

**ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ И БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ХВОИ
В СОСНЯКЕ ЧЕРНИЧНОМ (о-в Б. Соловецкий)**

А.Н. Соболев, П.А. Феклистов***

*Соловецкий государственный историко-архитектурный и природный музей-заповедник (пос. Соловецкий, Приморский р-он, Архангельская обл.)

**Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

В статье проанализированы продолжительность жизни и биометрия хвои сосновых насаждений Соловецких островов, оценена их изменчивость под воздействием различных факторов. Установлено, что продолжительность жизни хвои достигает 6 лет. Основную часть (до 90 %) составляет хвоя текущего года, а также 1–3-го годов жизни. Продолжительность жизни хвои зависит от положения в кроне и таксационных параметров дерева: наибольший возраст имеет хвоя в середине кроны; увеличение возраста, диаметра и высоты дерева ведет к уменьшению продолжительности жизни хвои. Рассчитаны средние значения: площади хвои – $(109,51 \pm 1,70)$ мм², длины – $(29,20 \pm 0,32)$ мм. Выявлено, что размеры хвои в кроне дерева снижаются сверху вниз; увеличение высоты, диаметра и возраста дерева приводит к повышению размеров хвои. Основной причиной изменений продолжительности жизни и биометрии хвои является освещенность: с ее увеличением (и повышением темпов фотосинтеза) продолжительность жизни хвои снижается, а размеры растут. Многолетняя динамика размеров хвои обусловлена изменениями погодных факторов: рост температур ведет к уменьшению длины и площади хвои; увеличение количества осадков до определенного предела, наоборот, приводит к увеличению этих показателей; причинами этого являются сравнительно сухие почвенные условия и «иссушение» в результате оттепелей в зимнее время. При этом наибольшее влияние на изменение размеров хвои оказывает теплый период года. Большая часть изменений продолжительности жизни и размеров хвои носит нелинейный характер. Индекс поверхности хвои в изучаемых сосняках соответствует нижнему пределу для таежных сосняков (4,5 га/га), что обусловлено более суровыми условиями среды.

Ключевые слова: *сосновые насаждения Соловецких островов, ассимиляционный аппарат хвойных деревьев, продолжительность жизни хвои, биометрические параметры хвои.*

Контактное лицо: Феклистов Павел Александрович, *адрес:* 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17; *e-mail:* feklitov@narfu.ru.

Для цитирования: Соболев А.Н., Феклистов П.А. Продолжительность жизни и биометрические параметры хвои в сосняке черничном (о-в Б. Соловецкий) // *Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Естеств. науки.* 2016. № 4. С. 47–56. doi:10.17238/issn 2227-6572.2016.4.47.

Леса отличаются наиболее высоким накоплением органической массы по сравнению с другими типами растительности. Преобладающую часть ее, до 95 % и более по массе, дает древостой. Основную функцию образования органического вещества и кислорода выполняет ассимиляционный аппарат, у хвойных деревьев он сосредоточен в хвое.

Целью нашего исследования было оценить состояние ассимиляционного аппарата сосновых насаждений и его изменчивость под влиянием различных факторов (изменение погоды, таксационных показателей и пр.). Исследование проводили в островных фитоценозах, отличающихся характером роста и развития [1], что определяет его научную новизну. Соловецкие острова являются объектом Всемирного наследия ЮНЕСКО, леса отнесены к защитным, имеющим научное или историческое значение, что придает высокую значимость исследованию.

Материалы и методы. Работа выполнена в течение 2008–2015 годов в сосняке черничного типа леса (оз. Б. Кумужье, квартал 153, выдел 18; N 65°03'20.8" E 35°39'34.9"), преобладающего на Соловецких островах. Размер пробной площади определялся количеством деревьев главной породы (не менее 100) и составил 0,33 га. Средняя высота древостоя 10,9 м, средний диаметр – 17,2 см, средний возраст – 92 года, относительная полнота – 0,51, класс бонитета – Va. Ассимиляционный аппарат хвои сосны обыкновенной изучали на основе ряда рекомендаций [2, 3]. В ходе исследования срезали средние по степени охвоения ветки из верхней трети, средней части и нижней трети кроны модельных деревьев. Последние подбирали ежегодно от 2 до 4 пропорционально числу стволов в ступенях толщины древостоя (всего было взято 17 модельных деревьев на пробной площади). На ветвях обрывали всю хвою по возрастным фракциям. Для каждой фракции в лабораторных условиях определяли количество, массу и размеры хвои. Проводили статистическую обработку (описательная статистика, корреляция, регрессия) и анализ полученного материала на

основе общепринятых методов и рекомендаций [4, 5]. В процессе работы было отобрано более 1 200 тыс. хвоинок.

По результатам выполненных в 2008–2015 годах измерений для сосняка удалось вычислить индекс листовой поверхности (ИЛП) или, применительно к хвойным насаждениям, индекс поверхности хвои. Под этим показателем понимается отношение суммарной поверхности листьев (односторонней) и хвои (полной) к единице площади участка, занятого фитоценозом или его отдельными ярусами (в данном случае сосновым древостоем). Продукция растительного покрова зависит от ИЛП и от закономерностей распределения листовой поверхности в толще полога. Индекс листовой поверхности является важным признаком при сравнении биологической продуктивности лесов разного состава, возраста и полноты, географического положения и происхождения. По ИЛП и продолжительности вегетационного периода рассчитывается брутто-продукция лесных фитоценозов. Это одна из главных характеристик в экофизиологии растений, метеорологии и экологическом моделировании, а также в лесоведении [6, 7].

Результаты и обсуждение. Продолжительность жизни хвои в изучаемом сосняке достигает 6 лет, хотя в незначительных количествах встречается и 7-летняя хвоя, составляющая менее 0,1 % от общего количества. Такая продолжительность жизни сосновой хвои выше, чем в более южных районах России [8, 9], но ниже, чем на Кольском полуострове [10] и в Республике Коми [11]. Это связано с тем, что с ухудшением условий произрастания снижается интенсивность фотосинтеза и, соответственно, продолжительность жизни хвои увеличивается.

Изучение относительного распределения хвои по возрасту на пробной площади (рис. 1) позволило выявить, что хвоя текущего года доминирует, составляя более 1/3 от общего ее количества. Доля хвои 1-го и 2-го годов меньше – 24,4 и 19,8 % соответственно. В целом хвоя текущего года и последующих двух лет жизни составляет 2/3 от общего количества. Более 90 % хвои относится к текущему и последующим

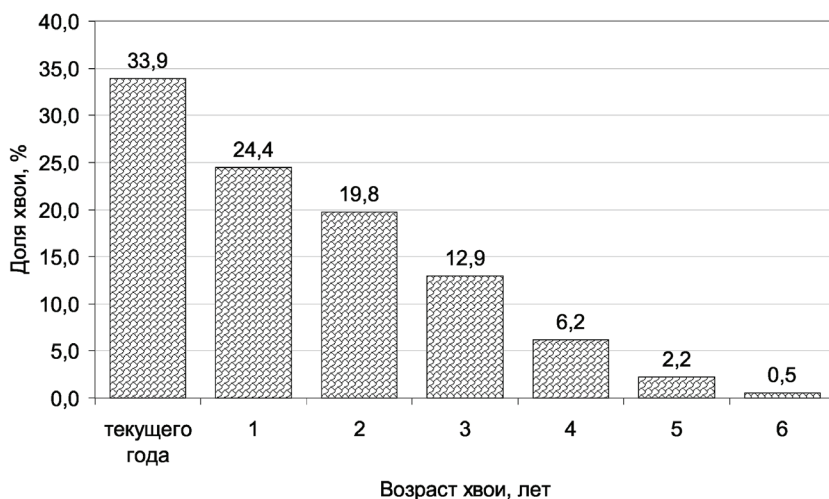


Рис. 1. Распределение количества хвои по возрасту

трем годам жизни (основная масса). Доля хвои 6-го года жизни составляет менее 1 %. В абсолютном числовом выражении количество хвои с возрастом убывает по экспоненте (данная функция имеет наибольшую степень достоверности аппроксимации).

Долевое участие хвои того или иного возраста изменяется в зависимости от положения в кроне (рис. 2). В середине кроны процент хвои текущего и 1-го годов жизни ниже, чем в других частях кроны, хвоя 3-го и последующих лет, наоборот, имеет более высокий

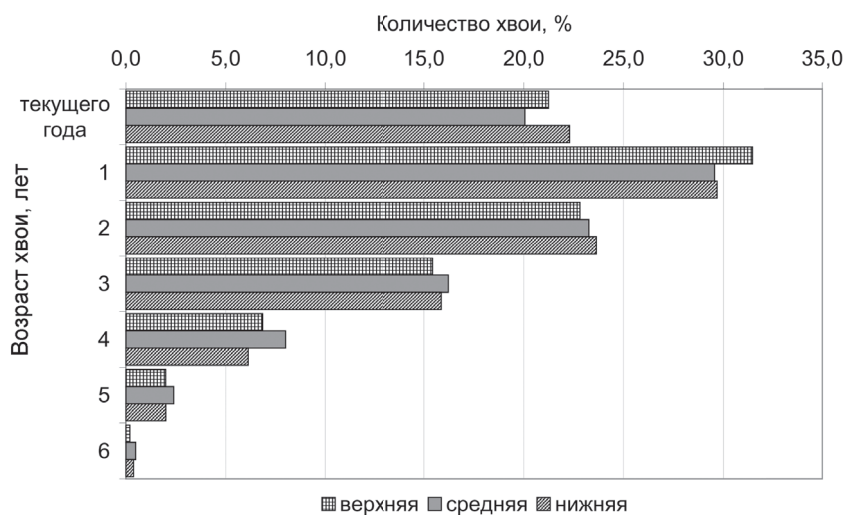


Рис. 2. Распределение хвои разных возрастов в соответствии с положением в кроне (верхняя и нижняя трети, средняя часть)

процент. Для нижней и верхней трети кроны определенных закономерностей выявлено не было, доля хвои текущего и первых двух годов жизни в сумме имеет равные значения. Аналогичное соотношение прослеживается и для 3–6-го годов жизни. Подобное распределение количества хвои свидетельствует о незначительном увеличении продолжительности ее жизни в середине кроны сосновых деревьев.

Увеличение возраста деревьев приводит к росту количества хвои 1–3-го годов жизни (коэффициент корреляции $r = 0,16 \dots 0,36$, характер связи – прямой, теснота связи – слабая или умеренная) и снижению доли хвои 4–6-го годов ($r = -0,18 \dots -0,46$, характер связи – обратный, теснота связи – слабая или умеренная). Для высоты и диаметра деревьев присуща аналогичная корреляционная связь, хотя и более слабая в отдельные годы. Коэффициент корреляции в большинстве случаев для хвои 1–3-го годов находится в пределах от 0,26 до 0,41 (характер связи – прямой, теснота связи – слабая или умеренная), для хвои 4–6-го годов – от $-0,28$ до $-0,58$ (характер связи – обратный, теснота связи – слабая, умеренная или значительная). В свою очередь, увеличение относительной высоты деревьев ведет к уменьшению количества хвои 1–3-го годов ($r = -0,17 \dots -0,49$, характер связи – обратный, теснота связи – слабая или умеренная) и росту хвои 4–6-го годов жизни (коэффициент корреляции в большинстве случаев меняется от 0,36 до 0,67, характер связи – прямой, теснота связи – умеренная или значительная). Соответственно, уменьшение относительной высоты приводит к обратному явлению.

Регрессионный анализ показал, что зависимость количества хвои разных возрастов от таксационных параметров носит нелинейный характер и в преобладающем большинстве случаев с наибольшей степенью достоверности аппроксимации отражается полиномиальной функцией второй степени (квадратичной).

Проанализированные закономерности свидетельствуют о том, что с возрастом, увеличе-

нием диаметра (D) и высоты (H), снижением темпов роста (уменьшением относительной высоты дерева (H/D) [1]) происходит уменьшение продолжительности жизни хвои (снижение доли хвои старших возрастов, увеличение количества хвои первых трех лет), имеющее нелинейный (параболический) характер. Одними из наиболее вероятных причин уменьшения продолжительности жизни хвои с ростом деревьев являются увеличение освещенности и, соответственно, рост интенсивности процессов фотосинтеза [12], а также изменение физиологических особенностей деревьев с возрастом.

Расчитаны статистически значимые средние значения биометрических параметров хвои. Расчетный критерий Стьюдента t_1 значительно больше табличного и колеблется от 65 до 152. Средняя площадь хвоинки составляет $(109,51 \pm 1,70)$ мм², длина – $(29,20 \pm 0,32)$ мм, ширина – $(1,48 \pm 0,01)$ мм, толщина – $(0,70 \pm 0,01)$ мм. Относительная изменчивость этих показателей, по А.В. Тюрину [13], средняя.

Средняя длина хвои ($(29,20 \pm 0,32)$ мм) на пробной площади ниже, чем в сосняках черничных, расположенных южнее. Для сравнения, в пос. Брин-Наволоок (Архангельская обл., Холмогорский р-н) ее длина составила 31,3 мм [12]. Согласно Л.Ф. Правдину [8], с уменьшением на 1° широты длина хвои вырастает на 1,4 мм. Разница координат между пробной площадью (N $65^\circ 03' 21''$) и пос. Брин-Наволоок (N $63^\circ 44' 05''$) составляет $01^\circ 19' 16''$. В соответствии с этой разницей должно произойти увеличение длины хвои на 1,8 мм (до 31,0 мм), что практически и произошло.

Согласно данным разных исследователей, биометрические параметры хвои зависят от расположения в кроне дерева и уменьшаются сверху вниз по дереву [12, 14]. Это подтверждается и на примере соловецких сосняков. Максимальные значения размеров хвои на пробной площади отмечаются в верхней трети кроны (где условия освещенности лучше), а затем постепенно снижаются на 3,8–12,2 % к нижней части кроны. В целом средняя пло-

щадь хвои сверху вниз по кроне сокращается с 116,1 до 103,5 мм², средняя длина хвои – с 30,1 до 28,5 мм.

Размеры хвои зависят и от таксационных показателей деревьев [12]. Между возрастом, высотой дерева и размерами хвои выявлена слабая и умеренная связь, по характеру прямая ($r = 0,15 \dots 0,36$). Между диаметром дерева и размерами хвои наблюдается прямая связь (от умеренной до значительной, $r = 0,44 \dots 0,59$). Также прослеживается обратная значительная связь относительной высоты с размерами хвои ($r = -0,52 \dots -0,61$). С наибольшей степенью достоверности аппроксимации эти зависимости отражаются полиномиальными уравнениями второй степени (квадратными).

Таким образом, с возрастом, увеличением диаметра (D) и высоты (H) деревьев, снижением темпов роста происходит рост размеров хвои, имеющий нелинейный (параболический) характер.

По наблюдениям В.Д. Надуткина и А.Н. Модянова [14], хвоя сосны растет в длину только в течение 1-го сезона ее жизни, что позволяет проанализировать изменения ее длины и площади в зависимости от года образования. Длина хвои в разные годы колебалась от

23,5 (2005 год) до 34,8 мм (2010 год) (рис. 3), площадь – от 79,0 (2005 год) до 141,1 мм² (2010 год).

Многолетняя динамика параметров хвои обусловлена изменениями условий среды, среди которых важнейшими выступают погодные факторы. По данным Л.Ф. Правдина [8], в пределах кроны одного дерева на всех побегах длина хвои в отдельные годы изменяется в одном направлении – то в сторону увеличения, то в сторону уменьшения, что во многом зависит от погодных условий. В то же время, как отмечают некоторые исследователи, синхронное изменение параметров хвои по годам наблюдается не у всех модельных деревьев. Это объясняется тем, что модельные деревья, отличающиеся диаметром, высотой и положением в древостое, произрастающие в различных экологических условиях, неодинаково отзываются на изменение погодных условий [12]. Подобное явление значительно усложняет анализ многолетней изменчивости размеров хвои и снижает степень тесноты их связи с погодными факторами.

Изучение изменения длины и площади хвои в результате воздействия погодных факторов (по метеоданным 2002–2015 годов) позволило

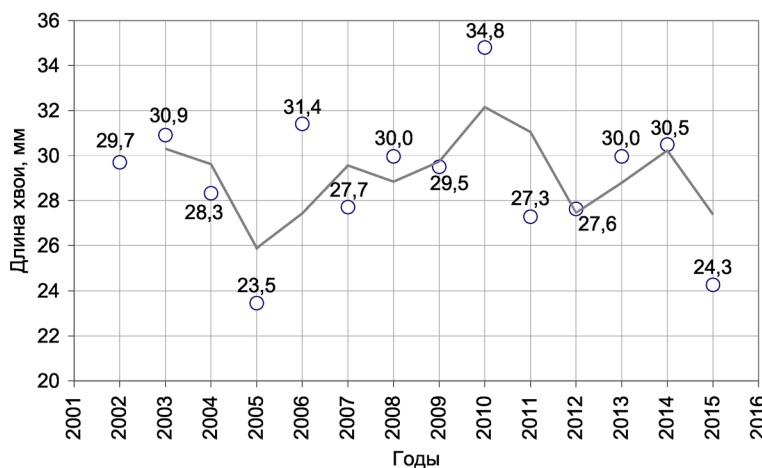


Рис. 3. Изменчивость длины хвои в 2002–2015 годах (линия тренда проведена методом линейной фильтрации по двум точкам)

выявить (см. таблицу) обратную слабую и умеренную связь со средней температурой за год, за предшествующий холодный период, а также за ноябрь–май (для длины $r = -0,18 \dots -0,45$, для площади $r = -0,10 \dots -0,32$). С наибольшей степенью достоверности аппроксимации эти зависимости отражает полиномиальная функция второй степени (квадратичная).

Для изучения влияния осадков за холодный период года из анализа были исключены данные 2010 года, характеризующегося аномально низкими их значениями при достаточно высоком количестве осадков теплого периода, нивелирующем влияние зимних осадков. В результате была установлена прямая значительная связь суммы осадков за ноябрь–апрель с биометрическими параметрами хвои ($r = 0,51 \dots 0,62$)

и прямая слабая связь ($r = 0,14$) суммы осадков за предшествующий холодный период с длиной хвои. С наибольшей степенью достоверности аппроксимации эти зависимости отражаются полиномиальной функцией второй степени (квадратичной) и степенной функцией.

За эти же годы была обнаружена обратная слабая и умеренная связь средней температуры за теплый период, за май–октябрь и за теплый период прошлого года с размерами хвои (для длины $r = -0,28 \dots -0,44$, для площади $r = -0,20 \dots -0,28$). С наибольшей степенью достоверности аппроксимации эти зависимости отражает полиномиальная функция второй степени (квадратичная). Наиболее тесная связь наблюдается для температур теплого периода прошлого года. Аналогичные закономерности

КОЭФФИЦИЕНТЫ КОРРЕЛЯЦИИ РАЗМЕРОВ СРЕДНЕЙ ХВОИНКИ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Климатический параметр	Площадь хвои S (мм ²)	Длина хвои l (мм)
Средняя температура, °С:		
за год	-0,32	-0,45
холодный период ¹	-0,26	-0,31
ноябрь–апрель	-0,10	-0,18
теплый период	-0,20	-0,28
май–октябрь	-0,20	-0,35
теплый период прошлого года	-0,28	-0,44
Сумма осадков, мм:		
холодный период*	–	0,14
ноябрь–апрель*	0,51	0,62
теплый период**	0,10	0,16
май–октябрь**	0,24	0,33
Частота осадков (май–октябрь), дн.	–	0,19
Среднее количество осадков в дни их выпадения (май–октябрь), мм	0,39	0,40

Примечания: * – за исключением данных 2010 года; ** – за исключением данных 2012 года.

¹В состав теплого периода входят месяцы с температурами выше нуля, а в состав холодного – соответственно ниже нуля (месяцы второй половины прошлого и первой половины текущего года). В то же время ноябрь–апрель являются границами усредненного холодного периода на Соловецких островах, определенного на основании многолетних наблюдений, а май–октябрь – теплого. Такое детальное разделение мы выполнили для более точного и достоверного анализа в наших исследованиях.

отмечены для температур вегетационного и летнего сезонов текущего года.

При исследовании влияния осадков за теплый период года из анализа были исключены данные 2012 года, характеризующегося аномально высокими их значениями. В результате была выявлена прямая слабая и умеренная связь суммы осадков за теплый период и за май–октябрь, частоты выпадения осадков и среднего количества осадков в дни их выпадения (май–октябрь) с биометрическими параметрами хвои (для длины хвои $r = 0,16 \dots 0,40$, для площади $r = 0,10 \dots 0,39$). Наиболее тесная связь выражена для среднего количества осадков в дни их выпадения. С наибольшей степенью достоверности аппроксимации эти зависимости отражает полиномиальная функция второй степени (квадратичная).

Для оценки итогового влияния осадков за год на размеры хвои из расчетов были исключены данные как 2010, так и 2012 годов. Вычисление корреляции для данного отношения показало прямую слабую связь (для площади хвои $r = 0,14$, для длины хвои $r = 0,20$). В целом значения корреляции выше для длины хвои, чем для площади. Это связано с влиянием на площадь хвои ее толщины и ширины, характеризующихся неоднородностью значений при малой их абсолютной изменчивости.

Для более детального определения степени тесноты связи между погодой и размерами хвои были рассчитаны коэффициенты синхронности [15] для длины хвои и проанализированных выше климатических характеристик за весь период наблюдений. При этом для расчета синхронности длины хвои с температурами использовались их обратные значения в связи с отрицательными значениями корреляции. В результате было установлено, что синхронность температур с длиной хвои выше в теплый период (60–75 %), чем в холодный (56–66 %). Аналогичная закономерность отмечается и для осадков (70–72 % в теплый период и 43–47 % в холодный). В холодный период коэффициент синхронности выше для температур, чем для осадков, в теплый период коэф-

фициент синхронности имеет сопоставимые значения. Взаимосвязь длины хвои с температурами прошлого теплого сезона невысокая (44 %), значительно ниже, чем для текущего года. Синхронность с частотой выпадения осадков в теплый период (64 %) немного ниже, чем для суммы осадков в этот сезон (70–72 %), но выше для среднего количества осадков в дни их выпадения (81 %). В целом за год синхронность выше для средней температуры (85 %), чем для суммы осадков (68 %).

Проведенный анализ показал, что повышение температур как теплого, так и холодного сезонов года негативно сказывается на росте хвои. При этом более сильное влияние оказывает теплый период. Уменьшение длины и площади хвои при повышении температур носит нелинейный (параболический) характер. Рост температур теплого периода прошлого года также оказывает отрицательное воздействие на размеры хвои, но значительно меньшее, чем температуры текущего года. Увеличение количества осадков теплого и холодного периодов года приводит к росту размеров хвои. Как и в случае с температурами, более сильное воздействие оказывает теплый период. Характер зависимости нелинейный (параболический или степенной), при достижении определенного предела осадки (их избыток) начинают оказывать отрицательное воздействие на прирост хвои. Среднее количество осадков в дни их выпадения имеет более тесную связь с размерами хвои, чем остальные показатели для осадков. В холодный период влияние осадков более низкое, чем воздействие температур; в теплый период эта разница не прослеживается. В целом влияние температур за год на размеры хвои более выражено, чем воздействие осадков.

Причинами уменьшения размеров хвои вследствие роста температур во время теплого периода являются относительно сухие почвенные условия произрастания сосняка. В свою очередь, в результате зимних потеплений погоды (с повышением температур выше 0 °С) происходит активизация процессов транспирации хвои, что при отсутствии поступления влаги из

промерзшей почвы приводит к «иссушению» деревьев и снижению биометрических параметров хвои во время последующего роста. На фоне этого увеличение количества осадков зимнего и теплого периодов до определенного предела положительно сказывается на изменении размеров хвои.

По данным А.И. Уткина [6], ИЛП древостоев в хвойных лесах из светолюбивых пород изменяется от 5 до 11 га/га. В среднетаежных сосняках черничного типа этот показатель варьирует от 5,4 до 10,3 га/га [16]. Для приморского сосняка брусничного лесопарка «Ягры» г. Северодвинска индекс составил 5,3 га/га [17]. Для соснового древостоя на исследуемой пробной площади индекс поверхности хвои составил 4,5 га/га, что соответствует нижнему пределу для таежных сосняков. ИЛП изменяется пропорционально продуктивности древостоев [16], что говорит о сравнительно невысокой величине фитомассы в исследуемом сосняке. Основной причиной пониженного значения индекса являются более суровые условия среды, снижающие темпы роста и, соответственно, продуктивность лесных насаждений. Кроме того, определенное влияние оказывает невысокая густота древостоя – 309 шт./га.

Заключение. Продолжительность жизни хвои в исследуемом насаждении достигает 6 лет. Более 90 % хвои относится к текущему и последующим трем годам жизни, которые и составляют основную ее массу. В абсолютном числовом выражении количество хвои с возрастом убывает по экспоненте. Доля хвои старших возрастов в середине кроны выше, что

может указывать на ее более высокую продолжительность жизни в этой части кроны. Продолжительность жизни хвои на пробной площади больше, чем в сосняках, расположенных южнее, а длина – меньше.

С увеличением диаметра (D) и высоты (H), снижением темпов роста (уменьшением относительной высоты дерева (H/D) [1]) уменьшается продолжительность жизни хвои, но растут ее размеры. По мере понижения расположения хвои от верхней трети к нижней трети кроны размеры ее уменьшаются.

Изменения размеров хвои сосны в результате воздействия погодных факторов имеет ряд закономерностей. В результате роста температур теплого (текущего и прошлого годов) и предшествующего холодного периода происходит уменьшение размеров хвои. Причиной этого являются сравнительно сухие почвенные условия и зимнее «иссушение» в результате потепления. На фоне этого увеличение количества осадков зимнего и теплого периодов до определенного предела положительно сказывается на росте хвои. Более значимое влияние на изменение размеров хвои оказывает теплый период текущего года, чем холодный. В целом воздействие температур за год на размеры хвои более выражено, чем влияние осадков.

Индекс поверхности хвои на изучаемом участке сосняка черничного составляет 4,5 га/га, что соответствует нижнему пределу для таежных сосняков. Основной причиной пониженного значения индекса являются более суровые условия среды.

Список литературы

1. Феклистов П.А., Соболев А.Н. Лесные насаждения Соловецкого архипелага (структура, состояние, рост). Архангельск, 2010. 201 с.
2. Родин А.Р., Мерзленко М.Д. Методические рекомендации по изучению лесных культур старших возрастов. М., 1983. 36 с.
3. Базилевич Н.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., 1978. 184 с.
4. Гусев И.И. Моделирование экосистем: учеб. пособие. Архангельск, 2002. 112 с.
5. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Введение в количественную биологию. Петрозаводск, 2003. 304 с.

6. Уткин А.И. Биологическая продуктивность лесов (методы изучения и результаты) // Итоги науки и техники. Сер.: Лесоведение и лесоводство. М., 1975. Т. 1. С. 9–189.
7. Уткин А.И., Ермолова Л.С., Уткина И.А. Площадь поверхности лесных растений. Сущность. Параметры. Использование. М., 2008. 292 с.
8. Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М., 1964. 192 с.
9. Мамаев С.А. Закономерности внутривидовой изменчивости семейства Pinaceae на Урале: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Свердловск, 1970. 54 с.
10. Цветков В.Ф., Никонов В.В. Структура и запасы фитомассы хвои в сосновых молодняках Кольского полуострова // Лесоведение. 1985. № 1. С. 32–39.
11. Бобкова К.С., Тужилкина В.В., Сенькина С.Н., Галенко Э.П., Загирова С.В. Эколого-физиологические основы продуктивности сосновых лесов европейского северо-востока. Сыктывкар, 1993. 176 с.
12. Бабич Н.А., Мерзленко М.Д., Евдокимов И.В. Фитомасса культур сосны и ели в европейской части России. Архангельск, 2004. С. 30–35.
13. Тюрин А.В. Основы вариационной статистики в применении к лесоводству. М.; Л., 1961. 103 с.
14. Надуткин В.Д., Модянов А.Н. Надземная фитомасса древесных растений в сосняках зеленомошных // Вопросы экологии сосняков Севера: тр. Коми фил. Акад. наук СССР. Сыктывкар, 1972. Вып. 24. С. 70–80.
15. Феклистов П.А. Экологические закономерности роста северотаежных сосняков как теоретическая основа повышения их продуктивности и рационального использования: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Екатеринбург, 1997. 40 с.
16. Бобкова К.С., Галенко Э.П. Биопродукционный процесс в лесных экосистемах Севера. М., 2001. 270 с.
17. Феклистов П.А., Евдокимов В.Н., Евдокимова Е.В., Федяев А.Л., Самылов Д.Е., Зубаха С.И. Особенности сосняков лесопарка «Ягры» // Вестн. Помор. ун-та. Сер.: Естеств. науки. 2011. № 1. С. 89–95.

References

1. Feklistov P.A., Sobolev A.N. *Lesnye nasazhdeniya Solovetskogo arhipelaga (struktura, sostoyanie, rost)* [Forest Plantations of the Solovetsky Archipelago (Structure, State, Growth)]. Arkhangelsk, 2010. 201 p.
2. Rodin A.R., Merzlenko M.D. *Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu lesnykh kul'tur starshikh vozrastov* [Guidelines for the Study of the Aged Forest Plantations]. Moscow, 1983. 36 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 Various Natural Zones]. Moscow, 1978. 184 p.
4. Gusev I.I. *Modelirovanie ekosistem* [Simulation of Ecosystems]. Arkhangelsk, 2002. 112 p.
5. Ivanter E.V., Korosov A.V. *Vvedenie v kolichestvennyuyu biologiyu* [Introduction to Quantitative Biology]. Petrozavodsk, 2003. 304 p.
6. Utkin A.I. *Biologicheskaya produktivnost' lesov (metody izucheniya i rezul'taty)* [The Biological Productivity of Forests (Methods of Study and Results)]. *Itoги nauki i tekhniki. Ser.: Lesovedenie i lesovodstvo* [Results of Science and Technology. Ser.: Silviculture and Forest Science], 1975, vol. 1, pp. 9–189.
7. Utkin A.I., Ermolova L.S., Utkina I.A. *Ploshchad' poverkhnosti lesnykh rasteniy. Sushchnost'. Parametry. Ispol'zovanie* [The Surface Area of Forest Plants. Subject Matter. Parameters. Use]. Moscow, 2008. 292 p.
8. Pravdin L.F. *Sosna obyknovennaya. Izmenchivost', vnutrividovaya sistematika i selektsiya* [Scots Pine. Variation, Intraspecific Taxonomy and Selection]. Moscow, 1964. 192 p.
9. Mamaev S.A. *Zakonomernosti vnutrividovoy izmenchivosti semeystva Pinaceae na Urale: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk* [Laws of Intraspecific Variation of the Pinaceae Family in the Urals: Dr. Biol. Sci. Diss. Abs.]. Sverdlovsk, 1970. 54 p.
10. Tsvetkov V.F., Nikonov V.V. *Struktura i zapasy fitomassy khvoi v sosnovykh molodnyakakh Kol'skogo poluoostrova* [Structure and Needle Biomass Stocks in the Young Pine Stands of the Kola Peninsula]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 1985, no. 1, pp. 32–39.
11. Bobkova K.S., Tuzhilkina V.V., Sen'kina S.N., Galenko E.P., Zagirova S.V. *Ekologo-fiziologicheskie osnovy produktivnosti sosnovykh lesov evropeyskogo severo-vostoka* [Ecological and Physiological Bases of Pine Forest Productivity of the European North-East]. Syktывkar, 1993. 176 p.
12. 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, pp. 30–35.
13. Tyurin A.V. *Osnovy variatsionnoy statistiki v primenenii k lesovodstvu* [Fundamentals of Variation Statistics as Applied to Forestry]. Moscow; Leningrad, 1961. 103 p.

14. Nadutkin V.D., Modyanov A.N. Nadzemnaya fitomassa drevesnykh rasteniy v sosnyakh zelenomoshnykh [Overground Phytomass of Woody Plants in the Moss Pine Forests]. *Voprosy ekologii sosnyakov Severa: tr. Komi fil. Akad. nauk SSSR* [The Issues of the Pine Forest Ecology of the North: Proc. of the Komi Branch of the Academy of Sciences of the USSR]. Syktyvkar, 1972, no. 24, pp. 70–80.

15. Feklistov P.A. *Ekologicheskie zakonomernosti rosta severotaezhnykh sosnyakov kak teoreticheskaya osnova povysheniya ikh produktivnosti i ratsional'nogo ispol'zovaniya: avtoref. dis. ... d-ra s.-kh. nauk* [Environmental Laws of Growth of North Taiga Pine Forests as a Theoretical Basis to Enhance Their Productivity and Rational Use: Dr. Agric. Sci. Diss. Abs.]. Yekaterinburg, 1997. 40 p.

16. Bobkova K.S., Galenko E.P. *Bioproduktsionnyy protsess v lesnykh ekosistemakh Severa* [Biological Production Processes in the Forest Ecosystems of the North]. Moscow, 2001. 270 p.

17. Feklistov P.A., Evdokimov V.N., Evdokimova E.V., Fedyaev A.L., Samylov D.E., Zubakha S.I. Osobennosti sosnyakov lesoparka "Yagry" [Features of Pine Forests of the Yagry Park]. *Vestnik Pomorskogo universiteta. Ser.: Estestvennye nauki*, 2011, no. 1, pp. 89–95.

doi: 10.17238/issn 2227-6572.2016.4.47

Aleksandr N. Sobolev*, Pavel A. Feklistov**

*Solovetsky State Historical and Architectural and Natural Museum-Reserve
(Solovki, Arkhangelsk region, Russian Federation)

**Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russian Federation)

NEEDLE SPAN OF LIFE AND BIOMETRIC PARAMETERS IN A MYRTILLUS PINE FOREST (BOLSHOI SOLOVETSKY ISLAND)

The paper analyzes the needle span of life and biometrics in the pine plantations of the Solovetsky Islands as well as their variability under the influence of various factors. The needle span of life is up to 6 years. The main part of needles (up to 90 %) is of the current year and of the age of 1–3 years. The needles span of life depends on the position in the crown and on the inventory parameters of a tree: the needles of the greatest longevity are in the middle of the crown; an increase in age, height and diameter of a tree decreases the needles span of life. The average values are calculated: the area of needles is 109.51 ± 1.70 square mm, the length is 29.20 ± 0.32 mm. Needles in the crown become smaller from top downward. The growth of a tree causes the increase of the needle sizes. Illumination is the main reason of the variation of needle span of life and biometrics: with its increasing (higher rates of photosynthesis) the longevity becomes shorter, but the sizes grow. Long-term dynamics of needle sizes is determined by the weather conditions: an increase of temperatures leads to a reduction of the needle biometrics; an increase of precipitation up to a certain extent leads to the increase of these parameters. The reasons are the relatively dry soil conditions and "draining" as a result of thawing in the winter. The biggest influence on the change in needle size has the warm season. Most of the changes in the needles span of life and biometrics are non linear. The index of needle surface in the studied pine forests corresponds to the lower limit for the boreal pine forests (4.5 ha/ha), which is due to more severe environmental conditions.

Keywords: pine plantation of the Solovetsky Islands, assimilation apparatus of coniferous trees, needle span of life, needle biometric parameter.

Received on February 19, 2016

Поступила 19.02.2016

Corresponding author: Pavel Feklistov, address: Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: feclistov@narfu.ru.

For citation: Sobolev A.N., Feklistov P.A. Needle Span of Life and Biometric Parameters in a Myrtillus Pine Forest (Bolshoi Solovetsky Island). *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Estestvennye nauki*, 2016, no. 4, pp. 47–56. doi: 10.17238/issn 2227-6572.2016.4.47.