

С.А. Комолова, Л.Е. Дмитричева

**МОНИТОРИНГ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ХВОИ
ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ (*PICEA ABIES* (L.) KARST) НА ВАЛААМСКОМ
АРХИПЕЛАГЕ**

S.A. Komolova, L.E. Dmitricheva

**MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF COMMON SPRUCE (*PICEA
ABIES* (L.) KARST) NEEDLES MONITORING IN VALAAM ARCHIPELAGO**

Дана характеристика растительности и экотопа двух лесных участков на Валаамском архипелаге. Подробное внимание уделено характеристикам почвенного покрова, особенностям микроклимата, состоянию древостоя ели. Приведено описание изменения морфометрических характеристик хвои ели с 2008 по 2011 г. Показано, что в двух исследованных типах леса сухая масса хвои ели уменьшается от первого яруса к нижнему ярусу древостоя. Для сообщества, развивающегося на побережье Ладожского озера, сухая масса хвои выше для всех ярусов древостоя.

Ключевые слова: морфометрические характеристики хвои, продолжительность жизни хвои, мониторинг, ель европейская, еловые и сосново-еловые леса, буроземы, микроклимат, Валаамский архипелаг.

The plant communities and ecotope of two forest monitoring territories in Valaam archipelago were described. The investigation of soil, microclimate, spruce stand of trees was carried out. The morphometric characteristics of common spruce needles had been studied from 2008 to 2011. The decrease needles dry mass from crown to shrub layer is shown in two forest types. The needles dry mass of Ladoga shore forest communities is more than the needles dry mass of second monitoring territory for all stand layers.

*Key words: morphometric characteristics of needles, needles longevity, monitoring, common spruce (*Picea abies* (L.) Karst), spruce and pine-spruce forests, brown soil, microclimate, Valaam archipelago.*

Для биоиндикации хвойных пород в разных регионах России, Европы используют морфологические признаки, которые подразделяют на макроскопические и микроскопические [15]. К макроскопическим изменениям относят изменение окраски хвои, некрозы, опадение хвои, изменение морфометрических характеристик хвои, изменение направления роста, ветвления и др.; к микроскопическим изменениям — изменения на тканевом и клеточном уровнях [31, 2]. Морфометрические характеристики хвои отражают динамику развития древостоя. Среди экологических факторов, которые оказывают влияние на морфометрические характеристики хвои, можно выделить две большие группы: экотопические и фитоценотические. Экотопический фактор понимается нами как воздействие элемента абиотической среды, не зависящее от характеристик фитоценоза, на растения. Под фитоценотическими факторами подразумеваются воздействия живых организмов друг на друга. Исследуя параметры хвои, особенности побегов деревьев, можно прогнозировать будущее состояние лесной

растительности определенного региона. Наиболее достоверные и важные данные могут быть получены в ходе долговременных мониторинговых исследований на стационарных пробных площадях при комплексном исследовании характеристик хвой и подробных характеристик растительности и условий экотопа.

Еловые леса являются одним из наиболее ценных объектов для изучения структуры и динамики наземных экосистем. В отношении ели накоплен наибольший объем научной информации по сравнению с другими древесными породами [21, 8, 22, 6]. На территории Карелии еловые леса формируют большое разнообразие типов леса в разных экотопических условиях.

Особенности почвообразования на Валаамском архипелаге связаны со своеобразным химическим составом почвообразующих пород и расчлененным денудационно-тектоническим рельефом. В качестве почвообразующих пород на Валааме встречается, в основном, переотложенный элюво-делювий, который является продуктом древнего выветривания габбро-диабазов. Элюво-делювий образует маломощный (40–60 см) мелкоземисто-щебнисто-дресвянистый чехол, покрывающий поверхность селг. На крутых возвышенностях и скальных берегах рыхлые отложения или отсутствуют, или представлены слоем мощностью 20–30 см; формирующиеся в таких условиях почвы отличаются высокой скелетностью [13, 14].

На выходах кристаллических пород, приуроченных к вершинам гряд и высоким скалистым берегам, происходит формирование примитивных торфянистых почв. Образование таких почв связано с дополнительным увлажнением, поэтому они приурочены к западинам на грядах, где застаиваются дождевые воды. Чем глубже западина, тем больше мощность органогенного слоя, который по степени трансформации растительного опада может подразделяться на несколько подгоризонтов. Торфянистые горизонты имеют кислую реакцию среды. Содержание органического вещества в нижних слоях падает вследствие минерализации растительных остатков и увеличения минеральных частиц. Процессы трансформации опада заторможены из-за бедности его зольными элементами.

В хорошо дренированных условиях, на вершинах и верхних частях склонов селг формируются буроземы и подбуры. Эти почвы образуются на выходах массивно-кристаллических пород основного состава. Буроземы и подбуры имеют общие характеристики: малую мощность (30–60 см), высокую щебнистость профиля, интенсивную красно-бурю окраску минеральных горизонтов, хорошо выраженную комковато-копрогенную структуру, высокое содержание гумуса фульватной природы, кислую реакцию, значительную емкость поглощения, очень высокое содержание валового железа. Моренные, озерно-ледниковые и озерные отложения занимают склоны, низкие равнины и ложбины между селгами. Такие отложения имеют кислый силикатный состав, характерный для Карелии, нередко они включают продукты выветривания габбро-диабазов и вследствие этого в них повышенное содержание оксидов Fe, Ti, P, Ca и Mg [13, 14]. На этих отложениях происходит формирование подзолистых почв. Все это обусловило резкую контрастность условий по микроклимату, водообеспеченности, многообразию почв и пестроту почвенного покрова, богатство флористического состава, формирование своеобразных типов леса на архипелаге. Хвойные леса Валаамского архипелага сохраняют черты девственных таежных лесов и характеризуются значительным возрастом древостоя (до 300 лет).

Данное исследование является частью проекта по мониторингу водных и наземных сред, проводимого Учебно-научной станцией «Валаам» РГГМУ на территории природного парка «Валаамский архипелаг» [17, 18]. Существует ряд работ, посвященных исследованию динамики сосновых и сосново-еловых лесов Валаама, разнообразию типов леса архипелага [4, 5]. Нами был выполнен предварительный анализ морфометрических характеристик хвой ели на архипелаге, разработана и описана методика сбора хвой [10].

Целью данного исследования является выявление различий фитоценоза и экотопа исследуемых участков, включая морфометрические характеристики хвой ели.

Задачи исследования:

1. Сравнительный анализ двух участков по характеристикам растительности, почв и микроклимата.
2. Сравнительный анализ морфометрических характеристик хвой ели на двух исследуемых участках.
3. Мониторинг морфометрических характеристик хвой ели с 2008 по 2011 г.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в июне и сентябре с 2009 по 2012 г. на территории природного парка «Валаамский архипелаг» на двух пробных площадях размером $20 \times 20 \text{ м}^2$ (рис. 1).

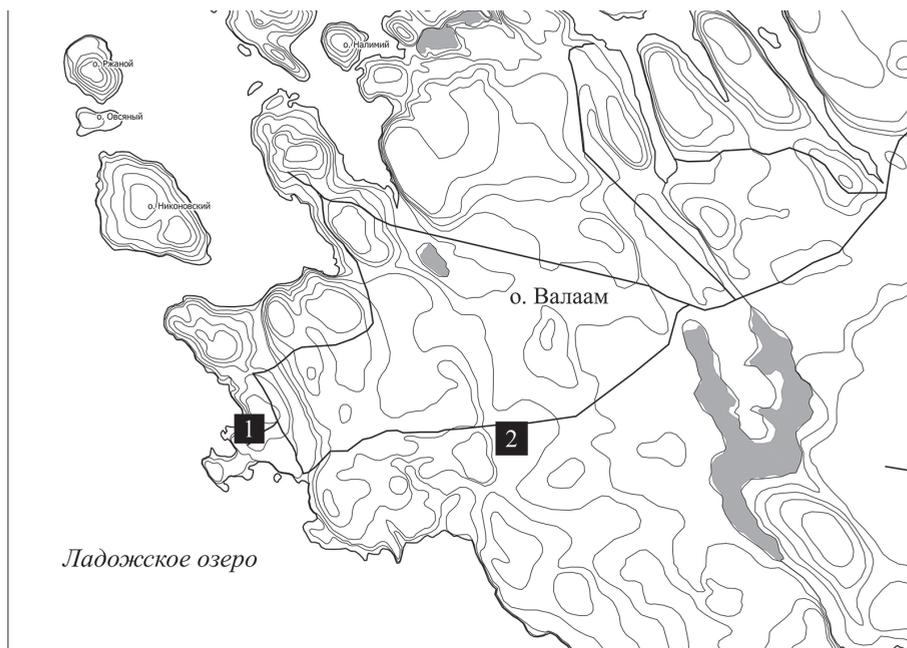


Рис. 1. Карта-схема размещения участков мониторинга на Валаамском архипелаге (№ 1 – первый участок, № 2 – второй участок).

Первая пробная площадь (№ 1) является участком для долговременных мониторинговых исследований. Вторая пробная площадь (№ 2) была выбрана для сопоставления результатов исследований морфометрических характеристик хвои. На каждой пробной площади были отобраны почвенные образцы для химических анализов. Всего обработано 23 почвенных образца. Было определено содержание органического углерода по методу Тюрина в горизонте A_1 , произведена оценка рН водного и солевого растворов каждого горизонта (табл. 2, 3) [20]. Для определения возраста у мониторинговых деревьев были взяты керны древесины. Определен бонитет по площади сечения ствола (табл. 4), для подростка ели бонитет определен по бонитировочным шкалам М.М. Орлова по средней высоте деревьев и среднему возрасту [7]. На каждом участке было выполнено полное геоботаническое описание. Для древостоя определены высота, состав, сомкнутость крон, окружность и диаметр стволов, сумма площадей поперечных сечений стволов, количественно оценено возобновление древостоя. Был описан подлесок, травяно-кустарничковый и моховый ярусы, отмечено количество валежа, особенности микрорельефа и следы антропогенной деятельности.

Для взятия проб хвои на пробных площадях было выбрано по три средних по таксационным показателям дерева первого и второго яруса ели и три средних дерева подростка [12]. С каждого дерева с помощью секатора для обрезки было взято по три образца с ветвей второго порядка, среднего размера, из средней части кроны в пределах азимута 45–315 градусов [22]. Сбор хвои проводили при относительно одинаковых погодных условиях, каждый сбор сопровождался измерением влажности и температуры воздуха на высоте 50 см и 200 см от поверхности земли и измерением скорости ветра с 2010 по 2012 г. (табл. 2). В июле 2010 г. и июне 2012 г. проведены суточные измерения температуры воздуха, влажности воздуха, температуры на почве, скорости ветра (табл. 3).

Для анализа в лаборатории образцы хвои отбирали за два последних года прироста с ветвей второго порядка. Для каждого года отбирали по 8 хвоинок (хвоя одного витка спирали) [25] из средней части годичного побега. В основном, для анализа была взята хвоя теневого типа. У каждой хвоинки была измерена длина, ширина и толщина, измерен общий вес 8 отобранных хвоинок с каждого года прироста. Длину и ширину хвоинки измеряли с помощью микроскопа серии МСП-1, толщину измеряли, используя микрометр МК 25. Всего было проанализировано 3500 хвоинок. Для выяснения значений показателя веса сухого вещества была произведена сушка хвои (режим сушки 24 часа в сушильном шкафу при 105 °С), и повторное взвешивание.

Результаты и обсуждение

В ходе исследований были проанализированы особенности экотопа и растительности для двух участков мониторинга. Первый участок расположен на территории Учебно-научной станции «Валаам» в 20 м от берега Ладожского озера (рис. 1) на верхней части склона. На участке хорошо выражен микрорельеф: выступающие на поверхности валуны, пристволовые повышения. Почвенный покров неоднороден, в основном — примитивные грубогумусные и торфянистые почвы (литоземы) мощностью в несколько сантиметров и буроземы мощностью до 60 см. Органогенные горизонты залегают

на выходах кристаллических пород. В более крупных понижениях, где происходит дополнительный приток влаги, формируются торфяные почвы.

Второй участок удален от берега Ладожского озера и расположен внутри большого лесного массива ближе к пониженной центральной части архипелага. Почвенный покров участка сформирован на песчаных озерно-ледниковых отложениях и представлен сочетаниями торфянистых слабо подзолистых почв и торфяно-перегнойных почв.

Для всех рассматриваемых почв характерно наличие таких горизонтов, как подстилка, торфянистый мощностью от 5 до 15 см, грубогумусный мощностью от 2 до 7 см. Реакция среды верхних горизонтов кислая, рН 4,4–4,1, содержание органического вещества в торфяных и перегнойных горизонтах колеблется в пределах 31,2–40,2 %, в грубогумусном горизонте буроземов достигает 15,4 %, в торфяно-перегнойной почве – 8,4 %.

*Таблица 1***Основные характеристики почв на двух участках мониторинга Валаамского архипелага**

Почва	Горизонт	С общ %	рН вод	рН сол
Торфянисто-перегнойная	О	34,6	4,2	3,5
	Т	31,2	4,4	3,6
	Н	9,9	4,7	3,7
	АС	4,7	5,0	3,8
Бурозем грубогумусный	О	40,2	4,3	3,5
	А	15,4	4,1	3,3
	Bmf _{eh}	5,5	4,4	3,5
Торфяно-перегнойная*	Т	31,7	4,4	3,3
	Н	8,4	4,1	3,1

Примечание. Данные для торфяно-перегнойной почвы приведены по Матинян, Урусевской (1999), для остальных почв по данным авторов.

Два исследуемых участка отличаются также по характеристикам микроклимата (табл. 2, 3). В ходе суточных наблюдений выявлены различия в суточной динамике прогревания воздуха и почвы для двух участков. Для первого участка 3 июня 2012 г. средняя суточная температура воздуха была выше и составила +9,4 °С и +9,1 °С соответственно. Средняя суточная температура на почве отличалась незначительно. Из рис. 2 видно, что на втором участке суточная амплитуда воздуха была выше, чем на первом участке. На первом участке очень сильное влияние на изменение температуры в течение суток оказывает Ладожское озеро. Максимальная температура на почве отмечена для первого участка в 13.00 (+10,6 °С), для второго участка в 19.00 (+8,6 °С); в целом, второй участок прогревается медленнее и медленнее остывает.

Из рис. 2 видно, что на втором участке суточная амплитуда воздуха была выше, чем на первом участке. На первом участке очень сильное влияние на изменение температуры в течение суток оказывает Ладожское озеро. Максимальная температура на почве

отмечена для первого участка в 13.00 (+10,6 °С), для второго участка в 19.00 (+8,6 °С); в целом, второй участок прогревается медленнее и медленнее остывает.

Таблица 2

Средние характеристики экотопа двух участков мониторинга
Валаамского архипелага (2010–2012 г.)

Месяц наблю- дения	Микроклиматические				Почвенные (горизонт А ₁)			
	t возд*, °С		влажность воздуха*, %		рН вод		рН сол	
	Участок 1	Участок 2	Участок 1	Участок 2	Участок 1	Участок 2	Участок 1	Участок 2
Июнь	14,19	15,20	66	54	3,8	4,4	2,9	3,3
Сентябрь	14,33	13,61	85	76	3,7	4,1	2,8	3,1

*измерения проводили на высоте 2 м. Участок №1 (Елово-сосняк разнотравно-вей-никово-зеленомошный); Участок №2 (Ельник чернично-сфагново-зеленомошный).

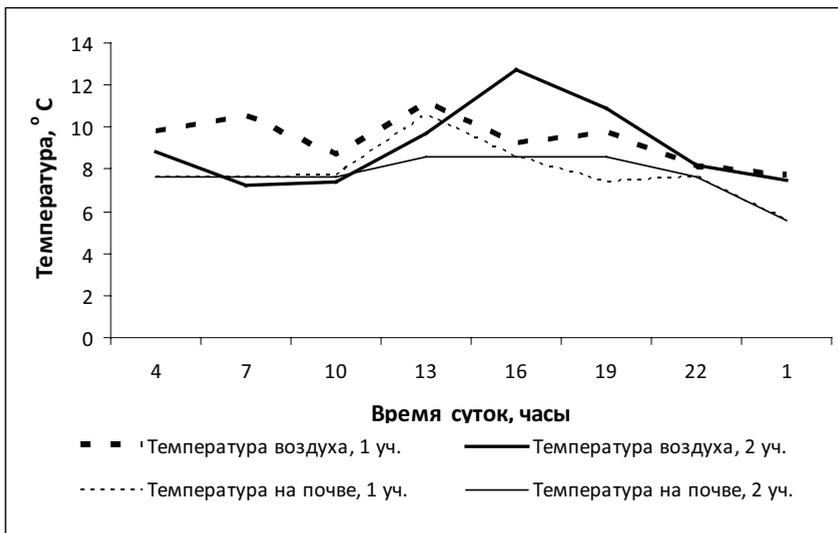


Рис. 2. Изменения температуры воздуха и на почве в течение суток для двух участков мониторинга Валаамского архипелага (3 июня 2012 г.).

Из рис. 3 видно, что абсолютные значения влажности воздуха на двух участках мониторинга отличаются незначительно, но суточный ход влажности имеет свою специфику. Минимальное значение влажности воздуха (75,9 %) отмечено в 16 ч на втором участке, это соответствует максимальной температуре воздуха, отмеченной в это же время (табл. 3). Важно отметить, что средние значения влажности воздуха с 2010 по 2012 г., измеряемой при взятии образцов хвои, отличаются для двух участков как для июня, так и для сентября (табл. 2). Для второго участка эти значения влажности ниже.

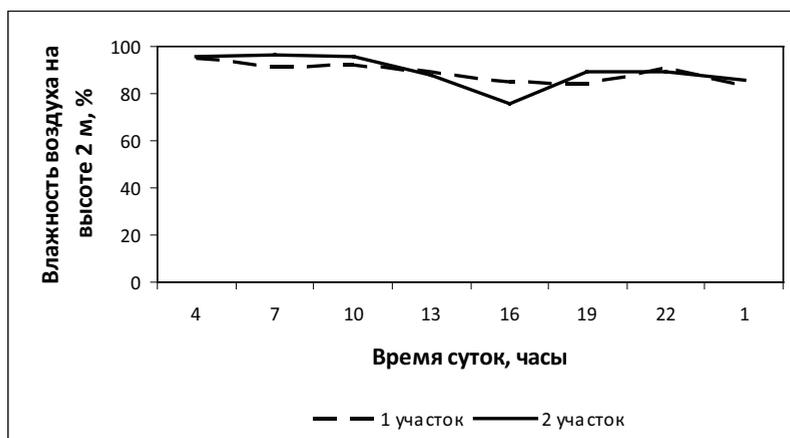


Рис. 3. Изменение влажности воздуха на высоте 2 м в течение суток для двух участков мониторинга Валаамского архипелага (3 июня 2012 г.).

Таблица 3

**Характеристики микроклимата двух участков мониторинга Валаамского архипелага
(суточные наблюдения от 3 июня 2012 г.)**

Номер участка мониторинга	Температура воздуха на высоте 2 м (°C)			Температура на почве (°C)			Влажность воздуха на высоте 2 м (%)		
	средняя	макс.	мин.	средняя	макс.	мин.	средняя	макс.	мин.
Участок 1	9,4	11,1	7,7	7,8	10,6	5,6	89,0	95,2	83,7
Участок 2	9,1	12,7	7,2	7,7	8,6	5,6	89,3	96,3	75,9

На основе динамической системы типологии леса первый участок представляет собой елово-сосняк разнотравно-вейниково-зеленомошный [5]. Второй участок охарактеризован, как ельник чернично-сфагново-зеленомошный. Средний возраст древостоя для ели на двух участках является одинаковым 135–136 лет, средний возраст второго яруса для ели на втором участке выше (табл. 4). Интерес представляет различие в бонитете (оценке жизненности ели): для второго участка он выше (4,0), что свидетельствует о лучшей жизненности ели (для первого участка бонитет составляет (2,4). Средний диаметр ствола ели, средняя высота деревьев первого яруса выше для второго участка. Это связано с различием в дренированности территории, лучшими условиями увлажнения, меньшим развитием процессов выноса из почв биогенных элементов. На более влажных и богатых элементами питания почвах для ели характерны наибольший диаметр ствола, большая высота, и, соответственно, высокие оценки жизненности для любого возраста ели [23]. Отмечено отличие в значениях сомкнутости крон: для первого участка она составляет 0,5, для второго участка 0,8, что характеризует большее затенение на втором участке под пологом древостоя. Плотность древостоя для первого и второго ярусов на первом участке выше, чем на втором участке мониторинга (табл. 4). Для первого участка число деревьев ели и сосны первого яруса составляет вместе 450

деревьев на га, на втором участке в ельнике число деревьев ели – 250 на гектар, единично на втором участке отмечены береза и ольха черная в первом ярусе древостоя. Важно отметить, что для первого участка характерны вывалы сосен и елей, связанные с сильными ветрами с Ладожского озера, в результате чего образуется много окон в пологе древостоя. Поэтому освещенность под пологом для первого участка выше, чем для второго. На основе подробного общего анализа два участка мониторинга отнесены к двум разным динамическим типам леса [4, 5].

Таблица 4

Средние характеристики древостоя двух участков мониторинга на Валаамском архипелаге

Ярусы древостоя	Участок №1			Участок №2		
	1 ярус	2 ярус	Подрост	1 ярус	2 ярус	Подрост
Высота ели, м	16,5	12,0	5,5	21,0	15,0	3,0
Диаметр ствола ели, см	21,2	13,1	6,1	32,9	18,3	4,3
Возраст ели, годы	136	66	30	135	110	25
Бонитет, класс	2,4	1,4	V	4,0	2,0	V
Количество деревьев ели на га	175	325	850	250	425	1525
Количество деревьев сосны на га	275	50	-	-	-	-
Сомкнутость крон, в долях от единицы	0,5			0,8		

В табл. 5 приведены полные описания травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов для участков мониторинга. Общее количество высших сосудистых растений составляет 29 видов, первый участок является более богатым по видовому составу, на нем описано 23 вида по сравнению со вторым участком, видовой состав представлен 17 видами. Общее проективное покрытие и общее проективное покрытие мохово-лишайникового ярусов очень сходны для обоих участков описания. В ельнике чернично-сфагново-зеленомошном травяно-кустарничковый ярус является более разреженным и его проективное покрытие составляет 15 % (для первого участка проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 45 %) . Это соответствует различиям в оценках сомкнутости крон древостоя (табл. 4).

За период с 2008 по 2011 г. были подробно проанализированы изменения морфометрических характеристик хвои ели для двух участков мониторинга (табл. 6). Для первого участка средний показатель длины хвоинки является более высоким и составляет 14,6 мм, для второго участка 13,5 мм. От первого яруса древостоя ели к ярусу подроста отмечено снижение длины хвоинки на двух участках мониторинга. Это связано со снижением освещенности к нижним ярусам древостоя [9, 10]. Выявлено сильное варьирование показателя длины с 2008 по 2011 г. Вероятно, в данных разных условиях экотопа Валаамского архипелага этот показатель наиболее связан с изменением климатических факторов по годам. Для подробного анализа необходимы исследования характеристик длины хвои продолжительного ряда наблюдений за 10–15 лет.

Характеристика травяно-кустарничкового яруса участков мониторинга на Валаамском архипелаге

Виды	Проективное покрытие для участка № 1 (%)	Проективное покрытие для участка № 2 (%)
Общее проективное покрытие (ОПП)	70	75
ОПП травяно-кустарничкового яруса	45	15
1. <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	8	3
2. <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	8	2
3. <i>Angelica sylvestris</i> L.	5	–
4. <i>Avenella flexuosa</i> (L.) Drej.	7	–
5. <i>Linnaea borealis</i> L.	10	3
6. <i>Luzula pilosa</i> (L.)Willd.	4	1
7. <i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth.	25	1
8. <i>Fragaria vesca</i> L.	4	–
9. <i>Majanthemum bifolium</i> (L.) F.W.Schmidt	1	2
10. <i>Convallaria majalis</i> L.	2	–
11. <i>Trientalis europaea</i> L.	2	1
12. <i>Melampyrum sylvaticum</i> L.	3	2
13. <i>Solidago virgaurea</i> L.	3	1
14. <i>Rubus saxatilis</i> L.	4	–
15. <i>Hieracium murorum</i> L.s.l. (incl.H.bifidum Kit.s.l.)	1	1
16. <i>Veronica chamaedrys</i> L.	1	–
17. <i>Calluna vulgaris</i> L.	1	–
18. <i>Carex globularis</i> L.	–	5
19. <i>Oxalis acetosella</i> L.	–	1
20. <i>Goodyera repens</i> (L.) R. Br.	2	2
21. <i>Viola canina</i> L.	1	–
22. <i>Veronica officinalis</i> L.	1	–
23. <i>Pyrola rotundifolia</i> L.	1	–
24. <i>Orthylia secunda</i> (L.) House	–	1
25. <i>Polypodium vulgare</i> L.	1	–
26. <i>Gymnocarpium dryopteris</i> (L.) Newn.	–	1
27. <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop	1	–

Виды	Проективное покрытие для участка № 1 (%)	Проективное покрытие для участка № 2 (%)
28. <i>Equisetum sylvaticum</i> L.	–	1
29. <i>Lycopodium annotinum</i> L.	–	1
ОПП мохово-лишайникового яруса	70	60
1. <i>Cladina rangiferina</i> (L.) Nyl.	1	–
2. <i>Sphagnum girgensohnii</i> Russ.	–	25
3. <i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	20	15
4. <i>Polytrichum commune</i> Hedw.	5	10
5. <i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) B.S.G.	45	1
6. <i>Ptilium crista-castrensis</i> (Hedw.) De Not.	5	1
7. <i>Aulacomnium palustre</i> (Hedw.) Schwaegr.	1	–
8. <i>Pohlia</i> sp. Hedw.	1	–
9. <i>Plagiothecium cavifolium</i> (Brid.) Iwats.	1	–
10. <i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	2	–
11. <i>Tortula ruralis</i> (Hedw.) Crome	–	1
12. <i>Drepanocladus intermedius</i> (Lindb.) Warnst.	–	1
13. <i>Plagiothecium laetum</i> B.S.G.	1	1
14. <i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst.	–	1

Средний показатель ширины хвоинки является практически одинаковым для двух участков и стабильным в течение всего периода наблюдений. Для яруса подроста второго участка, который характеризуется меньшей освещенностью под пологом, ширина хвоинки составляет 2,2 мм. Это выше, чем на первом участке (2,1 мм). Для первого и второго ярусов показатели ширины одинаковы для двух участков. Средний показатель толщины хвои ели выше для первого участка мониторинга (0,48 мм). Максимальное среднее значение толщины отмечено для первого яруса древостоя ели и составляет 0,56 мм. Также для первого участка отмечена тенденция увеличения толщины хвои от яруса подроста к первому ярусу древостоя, для второго участка средняя толщина по годам исследований является практически одинаковой для всех ярусов. Это может быть связано с тем, что показатель толщины хвои сильно связан с особенностями года сбора, количеством осадков, температурным режимом.

Средний показатель сухой массы хвои ели для первого участка составляет 0,022 г, для второго участка 0,017 г за период с 2008 по 2011 г. (табл. 6). Отмечено достоверно снижение сухой массы хвои от первого яруса к нижним ярусам древостоя на двух

участках для каждого года в течение всего периода исследования [9, 10]. Из рис. 2 хорошо видно, что эта закономерность является практически одинаковой для двух участков мониторинга. Для первого участка средняя сухая масса хвои подроста намного ниже сухой массы хвои второго яруса по сравнению с изменениями по ярусам на втором участке. Это может быть связано с более высоким возрастом подроста на первом участке и особенностями экотопа этого участка. На менее мощных почвах конкуренция между разными ярусами древостоя проявляется более сильно, и это отражается на продуктивности древостоя ели.

Таблица 6

Средние морфометрические характеристики хвои ели европейской для двух участков мониторинга Валаамского архипелага (период исследования – с 2008 по 2011 г.)

Морфометрическая характеристика хвои	Ярус древостоя	Участок 1	Участок 2
Длина, мм	1 ярус	14,7	14,3
	2 ярус	15,3	13,7
	Подрост	13,8	12,6
	Среднее значение	14,6	13,5
Ширина, мм	1 ярус	2,1	2,1
	2 ярус	2,2	2,2
	Подрост	2,1	2,2
	Среднее значение	2,1	2,2
Толщина, мм	1 ярус	0,56	0,41
	2 ярус	0,49	0,43
	Подрост	0,40	0,42
	Среднее значение	0,48	0,42
Сухая масса для 8 хвоинок, г	1 ярус	0,025	0,019
	2 ярус	0,023	0,017
	Подрост	0,018	0,014
	Среднее значение	0,022	0,017
Продолжительность жизни хвои, лет		9–12	11–15

Получены значения продолжительности жизни хвои для ели на участках мониторинга и прилегающей территории. Для первого участка мониторинга Валаамского архипелага варьирование продолжительности жизни хвои составило от 9 до 12 лет, для второго участка от 11 до 15 лет (табл. 6). Характерная продолжительность жизни хвои ели в фоновых условиях составляет 11 лет для Северо-Запада России [16]. Существуют исследования, которые показывают, что продолжительность жизни хвои для ели в других регионах связана с особенностями почвенных условий и составляет максимально 9–10 лет [28]. Из литературы известно, что с увеличением возраста дерева

ели продолжительность жизни хвои увеличивается, также возраст теневой хвои выше возраста световой [26]. По данным многих исследований, высокая продолжительность жизни хвои является показателем экологической чистоты территории [27]. На загрязненных территориях сокращается продолжительность жизни хвои, уменьшается длина и масса ассимилирующих органов хвойных пород [29, 19, 30].

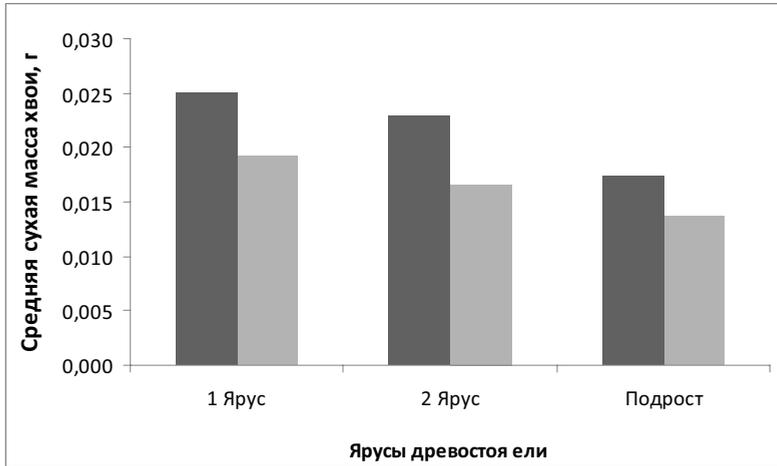


Рис. 4. Распределение по ярусам древостоя средней сухой массы хвои ели с 2008 по 2011 г. для двух участков мониторинга, сухая масса оценена в граммах для 8 хвоинок ели (более темным цветом обозначены данные для первого участка).

Был проведен сравнительный анализ продолжительности жизни хвои с данными разных исследователей (рис. 6). Для ельников высокого возраста Центрального лесного заповедника в Тверской области отмечена характерная продолжительность жизни хвои ели до 9,5 лет [22], в Новгородской области до 5 лет для ельников 75-летнего возраста [26]. Исследователи лесной станции в Эстонии приводят среднюю продолжительность жизни хвои, равной 6,1 году для деревьев ели возрастом 85 лет [26], для лесов Вишерского заповедника на Урале — до 8 лет [3]. В фоновых условиях на Кольском п-ве продолжительность жизни для хвои ели сибирской составляет 8,5 лет при среднем возрасте деревьев ели 160–180 лет [19]. Проведенные нами исследования продолжительности жизни хвои ели в Ленинградской области показали, что в среднем по области для елей разного возраста она составляет 7,5 лет. Можно сделать вывод, что средняя продолжительность жизни хвои ели на Валаамском архипелаге выше приводимых в литературе значений для других районов Северо-Запада.



Рис. 5. Карта-схема Северо-западного региона Российской Федерации с сопредельными территориями; квадратами отмечены районы, где проводили оценку продолжительности жизни хвой для ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst) и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) (район г. Мончегорска) (по нашим исследованиям и данным других авторов).

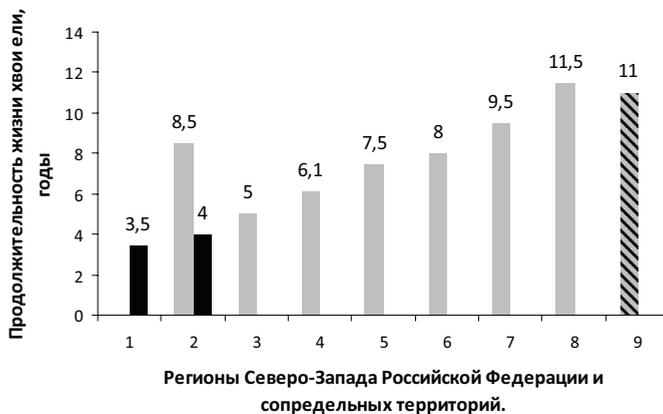


Рис. 6. Продолжительность жизни хвой ели:

1 – г. Екатеринбург, 2 – район г. Мончегорска, 3 – Новгородская область, 4 – Эстония, 5 – Ленинградская область, 6 – Вишерский заповедник (г. Тульмский камень), 7 – ЦЛБГЗ, Тверская область, 8 – Валаамский архипелаг, 9 – средняя продолжительность жизни хвой ели для России (отмечено штриховкой), (светло-серым цветом отмечены данные в фоновых условиях, черным цветом отмечены данные для загрязненных районов).

Заключение

Исследованные участки мониторинга на Валаамском архипелаге на основе анализа характеристик растительности могут быть отнесены к разным типам леса, формирующимся в различающихся условиях экотопа. Это подтверждается анализом почвенных характеристик и средними оценками параметров микроклимата участков.

Для первого участка характерен хорошо выраженный микрорельеф, лесная растительность развивается на литоземах и буроземах. Микрорельеф на втором участке выражен слабо, почвенный покров сформирован на песчаных озерно-ледниковых отложениях и представлен сочетаниями торфянистых слабо подзолистых почв и торфяно-перегнойных почв. Два исследуемых участка отличаются по характеристикам микроклимата. В ходе суточных наблюдений выявлены различия в суточной динамике температуры воздуха и почвы для двух участков. Более высокие средние оценки влажности воздуха характерны для первого участка, расположенного на побережье Ладожского озера.

Средний возраст первого яруса древостоя для ели является одинаковым на двух участках и составляет 136 лет. Для ели на втором участке мониторинга условия произрастания являются более благоприятными, бонитет ели первого яруса древостоя выше по сравнению с первым участком. На основе динамической системы типологии леса участок № 1 охарактеризован как елово-сосняк разнотравно-вейниково-зеленомошный, участок № 2 — ельник чернично-сфагново-зеленомошный.

Различие между типами леса двух участков проявляется и в средних оценках морфометрических характеристик хвои ели за четыре года исследования. Средний показатель сухой массы хвои ели для первого участка составляет 0,022 г, для второго участка 0,017 г. Отмечено снижение сухой массы хвои от первого яруса к нижним ярусам древостоя на двух участках для каждого года в течение всего периода исследования. Наибольшее варьирование характерно для длины хвоинки в разные годы наблюдений для двух участков мониторинга. Ширина является стабильным показателем в период с 2008 по 2011 г.

Получены значения продолжительности жизни хвои для ели на участках мониторинга и прилегающей территории. Выявлено, что продолжительность жизни хвои ели на Валаамском архипелаге выше приводимых в литературе значений для других регионов Северо-Запада и составляет в среднем около 11,5, максимальная выявленная продолжительность жизни хвои ели на Валаамском архипелаге составляет 15 лет.

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам Учебно-научной станции «Валаам» РГГМУ канд. биол. наук Степановой А.Б. и Бабину А.В. за всестороннюю поддержку и консультации при выполнении исследования.

Публикация осуществлена при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» (Договор № 32/09/2012).

Литература

1. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. — М.: Мир, 1988. — 348 с.
2. *Вишнякова С.В.* Лесоводственно-экологические особенности видов темнохвойных в посадках г. Екатеринбурга. Автореф. дисс.—... канд. с.-х. наук. — Екатеринбург, 2009. — 23 с.
3. *Ворончихина Е.А.* Рекультивация нарушенных ландшафтов: теория, технологии, региональные аспекты. — Пермь: ЕНИ ПГУ, 2010. — 162 с.
4. *Герасименко Г.Г., Комолова С.А.* Сосновые леса Валаамского архипелага. // Вестн. СПбГУ, 1993, сер. 3, вып. 1., с. 45–55.
5. *Герасименко Г.Г., Комолова С.А., Прошкина Ю.В.* О развитии сосново-еловых лесов Валаамского архипелага. // Бот. Журн., 1995, т. 80, № 8, с. 19–28.
6. *Дыренков С.А.* Структура и динамика таежных ельников. — Л.: Наука, 1984. — 176 с.
7. *Ипатов В.С., Мирин Д.М.* Описание фитоценоза. Методические рекомендации. — СПб., 2008. — 70 с.
8. *Казимиров Н.И.* Ельники Карелии. — Л.: Наука, 1971. — 140 с.
9. *Комолова С.А., Лебедева Н.В.* К изучению морфометрических характеристик хвой ели европейской (*Picea abies* (L.)Karst) на Валаамском архипелаге. // Ученые записки РГГМУ, 2012, № 23, с. 126–137.
10. *Комолова С.А., Лебедева Н.В.* Мониторинг лесов Валаамского архипелага: использование морфометрических характеристик хвой ели европейской (*Picea abies* (L.)Karst)). Тезисы VI междунар. научн конф. « Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон», Экогидромет, 2012, с. 73–74.
11. *Кучко А.А. и др.* Экосистемы Валаама и их охрана. — Петрозаводск: Карелия, 1989. — 199 с.
12. *Лебедева Н.В., Комолова С.А.* Мониторинг лесных участков на территории Валаамского архипелага: первый этап программы исследований. В Сб. Географическое изучение территориальных систем. Тез.докл. IV Всероссийской научно-практ. Конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Кн. 1. — Пермь, 2010, с. 264–268.
13. *Матинян Н.Н., Урусевская И.С.* Почвы острова Валаам. — СПб.: СПбГУ, 1999. — 32 с.
14. *Морозова Р.М., Лазарева И.П.* Почвы и почвенный покров Валаамского архипелага. — Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2002. — 170 с.
15. *Озолинчюс Р.* Хвойные. Морфогенез и мониторинг. — Каунас, 1996. — 338 с.
16. *Онучин А.А., Спицына Н.Т.* Закономерности изменения массы хвой в хвойных древостоях. // Лесоведение, 1995, № 5, с. 48–58.
17. *Степанова А.Б., Воякина Е.Ю.* Современное состояние акватории Валаамского архипелага, Ладожское озеро. В Сб. Труды IV Международного симпозиума по Ладожскому озеру, 2–6 сентября 2002. — Великий Новгород-СПб., 2003, с. 256–259.
18. *Степанова А.Б., Шарафутдинова Г.Ф., Воякина Е.Ю.* Гидрохимические особенности малых озер о. Валаам. // Ученые записки РГГМУ, 2010, № 12, с. 97–110.
19. *Сухарева Т.А., Лукина Н.В.* Химический состав и морфометрические характеристики хвой ели сибирской на Кольском полуострове в процессе деградационной сукцессии лесов. // Лесоведение, 2004, № 2, с.36–43.
20. Теория и практика химического анализа почв. / Под ред. Л.А.Воробьевой. — М., 2006. — 299 с.
21. *Толмачев А.И.* К истории возникновения и развития темнохвойной тайги. — М.- Л., 1954. — 156 с.
22. *Трескин П.П.* Анализ структуры ассимиляционного аппарата кроны ели. / Факторы регуляции экосистем еловых лесов. — Л.: Наука, 1983, с. 97–111.
23. *Усольцев В.А.* Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии. Методы, база данных и ее приложения. — Екатеринбург, 2007. — 635 с.
24. *Уткин А.И., Ермолова Л.С., Уткина И.А.* Площадь поверхности лесных растений: сущность, параметры, использование. — М.: Наука, 2008. — 291 с.
25. *Фрей Д.М., Иваск М.М.* Морфологическая изменчивость и калорийность хвоинок ели европейской вдоль годичного побега. // Лесоведение, 1983, № 4, с. 63–67.
26. *Фрей Т.Э.-А., Фрей Д.М., Ряста Э.Я.-А.* Оценка индекса листовой поверхности спелого елового древостоя по опадку. // Лесоведение, 1985, № 5, с. 17–22.
27. *Ярмишко В.Т.* Состояние ассимиляционного аппарата сосны. Особенности роста и формирования надземной фитомассы сосны. // Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова. — Л., 1990, с. 55–64.

28. *Kayama M., Satoh F., Koiko T.* Photosynthetic rate, needle longevity and nutrient contents in *Picea glehnii* growing on strongly acidic volcanic ash soil in northern Japan. // *Photosynthetica*, 2011, vol. 49, № 2, p. 239–245.
29. *Lehtio H., Junttilainen J., Jantunen M.* Visible injuries and sulphur contents of the needles of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* in the city of Kuopio and around two factories in Central Finland. // *Ann. Bot. Fennici*, 1980, № 17, p. 1–6.
30. *Ots K., Indriksons A., Varnagiryte-Kabasinskiene I. et al.* Changes in the canopies of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* under alkaline dust impact in the industrial region of Northeast Estonia. // *Forest ecology and management*, 2011, 262(2), p. 82–87.
31. *Sutinen S.* Structural changes in needle tissue of spruce trees from a damaged areas in southern Finland. // *Scand. J. For. Res.*, 1990, vol. 5, № 3, p. 403–412.