевского, А.А. Хирова [18], А.Р. Родина, М.Д. Мерзленко [23]; в осушенных

сосняках – В.Г. Рубцова, А.А. Кнize [24], Н.Н. Соколова [29]. В лесных культурах на каждой пробной площади подбирали по 3 модели из средней ступени толщины, в осушенных сосняках – по 15 моделей пропорционально представленности по ступеням толщины. Параметры ассимиляционного аппарата изучали по годам согласно методическим рекомендациям Л.И. Базилевича и др. [3].

Для удаления эффектов от воздействия микроклиматических и эдафических факторов рассчитывали индексы длины хвои методом сглаживания с помощью 3–6-летнего (в зависимости от продолжительности жизни хвои) среднего.

Для лет с синхронными аномально малыми и большими значениями длины хвои проводили выборки средних месячных значений солнечной активности за 24 мес.: накануне и в годы аномалий. Числа Вольфа, отражающие динамику солнечной активности, брали из базы данных Главной (Пулковской) астрономической обсерватории РАН [25].

Результаты исследования

В лесных культурах Бабаевского лесничества минимальные значения индекса длины хвои отмечены в 2006 г. на всех пробных площадях независимо от возраста и лесорастительных условий (табл.1). Отклонение от среднего составляло от 5 до 28 %. Наибольшие отклонения характерны для лишайниковых лесорастительных условий, наименьшие – в сосняке брусничном. Максимальные значения индекса отмечены в 2006 г. на 80 % пробных площадей независимо от возраста и лесорастительных условий. Отклонение от среднего составляло от 5 до 18 %. Наибольшие отклонения получены для лишайниковых лесорастительных условий.

Таблица 1

Динамика индекса длины хвои в зависимости от возраста насаждения и типа леса (Бабаевское лесничество)

Год развития хвои	Индекс длины хвои в сосняке возраста, лет									
	черничном		брусничном				лишайниковом			
	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
2006	0,84	0,89	0,88	0,93	0,81	0,95	0,72	0,88	0,75	0,88
2005	0,99	1,03	0,97	0,99	1,05	1,03	1,10	1,04	1,13	1,03
2004	1,11	1,05	1,08	1,08	1,05	1,06	1,18	1,09	1,12	1,05
2003	1,06	1,02	1,07	–	1,09	0,97	–	–	0,99	1,05

В сосняках кустарничково-сфагновых осушенных Архангельского лесничества наибольшие индексы длины хвои характерны для 1998 г. на всех пробных площадях независимо от расстояния до осушителя и относительной полноты древостоя (табл. 2). Отклонение от среднего составляло от 13 до 21 %. Наименьшие индексы длины хвои приходятся на 1997 г. на 90 % пробных площадей. Отклонение от среднего составляло от 10 до 16 %.

Таблица 2

Динамика индекса длины хвои в зависимости от относительной полноты древостоя и удаленности от осушителя (Архангельское лесничество)

Год развития хвои	Индекс длины хвои при полноте древостоя									
	0,4*	0,5	0,6*	0,7*	0,7	0,8	0,9*	1,0	1,0	1,1*
1999	–	–	1,07	–	0,94	–	1,00	–	1,00	–
1998	1,17	1,19	1,15	1,21	1,16	1,14	1,13	1,13	1,14	1,18
1997	0,90	0,85	0,92	0,86	0,89	0,85	0,85	0,84	0,89	0,88
1996	0,93	0,97	1,02	0,89	0,94	1,01	0,96	0,97	0,93	1,00
1995	1,04	1,04	1,13	1,00	1,07	1,05	1,09	1,09	1,08	1,03
1994	0,93	0,92	0,71	0,94	0,99	0,96	0,96	0,96	0,95	0,89
1993	1,03	1,04	–	1,11	–	0,99	–	1,00	–	1,02

* Межканальное пространство, в остальных случаях – приканальная полоса.

При сопоставлении наших данных с литературными отмечается синхронность динамики длины хвои по годам независимо от условий произрастания, района произрастания, исследователя (рис. 1). Годы аномально больших значений длины хвои в анализируемых рядах: 1963, 1998, 1999, 2001, 2004; годы аномально малых значений длины хвои в анализируемых рядах: 1965, 1994, 1997, 2003, 2006.

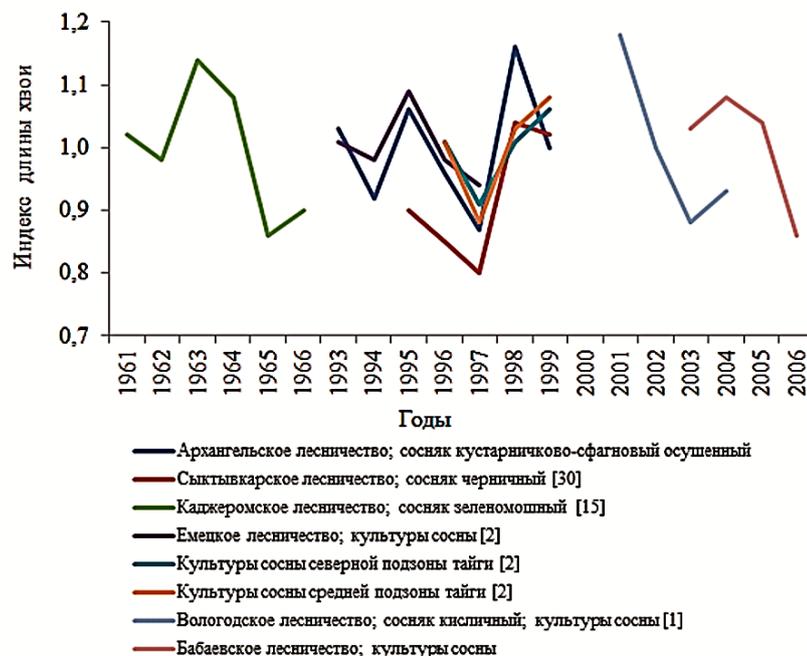


Рис. 1. Динамика длины хвои сосны различных районов произрастания в период с 1961 г. по 2006 г.

Следовательно, влияние на аномальные значения длины хвои оказывает глобальный фактор, являющийся равносильным как в южной, так и в северной тайге. Он не зависит от показателей микроклимата, возраста насаждения, конкурентных отношений в нем.

Все процессы на Земле, в том числе и жизнь, зависят от изменений, происходящих на Солнце. Между многими биологическими и периодическими процессами солнечной деятельности существует тесная связь [37].

Проанализируем влияние солнечной активности, выражаемой числом Вольфа, на динамику длины хвои по годам.

В сериях подобраны годы с синхронными аномально малыми и большими значениями. Для этих лет проведены выборки средних месячных значений солнечной активности. Более полное представление о значении фактора можно получить при их анализе за 24 мес.: накануне и в годы аномалий. Используем относительные значения длины хвои для совершенно разнородных объектов, числа Вольфа индексируем по анализируемым сериям лет (рис. 2).

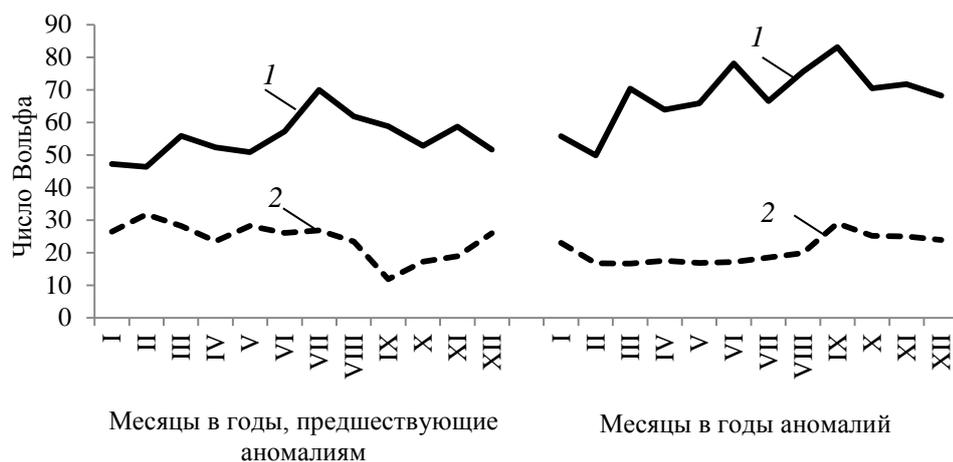


Рис. 2. Солнечная активность накануне и в годы максимальных (1) и минимальных (2) значений длины сосновой хвои

И в предшествующий, и в год развития аномально больших значений длины хвои в серии отмечаются большие значения чисел Вольфа, которые или равны средним в серии, или превышают средние значения в 1,7 раза.

В годы аномально малых значений длины хвои в серии и в предшествующие им годы отмечаются малые значения чисел Вольфа (в 2–5 раз ниже средних в анализируемых сериях). Наибольшее различие между числами Вольфа характерно для лет формирования аномально длинной хвои и аномально короткой. Следовательно, солнечная активность оказывает наибольшее влияние на длину хвои в годы ее формирования.

Наибольшие значения чисел Вольфа в годы формирования аномально длинной хвои отмечаются в марте, июне и сентябре. Однако рост хвои завершается в конце июля–начале августа [33]. Таким образом, наибольшее влияние солнечная активность оказывает на длину хвои в марте (в период вынужденного покоя) и в июне (в период ее активного роста).

В год формирования хвои, до августа, отмечается от значительной до высокой достоверная теснота корреляционной связи между длиной хвои и солнечной активностью, наибольшая достоверная корреляционная зависимость длины хвои от солнечной активности – в марте, апреле и июне (табл. 3).

Таблица 3

Зависимость длины хвои от солнечной активности

Показатель связи	Значение показателя по месяцам						
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль
r	0,64	0,66	0,83	0,76	0,65	0,71	0,58
m_r	0,11	0,11	0,06	0,08	0,11	0,11	0,13
t_r	5,44	5,93	13,99	9,00	5,84	6,45	4,54
η	0,64	0,68	0,77	0,82	0,74	0,81	0,75
m_η	0,12	0,11	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08
t_η	5,40	6,37	10,09	13,05	8,45	12,24	8,88

Примечание. r – коэффициент корреляции; m_r – ошибка коэффициента корреляции; t_r – достоверность; η – корреляционное отношение; m_η – ошибка корреляционного отношения; t_η – достоверность.

Выводы

1. Не выявлено влияния возраста и лесорастительных условий на погодичную динамику длины хвои на примере лесных культур Бабаевского лесничества.
2. Показано на примере сосняков кустарничково-сфагновых осушенных Архангельского лесничества, что динамика длины хвои не зависит от расстояния до осушителя и относительной полноты древостоя.
3. Годы формирования аномально длинной хвои характеризуются повышенной солнечной активностью, годы формирования аномально короткой хвои – пониженной (относительно средних значений в серии исследуемых лет).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабич Н.А., Клевцов Д.Н., Евдокимов И.В. Зональные закономерности изменения фитомассы культур сосны. Архангельск: САФУ, 2010. 140 с.
2. Бабич Н.А., Мерзленко М.Д., Евдокимов И.В. Фитомасса культур сосны и ели в европейской части России. Архангельск, Сев.-Зап. кн. изд-во, 2004. 112 с.
3. Базилевич Л.И., Титлянова А.А., Смирнов В.В., Родин Л.Е., Нечаева Н.Т., Левин Ф.И. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М.: Мысль, 1978. 183 с.

4. Казимиров Н.И., Волков А.Д., Зябченко С.С., Иванчиков А.А., Морозова Р.М. Обмен веществ и энергии в сосновых лесах Европейского Севера. Л.: Наука, 1977. 304 с.
5. Каменецакая И.В. Изменение массы и морфологии хвои разных возрастов в кронах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по годам в разных типах леса // Продуктивность и структура молодых сосняков. М.: Наука, 1973. С. 63–86.
6. Кищенко И.Т. Сезонный рост сосны в различных условиях местопроизрастания в связи с температурным режимом воздуха и почвы // Формирование продуктивных сосновых насаждений Карел. АССР и Мурманской области. Петрозаводск: Карел. филиал АН СССР, 1978. С. 12–30.
7. Кищенко И.Т. Сезонный рост хвои сосны в разных типах леса Южной Карелии // Лесоведение. 1978. № 2. С. 29–32.
8. Ковалев А.Г. Влияние интенсивности света на анатомо-морфологическое строение хвои сосны // Лесоведение. 1983. № 1. С. 29–34.
9. Ковалев А.Г., Антипова О.В. Рост хвои сосны обыкновенной при разной освещенности // Лесоведение. 1984. № 6. С. 22–28.
10. Кондратьев П.С. Закономерности формирования отдельных вегетативных органов дерева в разных типах леса и в разных зонах европейской части СССР: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. М., 1961. 22 с.
11. Коновалов В.Н., Зарубина Л.В. Эколого-физиологические особенности хвойных на осушаемых землях. Архангельск: САФУ, 2010. 295 с.
12. Костин Н.В., Преснухин Ю.В., Тумашевич Т.Я. Размеры и масса хвои сосны обыкновенной в связи с производительностью насаждений // Моделирование лесных биогеоценозов. Петрозаводск, 1986. С. 99–105.
13. Кравченко Г.Л. Закономерности роста сосны. М.: Лесн. пром-сть, 1972. 168 с.
14. Молчанов А.А. Гидрологическая роль сосновых лесов на песчаных почвах. М.: АН СССР, 1952. 54 с.
15. Надуткин В.Д., Модянов А.Н. Надземная фитомасса древесных растений в сосняках зеленомошных // Вопросы экологии сосняков Севера: Тр. Коми филиала АН СССР. Сыктывкар, 1972. Вып. 24. С. 70–80.
16. Наквасина Е.Н. Ассимиляционный аппарат как показатель адаптации сосны обыкновенной к изменению климатических условий произрастания // Лесн. журн. 2009. № 3. С. 12–19. (Изв. высш. учеб. заведений).
17. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. М.: МЛТИ, 1989. 65 с.
18. Огиевский В.В., Хиров А.А. Обследование и исследование лесных культур. Л.: ЛТА, 1967. 50 с.
19. Онучин А.А., Спицына Н.Т. Закономерности изменения массы хвои в хвойных древостоях // Лесоведение. 1995. № 5. С. 48–58.
20. Патов А.И. Сезонная динамика роста надземных органов сосны и ели // Комплексные биогеоценологические исследования хвойных лесов Европейского Северо-Востока. Сыктывкар: Коми филиал, 1985. Вып. 73. С. 15–24.
21. Попов В.Я. О некоторых эколого-морфологических признаках сосны различного происхождения в Архангельской области // Лесн. журн. 1965. № 2. С. 15–16. (Изв. высш. учеб. заведений).
22. Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М.: Наука, 1964. 190 с.
23. Родин А.Р., Мерзленко М.Д. Методические рекомендации по изучению лесных культур старших возрастов. М.: ВАСХНИЛ, 1983. 36 с.

24. Рубцов В.Г., Книзе А.А. Закладка и обработка пробных площадей в осушенных насаждениях. Л.: ЛенНИИЛХ, 1977. 42 с.
25. Сайт Главной (Пулковской) астрономической обсерватории. 2015. Режим доступа: www.gao.spb.ru
26. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. М.: Высш. шк., 1962. 378 с.
27. Смирнов В.В. Органическая масса в некоторых фитоценозах европейской части СССР. М.: Наука, 1971. 362 с.
28. Смирнов В.В. Сезонный прирост главнейших древесных пород. М.: Наука, 1964. 167 с.
29. Соколов Н.Н. Методические указания к дипломному проектированию по таксации пробных площадей. Архангельск: АЛТИ, 1978. 44 с.
30. Торлопова Н.В., Робакидзе Е.А. Влияние поллютантов на хвойные фитоценозы (на примере Сыктывкарского лесопромышленного комплекса). Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 146 с.
31. Уткин А.И. Биологическая продуктивность лесов // Лесоведение и лесоводство. 1975. Т. 1. С. 9–10.
32. Феклистов П.А., Бабич Н.А. Биометрические показатели ассимиляционного аппарата культур сосны // Экология и защита леса. Л.: ЛТА, 1990. С. 56–59.
33. Феклистов П.А., Бирюков С.Ю. Сезонный рост сосен скрученной и обыкновенной в северной подзоне тайги // Лесн. журн. 2006. № 6. С. 24–29. (Изв. высш. учеб. заведений).
34. Феклистов П.А., Евдокимов В.Н., Барзут В.М. Биологические и экологические особенности роста сосны в северной подзоне европейской тайги. Архангельск: АГТУ, 1997. 140 с.
35. Феклистов П.А., Тюкавина О.Н. Особенности ассимиляционного аппарата, водного режима и роста деревьев сосны в осушенных сосняках. Архангельск: САФУ, 2014. 179 с.
36. Цветков В.Ф., Никонов В.В. Структура и запасы фитомассы хвой в сосновых молодняках Кольского полуострова // Лесоведение. 1985. № 1. С. 32–39.
37. Чижевский А.П., Шишина Ю.Г. В ритме солнца. М.: Наука, 1969. 112 с.
38. Borgman E.M., Schoettle A.W., Angert A.L. Assessing the Potential for Maladaptation during Active Management of Limber Pine Populations: a Common Garden Study Detects Genetic Differentiation in Response to Soil Moisture in the Southern Rocky Mountains. *Canadian J. of Forest Research*, 2015, vol. 45, iss. 4, pp. 496–505.
39. Ballarin-Denti A., Cocucci S.M., Di Girolamo F. Environmental Pollution and Forest Stress: a Multidisciplinary Approach Study on Alpine Forest Ecosystems. *Chemosphere*, 1998, no. 36, pp. 1049–1054.
40. Helmisaari H.S. Spatial and Age-Related Variation in Nutrient Concentration of *Pinus sylvestris* Needles. *Silva Fennica*, 1992, vol. 26, no. 3, pp. 145–153.
41. Herrero A., Zamora R. Plant Responses to Extreme Climatic Events: a Field Test of Resilience Capacity at the Southern Range Edge. *PLoS ONE*, 2014, vol. 9(1), pp. 136–147.
42. Houšková K., Mauer O. Vliv Výchozí Hustoty Sazenic Na Morfologickou Kvalitu Nadzemní Části Borovice Lesní (*Pinus sylvestris* L.) 8 Let Po Výsadbě [Initial Density of Transplants and Its Effect on the Morphological Quality of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Above-Ground Part Eight Years after Planting]. *Zpravy Lesnického Vyzkumu* [Reports of Forestry Research], 2014, vol. 59(2), pp. 117–125.

43. Jankowski K., Sosnowski J., Wilk A., Malinowska E., Wiśniewska-Kadzajan B. Effect of Growth Regulators on Selected Morphological Features of Yellow Pine. *J. of Ecological Engineering*, 2014, vol. 15(4), pp. 105–108.
44. Junttila O., Heide O.M. Shoot and Needle Growth in *Pinus sylvestris* as Related to Temperature in Northern Fennoscandia. *Forest Science*, 1981, vol. 27, no. 3, pp. 423–430.
45. Li Z., Wang Y., Liu Y., Guo H., Li T., Li Z.-H., Shi G. Long-Term Effects of Liming on Health and Growth of a Masson Pine Stand Damaged by Soil Acidification in Chongqing, China. *PLoS ONE*, 2014, vol. 9(4), pp. 245–254.
46. McDonald P.M., Skinner C.N., Fiddler G.O. Ponderosa Pine Needle Length: An Early Indicator of Release Treatment Effectiveness. *Can. J. For. Res.*, 1992, vol. 22, pp. 761–764.
47. Nikolić B., Bojović S., Marin P.D. Morpho-Anatomical Traits of *Pinus peuce* Needles from Natural Populations in Montenegro and Serbia. *Plant Biosystems*, 2015, vol. 150(5), pp. 1038–1045.
48. Primicia I., Imbert J.B., Traver M.C., Castillo F.J. Inter-Specific Competition and Management Modify the Morphology, Nutrient Content and Resorption in Scots Pine Needles. *European J. of Forest Research*, 2014, vol. 133(1), pp. 141–151.
49. Simple Key to the Pines. *A Continuation of the Bulletin of Popular Information of the Arnold Arboretum, Harvard university*, 1951, vol. 11(9), pp. 63–70.
50. Wood P.J. Sampling Systems to Assess Variability in the Needles of Twelve Mexican Pines. *New Phytologist*, 1972, vol. 71(5), pp. 925–936.

Поступила 16.01.16

UDC 582.4:581.1

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.1.73

The Similarity of the Needle Length Dynamics on an Annual Basis of Scots Pine Growth in Different Conditions

O.N. Tyukavina, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

D.N. Klevtsov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

N.A. Babich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,
Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation;
e-mail: olga-tukavina@yandex.ru, d.klevtsov@narfu.ru, n.babich@narfu.ru

The pine needle length is characterized by strong volatility due to various external and internal factors. The needles are very responsive to the changes of environmental conditions, to any human impact. On the branches the needles have different length in dependence of the year. Moreover, the abnormally long and short needles are marked in different years. The coincidence of dynamics peaks of needle length does not depend on the forest type, age (for example, pine trees in the southern taiga subzone), stand density and drainage intensity (for example, drained shrub-sphagnum pine forests). Comparing our study data with the literature information we can state, that the dynamics of needle length according to years

For citation: Tyukavina O.N., Klevtsov D.N., Babich N.A. The Similarity of the Needle Length Dynamics on an Annual Basis of Scots Pine Growth in Different Conditions. *Lesnoy zhurnal*, 2017, no. 1, pp. 73–85. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.1.73

is not dependent on growing conditions, area, and the researcher. The years of anomalously large needle length are in the analyzed series: 1963, 1998, 1999, 2001, 2004; the years of abnormally low values of needle length are in the analyzed series: 1965, 1994, 1997, 2003, 2006. Consequently, a global factor, which is equivalent in the southern and northern taiga, which does not dependent on the climate indicators, age of crops, competition in it, affects on the abnormal needle length. That factor is the solar activity. To mitigate the effects of exposure of microclimatic and edaphic factors, the needle length index is calculated by the smoothing method using the 3–6 years (depending on the needle lifetime) average value. We carried out the sampling of average monthly values of solar activity, expressed by the Wolf number, for years with synchronous abnormally long and short needle length. A more complete understanding of the significance of the factors we observed in their analysis for 24 months: before and during the anomalistic years. The biggest difference between the indices of the Wolf numbers is typical for the period of formation of abnormal needle length, compared with a year preceding the needles development. During the development of abnormally long needle length the Wolf numbers exceed the average value by 1.7 times; in the years of abnormally short needles the Wolf number is by 2–5 times lower than the average in the analyzed series. Consequently, the solar activity affects the growth of needles and causes the synchronization of peaks in the needle length dynamics.

Keywords: needle length, needle length index, Wolf number, solar activity, Scots pine.

REFERENCES

1. Babich N.A., Klevtsov D.N., Evdokimov I.V. *Zonal'nye zakonomernosti izmeneniya fitomassy kul'tur sosny* [Zonal Patterns of Change in the Pine Phytomass]. Arkhangelsk, 2010. 140 p.
2. Babich N.A., Merzlenko M.D., Evdokimov I.V. *Fitomassa kul'tur sosny i eli v evropeyskoy chasti Rossii* [Phytomass of Pine and Spruce in the European Part of Russia]. Arkhangelsk, 2004. 112 p.
3. Bazilevich N.I., Titlyanova A.A., Smirnov V.V., Rodin L.E., Nechaeva N.T., Levin F.I. *Metody izucheniya biologicheskogo krugovorota v razlichnykh prirodnykh zonakh* [Methods of the Biological Cycle Studying in Different Natural Zones]. Moscow, 1978. 183 p.
4. Kazimirov N.I., Volkov A.D., Zhabchenko S.S., Ivanchikov A.A., Morozova R.M. *Obmen veshchestv i energii v osnovnykh lesakh Evropeyskogo Severa* [Metabolism and Energy Change in the Pine Forests of the European North]. Leningrad, 1977. 304 p.
5. Kamenetskaya I.V. *Izmenenie massy i morfologii khvoi raznykh vozrastov v kronakh sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.) po godam v raznykh tipakh lesa* [The Weight and Morphology Change of Needles of Different Ages in the Crowns of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) on an Annual Basis in Different Types of Forests]. *Produktivnost' i struktura molodykh sosnyakov* [Productivity and the Structure of Young Pine Stands]. Moscow, 1973, pp. 63–86.
6. Kishchenko I.T. *Sezonnyy rost sosny v razlichnykh usloviyakh mestoproizrastaniya v svyazi s temperaturnym rezhimom vozdukha i pochvy* [Seasonal Growth of Pine in Various Growing Conditions in Relation to the Air and Soil Temperature Regime]. *Formirovanie produktivnykh osnovnykh nasazhdeniy Karel. ASSR i Murmanskoy oblasti* [Formation of Productive Pine Plantations in the Karelian ASSR and Murmansk Region]. Petrozavodsk, 1978, pp. 12–30.
7. Kishchenko I.T. *Sezonnyy rost khvoi sosny v raznykh tipakh lesa Yuzhnoy Karelii* [Seasonal Growth of Pine Needles in Different Forest Types in South Karelia]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 1978, no. 2, pp. 29–32.

8. Kovalev A.G. Vliyaniye intensivnosti sveta na anatomo-morfologicheskoye stroeniye khvoi sosny [The Influence of Light Intensity on the Anatomical and Morphological Structure of Pine Needles]. *Lesovedeniye* [Russian Journal of Forest Science], 1983, no. 1, pp. 29–34.

9. Kovalev A.G., Antipova O.V. Rost khvoi sosny obyknovennoy pri raznoy osveshchennosti [The Growth of Scots Pine Needles at Different Illumination]. *Lesovedeniye* [Russian Journal of Forest Science], 1984, no. 6, pp. 22–28.

10. Kondrat'ev P.S. *Zakonomernosti formirovaniya otdel'nykh vegetativnykh organov dereva v raznykh tipakh lesa i v raznykh zonakh evropeyskoy chasti SSSR*: avtoref. diss. ... kand. s.-kh. nauk [Laws of Formation of Separate Vegetative Tree Organs in Different Forest Types and Different Zones of the European Part of the USSR: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs.]. Moscow, 1961. 22 p.

11. Kononov V.N., Zarubina L.V. *Ekologo-fiziologicheskie osobennosti khvoynykh na osushaemykh zemlyakh* [Ecological and Physiological Characteristics of Conifers on Drained Lands]. Arkhangelsk, 2010. 295 p.

12. Kostin N.V., Presnukhin Yu.V., Tumashevich T.Ya. Razmery i massa khvoi sosny obyknovennoy v svyazi s proizvoditel'nost'yu nasazhdeniy [Dimensions and Weight of Needles of Scots Pine in Connection with the Performance of Plantations]. *Modelirovaniye lesnykh biogeotsenozov* [Modeling of Forest Ecosystems]. Petrozavodsk, 1986, pp. 99–105.

13. Kravchenko G.L. *Zakonomernosti rosta sosny* [Patterns of Pine Growth]. Moscow, 1972. 168 p.

14. Molchanov A.A. *Gidrologicheskaya rol' sosnovykh lesov na peschanykh pochvakh* [The Hydrological Role of Pine Forests on Sandy Soils]. Moscow, 1952. 54 p.

15. Nadutkin V.D., Modyanov A.N. Nadzemnaya fitomassa drevesnykh rasteniy v sosnyakh zelenomoshnykh [The Aboveground Phytomass of Woody Plants in the Moss Pine Forests]. *Voprosy ekologiy sosnyakov Severa: Tr. Komi filiala AN SSSR* [The Issues of Pine Forests Ecology of the North: Proc. Komi Branch of the Academy of Sciences of the USSR]. Syktyvkar, 1972, no. 24, pp. 70–80.

16. Nakvasina E.N. Assimilyatsionnyy apparat kak pokazatel' adaptatsii sosny obyknovennoy k izmeneniyu klimaticheskikh usloviy proizrastaniya [Assimilation Apparatus as a Factor of Scotch Pine Adaptation to a Change of Growth Climatic Conditions]. *Lesnoy zhurnal*, 2009, no. 3, pp. 12–19.

17. Nikolaevskiy V.S. *Ekologicheskaya otsenka zagryazneniya sredy i sostoyaniya nazemnykh ekosistem metodami fitoindikatsii* [Environmental Assessment of Environmental Pollution and the State of Terrestrial Ecosystems by the Phytoindication Methods]. Moscow, 1989. 65 p.

18. Ogievskiy V.V., Khirov A.A. *Obsledovaniye i issledovaniye lesnykh kul'tur* [Survey and Research of Forest Crops]. Leningrad, 1967. 50 p.

19. Onuchin A.A., Spitsyna N.T. Zakonomernosti izmeneniya massy khvoi v khvoynykh drevostoyakh [Laws of Change of the Needles Mass in the Conifer Stands]. *Lesovedeniye* [Russian Journal of Forest Science], 1995, no. 5, pp. 48–58.

20. Patov A.I. Sezonnaya dinamika rosta nadzemnykh organov sosny i eli [Seasonal Dynamics of Growth of Above-Ground Organs of Pine and Spruce]. *Kompleksnyye biogeotsenologicheskie issledovaniya khvoynykh lesov Evropeyskogo Severo-Vostoka* [Complex Holocoenotic Research of Coniferous Forests of the European North-East]. Syktyvkar, 1985, no. 73, pp. 15–24.

21. Popov V.Ya. O nekotorykh ekologo-morfologicheskikh priznakakh sosny razlichnogo proiskhozhdeniya v Arkhangel'skoy oblasti [Some Ecological and Morphological Features of Pine of Different Origin in the Arkhangelsk Region]. *Lesnoy zhurnal*, 1965, no. 2, pp. 15–16.

22. Pravdin L.F. *Sosna obyknovennaya. Izmenchivost', vnutrividovaya sistematika i selektsiya* [Pine. Variability, Intraspecific Taxonomy and Selection]. Moscow, 1964. 190 p.
23. Rodin A.R., Merzlenko M.D. *Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu lesnykh kul'tur starshikh vozrastov* [Guidelines for the Study of Old Age Forest Plantations]. Moscow, 1983. 36 p.
24. Rubtsov V.G., Knize A.A. *Zakladka i obrabotka probnykh ploshchadey v osushennykh nasazhdeniyakh* [Establishing and Treating of Sample Plots in Drained Stands]. Leningrad, 1977. 42 p.
25. *Sayt Glavnoy (Pulkovskoy) astronomicheskoy observatorii. 2015* [The Site of the Main (Pulkovo) Astronomical Observatory. 2015]. Available at: www.gao.spb.ru
26. Serebryakov I.G. *Ekologicheskaya morfologiya rasteniy* [Ecological Plant Morphology]. Moscow, 1962. 378 p.
27. Smirnov V.V. *Organicheskaya massa v nekotorykh fitotsenozakh evropeyskoy chasti SSSR* [Organic Mass of Some Plant Communities in the European Part of the USSR]. Moscow, 1971. 362 p.
28. Smirnov V.V. *Sezonnyy prirost glavneyshikh drevesnykh porod* [The Seasonal Increase of the Most Important Tree Species]. Moscow, 1964. 167 p.
29. Sokolov N.N. *Metodicheskie ukazaniya k diplomnomu proektirovaniyu po taksatsii probnykh ploshchadey* [Guidelines for Degree Designing on Inventory of Plots]. Arkhangelsk, 1978. 44 p.
30. Torlopova N.V., Robakidze E.A. *Vliyanie pollyutantov na khvoynye fitotsenozy (na primere Syktyvkar'skogo lesopromyshlennogo kompleksa)* [The Effect of Pollutants on Coniferous Plant Communities (for Example, the Syktyvkar Timber Industry)]. Yekaterinburg, 2003. 146 p.
31. Utkin A.I. *Biologicheskaya produktivnost' lesov* [Biological Productivity of the Forests]. *Lesovedenie i lesovodstvo*, 1975, vol. 1, pp. 9–10.
32. Feklistov P.A., Babich N.A. *Biometricheskie pokazateli assimilatsionnogo aparata kul'tur sosny* [Biometric Indicators of the Assimilation Apparatus of Pine]. *Ekologiya i zashchita lesa* [Ecology and Forest Protection]. Leningrad, 1990, pp. 56–59.
33. Feklistov P.A., Biryukov S.Yu. *Sezonnyy rost sosen skruchennoy i obyknovennoy v severnoy podzone taygi* [Seasonal Growth of Shore Pine and Scotch Pine in the Northern Taiga Subzone]. *Lesnoy zhurnal*, 2006, no. 6, pp. 24–29.
34. Feklistov P.A., Evdokimov V.N., Barzut V.M. *Biologicheskie i ekologicheskie osobennosti rosta sosny v severnoy podzone evropeyskoy taygi* [Biological and Ecological Characteristics of Pine Growth in the Northern Subzone of the European Taiga]. Arkhangelsk, 1997. 140 p.
35. Feklistov P.A., Tyukavina O.N. *Osobennosti assimilatsionnogo aparata, vodnogo rezhima i rosta derev'ev sosny v osushennykh sosnyakakh* [Features of the Assimilation Apparatus, Water Regime and Pine Growth in Reclaimed Pine Forests]. Arkhangelsk, 2014. 179 p.
36. Tsvetkov V.F., Nikonov V.V. *Struktura i zapasy fitomassy khvoi v sosnovykh molodnyakakh Kol'skogo poluostrova* [The Structure and Needle Phytomass Stocks in Pine Young Forests in the Kola Peninsula]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 1985, no. 1, pp. 32–39.
37. Chizhevskiy A.P., Shishina Yu.G. *V ritme solntsa* [In the Rhythm of the Sun]. Moscow, 1969. 112 p.

38. Borgman E.M., Schoettle A.W., Angert A.L. Assessing the Potential for Maladaptation during Active Management of Limber Pine Populations: a Common Garden Study Detects Genetic Differentiation in Response to Soil Moisture in the Southern Rocky Mountains. *Canadian J. of Forest Research*, 2015, vol. 45, iss. 4, pp. 496–505.
39. Ballarin-Denti A., Cocucci S.M., Di Girolamo F. Environmental Pollution and Forest Stress: a Multidisciplinary Approach Study on Alpine Forest Ecosystems. *Chemosphere*, 1998, no. 36, pp. 1049–1054.
40. Helmisaari H.S. Spatial and Age-Related Variation in Nutrient Concentration of *Pinus sylvestris* Needles. *Silva Fennica*, 1992, vol. 26, no. 3, pp. 145–153.
41. Herrero A., Zamora R. Plant Responses to Extreme Climatic Events: a Field Test of Resilience Capacity at the Southern Range Edge. *PLoS ONE*, 2014, vol. 9(1), pp. 136–147.
42. Houšková K., Mauer O. Vliv Výchozí Hustoty Sazenic Na Morfologickou Kvalitu Nadzemní Části Borovice Lesní (*Pinus sylvestris* L.) 8 Let Po Výsadbě [Initial Density of Transplants and Its Effect on the Morphological Quality of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Above-Ground Part Eight Years after Planting]. *Zpravy Lesnického Vyzkumu* [Reports of Forestry Research], 2014, vol. 59(2), pp. 117–125.
43. Jankowski K., Sosnowski J., Wilk A., Malinowska E., Wiśniewska-Kadzaján B. Effect of Growth Regulators on Selected Morphological Features of Yellow Pine. *J. of Ecological Engineering*, 2014, vol. 15(4), pp. 105–108.
44. Junttila O., Heide O.M. Shoot and Needle Growth in *Pinus sylvestris* as Related to Temperature in Northern Fennoscandia. *Forest Science*, 1981, vol. 27, no. 3, pp. 423–430.
45. Li Z., Wang Y., Liu Y., Guo H., Li T., Li Z.-H., Shi G. Long-Term Effects of Liming on Health and Growth of a Masson Pine Stand Damaged by Soil Acidification in Chongqing, China. *PLoS ONE*, 2014, vol. 9(4), pp. 245–254.
46. McDonald P.M., Skinner C.N., Fiddler G.O. Ponderosa Pine Needle Length: An Early Indicator of Release Treatment Effectiveness. *Can. J. For. Res.*, 1992, vol. 22, pp. 761–764.
47. Nikolić B., Bojović S., Marin P.D. Morpho-Anatomical Traits of *Pinus peuce* Needles from Natural Populations in Montenegro and Serbia. *Plant Biosystems*, 2015, vol. 150(5), pp. 1038–1045.
48. Primicia I., Imbert J.B., Traver M.C., Castillo F.J. Inter-Specific Competition and Management Modify the Morphology, Nutrient Content and Resorption in Scots Pine Needles. *European J. of Forest Research*, 2014, vol. 133(1), pp. 141–151.
49. Simple Key to the Pines. *A Continuation of the Bulletin of Popular Information of the Arnold Arboretum, Harvard university*, 1951, vol. 11(9), pp. 63–70.
50. Wood P.J. Sampling Systems to Assess Variability in the Needles of Twelve Mexican Pines. *New Phytologist*, 1972, vol. 71(5), pp. 925–936.

Received on January 16, 2016
