

УДК 631.524.82:582.475.4:631.524.01
DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2018.4.01

Оценка изменчивости роста у разных форм сосны обыкновенной в условиях постоянного избыточного увлажнения почв средней тайги

Е. А. Пинаевская – Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лавёрова РАН, младший научный сотрудник,

Архангельск, Российская Федерация, aviatorov8@mail.ru

С. Н. Тарханов – Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лавёрова РАН, заведующий лабораторией, доктор биологических наук, Архангельск, Российская Федерация, tarkse@yandex.ru

Получены данные по морфоструктурным особенностям роста разных форм среднетаежной популяции сосны обыкновенной на болотных верховых торфяных почвах. Установлены различия по морфометрическим показателям и радиальному приросту между «обычной» и «болотной» формой сосны. Выявлено, что в сосняках кустарничково-сфагновых средней тайги сосна «болотной» формы уступает «обычной» по морфометрическим параметрам вегетативной (в 1,2–2 раза) и генеративной (на 9–34%) сфер, радиальному приросту (в 1,9 раза).

Ключевые слова: сосна обыкновенная, жизненная форма, морфометрические параметры, радиальный прирост, избыточное увлажнение почв.

Для ссылок: <http://dx.doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2018.4.01>
Пинаевская, Е. А. Оценка изменчивости роста у разных форм сосны обыкновенной в условиях постоянного избыточного увлажнения почв средней тайги [Электронный ресурс] / Е. А. Пинаевская, С. Н. Тарханов // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2018. – № 4. – С. 5–11.
URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) имеет широкий ареал – от лесотундры до степной зоны. Эта светолюбивая, нетребовательная к плодородию и влажности почвы порода, растет на песчаных, супесчаных, подзолистых, каменистых, реже черноземных, почвах, на скалах и болотах [1]. Представляет собой классический вариант сборного полиморфного вида [2], демонстрирует широкий спектр форм, сосуществующих в пределах одной популяции.

Рост деревьев обусловлен комплексом факторов (внутренние и внешние), влияние которых отражается на структуре годичного кольца.

Развитие и выживание вида зависят от жизненных форм, которые определяются морфологическими признаками. На верховых торфяных почвах по габитусу кроны выделяют 2 формы сосны: «обычная» и «болотная». Деревья «болотной» формы отличаются от деревьев «обычной»

сосны сильным отставанием в росте, небольшой высотой (от 2 до 4 м) и уродливым видом (искривленность ствола, многовершинность) (рис. 1). «Обычная» сосна имеет стандартный внешний облик [3].

Цель исследования: анализ роста по морфометрическим показателям «обычной» и «болотной» форм сосны в условиях постоянного избыточного увлажнения почв (средняя тайга).

Решаемые задачи: выявить различия морфометрических параметров у разных форм сосны в сосняках кустарничково-сфагновых; провести анализ временной динамики роста «обычной» и «болотной» форм среднетаежной популяции сосны.

Исследования по изучению роста разных форм сосны проведены в низкопродуктивных (Va класс бонитета), низкополнотных (0,4–0,5) и чистых по составу среднетаежных сосняках кустарничково-сфагновых на болотных верховых тор-



А



Б

Рис. 1. «Обычная» (А) и «болотная» (Б) формы сосны

Таблица 1. Морфометрические показатели вегетативной и генеративной сфер «обычной» и «болотной» форм сосны

Морфометрический параметр	ФОРМА СОСНЫ					
	«ОБЫЧНАЯ»			«БОЛОТНАЯ»		
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	MIN-MAX	C.V., %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	MIN-MAX	C.V., %
H, м	6,3±0,16	5,0–8,2	14,1	3,9±0,19	2,5–6,0	27,2
d, см	9,9±0,14	9,0–11,0	7,4	7,9±0,23	6,0–11,0	15,6
H _ж , м	2,9±0,16	1,9–5,0	30,3	2,2±0,11	1,4–4,8	27,0
L _к , м	3,4±0,14	2,2–5,1	22,0	1,7±0,16	0,4–3,4	51,0
D _к , м	3,2±0,06	2,5–4,0	10,9	2,7±0,05	1,6–3,2	10,9
L _ш , мм	27,2±0,45	22,3–32,9	9,9	23,7±0,36	20,0–28,7	9,1
M _ш , г	2,0±0,08	1,2–3,1	25,0	1,4±0,06	0,8–2,3	27,0
L _а , мм	6,6±0,09	5,6–7,9	8,6	6,0±0,10	5,0–7,2	10,0
B _а , мм	6,0±0,06	5,3–6,9	6,1	5,6±0,07	4,6–6,3	7,7
H _а , мм	2,3±0,04	2,0–3,0	9,8	2,0±0,02	1,7–2,3	7,3
H _а /B _а	0,39±0,01	0,33–0,46	9,0	0,37±0,01	0,32–0,44	8,3

Примечание. H – высота дерева; d – диаметр ствола на высоте 1,3 м; H_ж – высота до первой живой ветви; L_к – протяженность кроны; D_к – диаметр кроны; L_ш – длина шишки; M_ш – масса шишки; L_а – длина апофиза; B_а – ширина апофиза; H_а – высота апофиза; H_а/B_а – индекс формы апофиза шишки (ИФАШ); $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ – среднее значение с ошибкой; min-max – минимальное и максимальное значения; C.V. – коэффициент вариации.

фяных почвах (Котласский район Архангельской обл.) в вегетационный период 2016 г. У деревьев разных форм сосны («обычная» и «болотная») в возрасте 150–160 лет измерены морфометрические параметры (высота дерева и диаметр ствола на высоте 1,3 м, высота до первой живой ветви, протяженность и диаметр кроны), отобраны керны древесины на высоте 1,3 м и по 10 шишек урожая прошлого года с каждого дерева. Объем выборки по морфологическим формам составил 30 деревьев. Средние значения радиального прироста определены методом световой микроскопии с использованием дендрохронологического и статистического анализов [4–6].

В среднетаежных насаждениях «болотная» форма сосны представлена 37%, а «обычная» – 63%. Установлено, что у «болотной» формы средние значения морфометрических показателей ниже, чем у «обычной» сосны: высота – в 1,6 раза, диаметр ствола – в 1,3 раза, высота прикрепления первой живой ветви – в 1,3 раза, протяженность и диаметр кроны – в 1,2–2 раза ($t > t_{0,05}$) (табл. 1).

В условиях постоянного избыточного увлажнения почв дерево «обычной» формы растет бы-

стрее «болотной», имеет развитую крону и хорошую очищаемость ствола, что важно для оценки продуктивности насаждений.

Ранее было установлено, что в северной тайге «болотная» форма значительно уступает в росте «обычной» сосне по основным морфометрическим показателям (высоте и диаметру ствола – в 2–2,6 раза; длине кроны – в 3,6 раза) [7]. В среднетаежной популяции разница по средним значениям морфометрических показателей между выделенными формами выражена не так существенно. Это свидетельствует о более благоприятных для роста деревьев условиях.

В среднетаежной популяции коэффициент вариации «обычной» сосны соответствует низкому уровню изменчивости по высоте и диаметру ствола, диаметру кроны (см. табл. 1). У «болотной» сосны коэффициент вариации высоты и диаметра ствола выше.

«Болотная» сосна имеет меньшую длину (на 14%) и массу (на 34%) шишки; длину, ширину и высоту (на 7–9%) апофиза по сравнению с «обычной» формой ($t > t_{0,05}$) (см. табл. 1). По индексу формы апофиза шишки у форм установлены близкие значения.

Однофакторный дисперсионный анализ показал зависимость морфометрических параметров шишек от форм сосны (табл. 2).

В условиях постоянного избыточного увлажнения почв средней тайги «болотная» форма уступает по средним значениям радиального прироста «обычной» сосне в 1,9 раза (табл. 3). Различия между «обычной» и «болотной» формой достоверны на 0,1%-м уровне значимости по t-критерию Стьюдента. Ранее установлено, что в северогаежной популяции среднее значение радиального прироста у «болотной» формы в 2,6 раза ниже, чем у «обычной» сосны [7]. В средней тайге разница между формами не такая значительная, как в северной, но тенденция меньшего роста у «болотной» сосны сохраняется при смене подзоны (географического района).

Уровень индивидуальной изменчивости радиального прироста у «обычной» формы средний, а у «болотной» сосны – высокий. При расчете индексов прироста в выборках деревьев разных форм установлены сходные средние значения и низкий уровень изменчивости (см. табл. 3). Качество древесно-кольцевых хронологий разных форм сосны оценивалось с помощью по-

казателя Expressed Population Signal (EPS – критерий оценки надежности хронологии) [8]. При оценке надежности хронологий «обычной» и «болотной» сосны установлены высокие значения EPS (> 0,6) (табл. 3).

Выявлены положительные корреляционные связи радиального прироста с высотой и протяженностью кроны у «обычной» сосны ($r = 0,43 - 0,46$; $t_r > t_{0,05}$); прироста с высотой, диаметром и высотой до первой живой ветви у «болотной» формы ($r = 0,37 - 0,58$; $t_r > t_{0,05}$).

Равномерный рост и низкие средние значения радиального прироста зафиксированы у «болотной» формы на всем протяжении временного ряда (рис. 2). У «обычной» формы наблюдаются периоды резкого повышения и понижения радиального прироста в возрасте 50–60 лет, 70–90 и 100–130 лет. Максимальное значение прироста у «обычной» сосны зафиксировано в молодом возрасте (10 лет), у «болотной» – в 40-летнем возрасте. В возрасте 100–110 лет у «обычной» и «болотной» форм наблюдается снижение радиального прироста.

Таким образом, «обычная» сосна имеет больше, чем у «болотной», морфометрические пока-

Таблица 2. Результаты однофакторного дисперсионного анализа зависимости морфометрических параметров шишек от формы деревьев ($F_{0,05} = 4,01$)

Показатель дисперсионного анализа	МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ					
	$L_{ш}$, мм	$M_{ш}$, г	L_A , мм	B_A , мм	H_A , мм	H_A/B_A
F-критерий	33,4	41,8	16,5	15,4	12,0	0,6
P-значение	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,454

Примечание. F-критерий – фактический критерий Фишера; P – уровень значимости.

Таблица 3. Изменчивость радиального прироста «обычной» и «болотной» форм сосны

Показатель	ФОРМА СОСНЫ					
	«ОБЫЧНАЯ»			«БОЛОТНАЯ»		
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	MIN-MAX	C.V., %	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	MIN-MAX	C.V., %
Абсолютная величина радиального прироста, мм	0,37±0,01	0,28–0,59	22	0,19±0,01	0,10–0,33	36
Индекс радиального прироста (I), %	101±0,85	73–143	10	101±0,81	83–167	10
EPS	0,92	–	–	0,61	–	–

Примечание. EPS – критерий оценки надежности хронологии.

затели ствола, кроны и шишки, а также радиальный прирост и является наиболее продуктивной формой в среднетаежных кустарничково-сфагновых сосняках.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В среднетаежной популяции в условиях постоянного избыточного увлажнения почв у «болотной» формы сосны обыкновенной в возрасте 150–160 лет высота, диаметр ствола и высота прикрепления первой живой ветви меньше в 1,3–1,6 раза, протяженность и диаметр кроны – в 1,2–2 раза по сравнению с «обычной». Морфометрические параметры генеративной сферы «болотной» сосны меньше, чем у «обычной»: длина шишки – на 14%, масса шишки – на 34%, длина и высота апофиза – на 9%.

2. Среднее значение радиального прироста у «болотной» формы сосны обыкновенной в 1,9 раза ниже, чем у «обычной» ($t > t_{0,001}$). Тенденция меньшего роста у «болотной» формы отмечается и в древесно-кольцевых хронологиях.

3. В благоприятных условиях средней тайги, в отличие от северной, отмечается менее сущест-

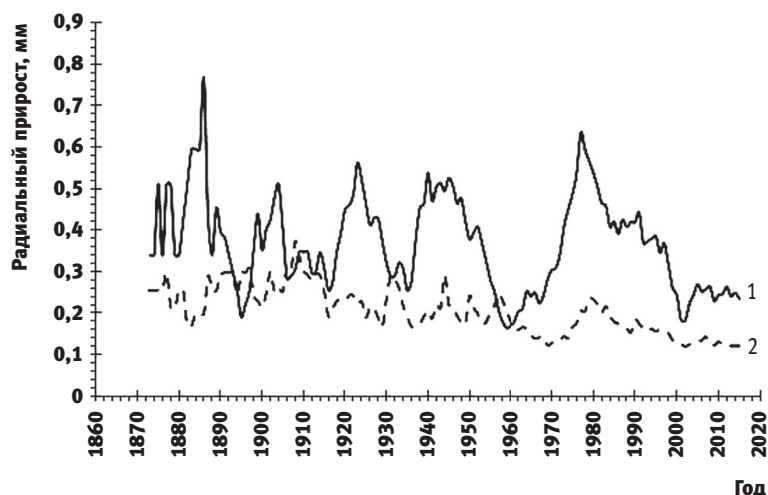


Рис. 2. Древесно-кольцевые хронологии радиального прироста у разных форм сосны: 1 – «обычная»; 2 – «болотная»

венная разница морфометрических показателей между «обычной» и «болотной» формой, но тенденция меньшего и большего роста у форм сохраняется с продвижением на юг, что обусловлено наследственными свойствами.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦКИА РАН (проект № 0409-2015-0141).

Список использованной литературы

1. Засухи Восточно-Европейской равнины по гидрометеорологическим и дендрохронологическим данным / О. Н. Соломина, И. С. Бушуева, Е. А. Долгова, А. Н. Золотокрылин [и др.]. – М. ; СПб. : Нестор-История, 2017. – 360 с.
2. Правдин, Л. Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция / Л. Ф. Правдин. – М. : Наука, 1964. – 189 с.
3. Тарханов, С. Н. Формовое разнообразие *Pinus sylvestris* (Pinaceae) в бассейне Северной Двины / С. Н. Тарханов, С. Ю. Бирюков // Растительные ресурсы. – 2013. – Вып. 4. – С. 481–489.
4. Методы дендрохронологии. – Часть I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации / С. Г. Шиятов, Е. А. Ваганов, А. В. Кирдянов, В. Б. Круглов [и др.]. – Екатеринбург, 2000. – 81 с.
5. Статистические методы анализа в биологии : учеб. пособ. для самост. работы студ. по направ. подготовки бакалавров 020400: Биология. – Ставрополь : СтавГМУ, 2014. – 81 с.
6. Cook, E. R. Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences / E. R. Cook, L. A. Kairiukstis. – Dordrecht : Kluwer, 1990. – 394 p.
7. Пинаевская, Е. А. Рост разных форм сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на болотных почвах северной тайги / Е. А. Пинаевская // Вестник Красноярского ГАУ. – 2016. – № 11. – С. 163–170.
8. Briffa, K. R. Interpreting high-resolution proxy climate data: the example of dendroclimatology / K. R. Briffa ; eds. H. Storch, A. Navarra // Analysis of climate variability: Applications of Statistical Techniques. – Berlin : Springer Verlag. – 1995. – P. 77–84.

References

1. Zasuhi Vostochno-Evropejskoj ravniny po gidrometeorologicheskim i dendrohronologicheskim dannym / O. N. Solomina, I. S. Bushueva, E. A. Dolgova, A. N. Zolotokrylin [i dr.]. – M. ; SPb. : Nestor-Istoriya, 2017. – 360 s.
2. Pravdin, L. F. Sosna obyknovennaya. Izmenchivost', vnutrividovaya sistematika i selekciya / L. F. Pravdin. – M. : Nauka, 1964. – 189 s.
3. Tarhanov, S. N. Formovoe raznoobrazie *Pinus sylvestris* (Pinaceae) v bassejne Severnoj Dviny / S. N. Tarhanov, S. Yu. Biryukov // Rastitel'nye resursy. – 2013. – Vyp. 4. – S. 481–489.
4. Metody dendrohronologii. Chast' I. Osnovy dendrohronologii. Sbor i poluchenie drevesno-kol'cevoj informacii / S. G. Shiyatov, E. A. Vaganov, A. V. Kirryanov, V. B. Kruglov, V. S. Mazepa, M. M. Naurzbaev, R. M. Hantemirov. – Ekaterinburg, 2000. – 81 s.
5. Statisticheskie metody analiza v biologii : ucheb. posob. dlya samost. raboty stud. po naprav. podgotovki bakalavrov 020400: Biologiya. – Stavropol' : StavrGMU, 2014. – 81 s.
6. Cook, E. R. Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences / E. R. Cook, L. A. Kairiukstis. – Dordrecht : Kluwer, 1990. – 394 p.
7. Pinaevskaya, E. A. Rost raznyh form sosny obyknovЕННОj (*Pinus sylvestris* L.) na bolotnyh pochvah severnoj tajgi / E. A. Pinaevskaya // Vestnik Krasnoyarskiy GAU. – 2016. – № 11. – S. 163–170.
8. Briffa, K. R. Interpreting high-resolution proxy climate data: the example of dendroclimatology / K. R. Briffa ; eds. H. Storch, A. Navarra // Analysis of climate variability: Applications of Statistical Techniques. – Berlin : Springer Verlag. – 1995. – P. 77–84.

Estimation of Growth Variability in Different Forms Scots Pine in Conditions of Constant Overwetting of Soils in the Middle Taiga

E. Pinaevskaya – N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Junior researcher, Arkhangelsk, Russian Federation, aviatorov8@mail.ru
S. Tarkhanov – N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research Chief of the Laboratory, Populations and Communities Ecology, Doctor of Biological Sciences, Arkhangelsk, Russian Federation, tarkse@yandex.ru

Keywords: *Pinus sylvestris L., life form, morphometric parameters, radial growth, overwetting of soils.*

Pine is the main forest-forming species in the European North of Russia. It represents a complex polymorphic species and differs within the limits of one population according to morphological forms. Radial growth is a universal indicator of tree growth, plantation productivity, an important taxation parameter and an indicator of the state of the environment. Two pine forms are distinguished in the shrub-sphagnum pine forests according to the habitus of the crown: «normal» and «swamp». The «swamp» form differs from the trees of the «normal» pine by a strong lag in growth and acquires in most cases an ugly appearance. Studies of the growth of different forms of pine were carried out in the middle taiga of the Arkhangelsk region. The laying of trial plots is carried out by the standards accepted in the forest management practice, forestry and taxation characteristics of the plantations are carried out by the generally accepted methods. Processing of wood core is performed by dendrochronological methods.

The analysis of growth of the «normal» and «swamp» forms of pine in the conditions of constant overwetting of soils in the middle taiga is carried out in the article in terms of the main morphometric parameters. It is established that in the «swamp» form at the age of 150–160 years, the average values of the morphometric parameters of the trunk, crown and cones are lower than in the «normal» pine. Significant differences in mean values of radial growth were revealed in tree-ring rows in different forms of pine.