

О. М. Храмченкова, Д. Н. Дроздов, Р. И. Новиков, А. М. Савченко

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, г. Гомель, Республика Беларусь

ЗАВИСИМОСТЬ НАСЕЛЕННОСТИ СТВОЛА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ЛИШАЙНИКОМ *HYPOGYMNIA PHYSODES* (L.) NYL. ОТ ТИПА ЛЕСА, ВОЗРАСТА ДРЕВОСТОЯ И МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА КОРЫ

Для сосновых лесов юго-восточного Полесья установлен вид и параметры регрессионных зависимостей массы лишайника *Hypogymnia physodes* от величины проективного покрытия на высоте ствола сосны 90–130 см. Установлено, что тип леса и возраст насаждений обуславливают соответственно 7 % и 9 % величины вариации населенности лишайником стволов сосен. Показано, что прирост биомассы *Hypogymnia physodes* на стволах сосен наблюдается в возрасте жердняков, населенность стволов снижается к возрасту приспевающих лесов, возрастает в спелых, и снижается до нулевой отметки в перестойных, вне зависимости от типа леса. Такая динамика достоверно связана с содержанием марганца в верхнем слое коры зны соснового ствола, где обитает лишайник.

➤ **Ключевые слова:** сосновые насаждения, типы леса, классы и группы возрастов, кора сосны, *Hypogymnia physodes*, проективное покрытие, масса слоевищ, элементный состав коры.

Введение

В лесах Беларуси наиболее распространенными видами, образующими общий фон лишайниковой группировки на сосне (*Pinus sylvestris* L.), являются *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Evernia prunastri* (L.) Ach. и *Ramalina farinacea* (L.) Ach., обитающие в верхней части, *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf. и *Parmelia sulcata* Taylor в нижней части ствола. Виды рода *Cladonia*, а также *Hypocenomyce scalaris* (Ach.) M. Choisy, *Parmeliopsis ambigua* Nyl., *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale, *Platismatia glauca* (L.) Culb. & C. Culb., *Parmeliopsis* spp., *Pertusaria* spp., *Lecanora* spp. обычно поселяются на корневых лапах или прилегающих к ним участках ствола [1–3]. На стволах и ветвях сосен во всех климатических зонах доминирует *Hypogymnia physodes*. В северных бореальных лесах высока частота встречаемости некоторых других листоватых и кустистых видов, например, *Parmeliopsis ambigua* и *Platismatia glauca* [4–6].

Нами выполнена оценка запаса *Hypogymnia physodes* в сосновых лесах юго-восточного Полесья, получены зависимости удельной массы слоевищ от величины проективного покрытия [3, 7–9], однако причины широкой вариативности населенности стволов сосны лишайником не установлены. Целью настоящей работы являлся поиск зависимости населенности ствола сосны обыкновенной лишайником *Hypogymnia physodes* от некоторых свойств субстрата, обусловленных типом леса, возрастом насаждений и элементным составом верхнего слоя коры.

Методы исследований

Исследования населенности ствола сосны обыкновенной лишайником гипогимнией вздутой проводили на территории ГЛХУ «Гомельский лесхоз» в чистых сосновых насаждениях I–VII классов возраста, охватывающих весь типологический ряд: от лишайниковых до осоково-сфагновых сосняков. Здесь и далее используются следующие обозначения типов сосновых лесов: ЛШ – лишайниковый, ВЕР – вересковый, БР – брусничный, МШ – мшистый, ОР – орляковый, ЧЕР – черничный, КИС – кисличный, ПР-ТР – приручейно-травяной, ДМ – долгомошный, БАГ – багульниковый, ОС – осоковый, ОС-СФ – осоково-сфагновый. Для оценки минерального состава коры сосны пробные площади закладывали в насаждениях, охватывающих следующий гигрогенный ряд: свежие (МШ и ОР), влажные (ЧЕР и КИС) и сырые (ПР-ТР и ДМ). Для каждого типа леса закладывали 4 группы пробных площадей по группам возрастов: молодняки – II класс возраста¹ (21–40 лет), средневозрастные леса – III и IV классы (41–80 лет), приспевающие – V класс (81–100 лет), спелые – VI и VII (101–140 лет) [10]. Определение типов леса проводили по И. Д. Юркевичу [11]. Таксационные описания были предоставлены Республиканским дочерним лесоустроительным предприятием «Гомельлеспроект». Все исследования проводились на выделах, не содержащих рудеральной растительности и с выраженным напочвенным покровом.

¹ Исследования проводились в жердняках, так как в них уже произошло смыкание древостоя, установился лесной микроклимат, сформировалась лесная подстилка и напочвенный покров [10].

На каждой пробной площади выбирали 10 наиболее типичных деревьев для отбора проб лишайника и сосновой коры. Перед отбором учетную площадку – ствол сосны на высоте 1,3 м – фотографировали с двух сторон. С экспозиции ствола сосны с максимальным проективным покрытием лишайника на участке площадью 0,12 м² (30×40 см) на высоте 1,3 м срезали слоевища лишайников вместе с субстратом, а также отбирали пробы верхнего слоя коры на глубину 0,5 см. Глубина отбора коры обеспечивает характеристику субстрата существования эпифитных лишайников, а также зоны влияния капельно-жидкой воды, прошедшей сквозь крону и стекающей по стволу в виде раствора, содержащего дождевые выщелачивания из кроны и вышележащей коры данного дерева.

Проективное покрытие лишайника (в процентах) определяли программным путем, на основании фотоснимков каждого обследованного дерева с использованием программного продукта Check-Mossv.1.0. Слоевища отделяли от коры, высушивали до воздушно-сухого состояния, после чего – взвешивали. Полученные результаты использовали для определения массы лишайника, соответствующей одному проценту проективного покрытия. Пробы коры высушивали, озоляли, после чего методом атомно-абсорбционной спектроскопии определяли содержание Ca, Mg, K, Fe, Cu, Mn и Zn. Полученные данные пересчитывали на слой поверхности ствола сосны, соответствующий зоне отбора проб: ширина – 40 см, высота от комля – 130 см, глубина – 0,5 см, принимая в качестве допущения соответствие исследуемого участка ствола цилиндру. Такой подход позволяет учитывать диаметры стволов, отличающиеся в зависимости от типа лесорастительных условий и класса бонитета насаждений. Данные обрабатывали с использованием стандартного программного продукта Статистика 7.0.

Результаты и их обсуждение

Связь массы лишайника *Hypogymnia physodes* на поверхности анализируемого слоя коры сосны (у, г) с величиной проективного покрытия слоевищ (х, %) для разных типов сосновых лесов (кроме долгомошного), удовлетворительно описывается уравнениями линейной регрессии $y = ax + b$, параметры которых приведены в табл. 1.

Таблица 1
Вид зависимостей массы лишайника *Hypogymnia physodes* от величины проективного покрытия на высоте 1,3 м ствола сосны

Тип леса	Угловой коэффициент <i>a</i>	Свободный коэффициент <i>b</i>	Коэффициент регрессии R ²
ДМ	2,21	3,51	0,01 (p > 0,05)
ОС-СФ	9,32	0,02	0,89 (p < 0,05)
МШ	9,36	2,28	0,20 (p < 0,01)
ОС	10,4	0,67	0,63 (p < 0,01)
БР	10,56	0,75	0,69 (p < 0,01)
ВЕР	15,81	0,05	0,85 (p < 0,01)
БАГ	18,79	0,24	0,78 (p < 0,01)
ОР	19,39	0,86	0,67 (p < 0,01)
ЧЕР	20,81	0,96	0,32 (p < 0,01)
ПР-ТР	32,51	0,16	0,96 (p < 0,01)

Из таблицы видно, что интенсивность нарастания массы лишайника на единицу его проективного покрытия на стволе сосны в разных типах леса различна: высокая характерна для приручейно-травяного типа, средняя для группы из черничного, орлякового, багульникового и верескового типа и низкая для группы из брусничного, мшистого и осоково-сфагнового типа.

В работах [3, 8, 9] показано, что распределение величин проективного покрытия *Hypogymnia physodes* и удельных масс лишайника на стволе сосны по классам возраста в пределах близких по гигротопу типов леса не равномерно; одному проценту проективного покрытия лишайника соответствуют существенно отличающиеся массы слоевищ.

На рис. 1 представлена неоднородность распределения массы лишайника на стволе сосны по типам леса.

Наибольшая масса лишайника на поверхности анализируемого слоя сосновой коры характерны для лесов черничного, мшистого и орлякового типов, наименьшая – для лишайникового и кисличного типов. Не однородна и вариация изучаемого показателя: наибольшая степень варьирования характерна для приручейно-травяного, верескового и брусничного типов, наименьшая – для лишайникового и багульникового типов леса. В самых сухих и самых влажных типах сосняков стволы деревьев существенно меньше населены лишайником. То же можно сказать и о трофогенном ряде – сосны, произрастающие на наиболее

бедных почвах в сосняке лишайниковом и на наиболее богатых – в сосняке кисличном, примерно поровну населены *Hypogymnia physodes*. Методом однофакторного дисперсионного анализа установлено, что вариация населенности лишайником стволов сосен всего на 7 % обусловлена типом леса.

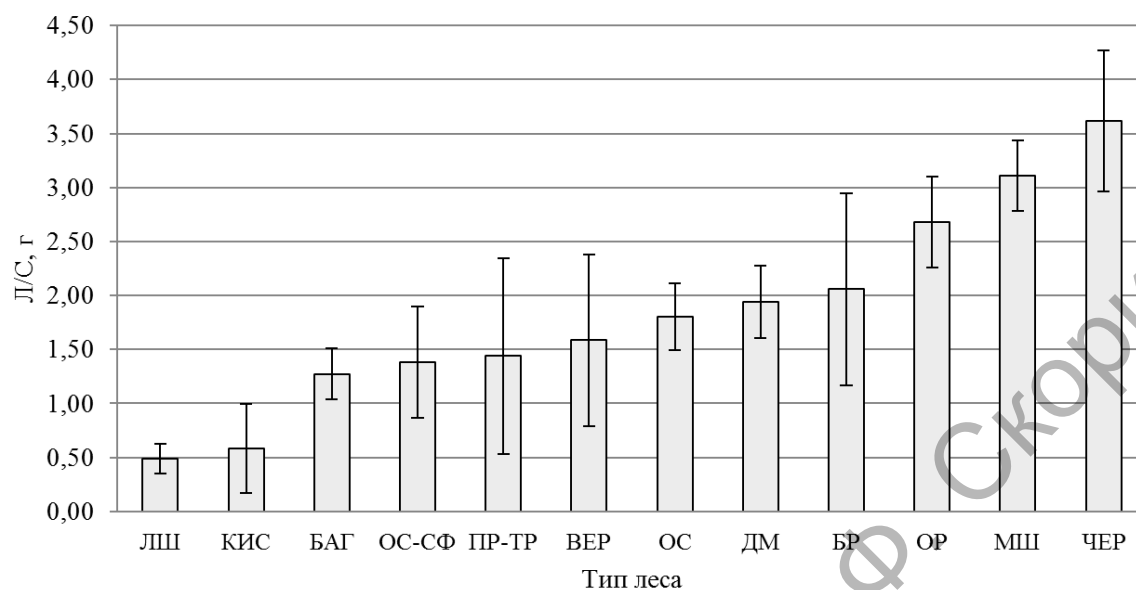


Рисунок 1 – Средняя масса лишайника *Hypogymnia physodes* на высоте 1,3 м ствола сосны в различных типах леса, г

Для близких по гигротопу типов леса ранее было показано, что проективное покрытие и удельная масса *Hypogymnia physodes* на стволе сосны линейно снижаются с увеличением класса возраста леса, достигая нулевых значений к VII классу возраста насаждений [3, 8, 9]. При объединении массивов данных по всем типам леса и использовании в расчетах фактических возрастов насаждений установлено, что масса лишайника на стволе сосны с возрастом дважды возрастает и снижается (рис. 2).

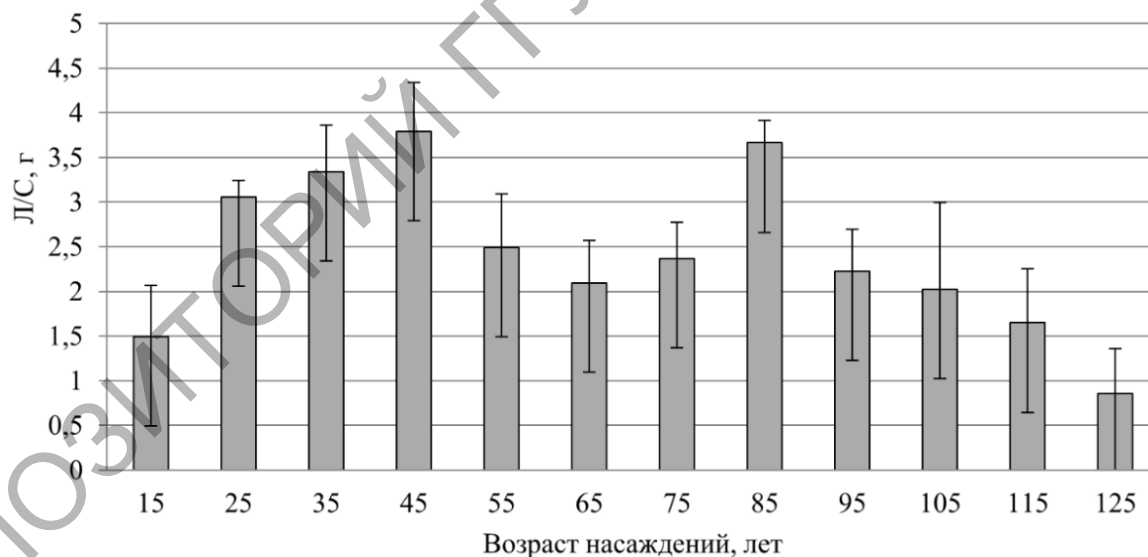


Рисунок 2 – Средняя масса лишайника *Hypogymnia physodes* на высоте 1,3 м ствола сосны в лесах различных возрастов, г

Прирост биомассы лишайника на соснах достигает максимума в возрасте жердняков, снижается к переходу из III в IV класс возраста, возрастает в приспевающих лесах, снижается к VII классу возраста, падает до нуля в перестойных лесах, вне зависимости от типа лесорастительных условий, полноты насаждений и класса бонитета. К настоящему времени в литературе нет убедительных данных, раскрывающих физиолого-экологический или лесоведческий механизм этого явления. Связана ли описанная нами возрастная динамика населенности лишайником ствола сосны с процессами есте-

ственного изреживания древостоев, развитием подроста и подлеска – сильно отличающихся в зависимости от лесорастительных условий – пока не установлено. Методом однофакторного дисперсионного анализа установлено, что возрастной фактор оказывает всего 9 % влияния на величину населенности лишайником стволов сосен.

Вариация показателя Л/С (населенность ствола сосны лишайником) определяется рядом факторов-признаков, которые позволяют произвести классификацию объектов отбора проб (деревьев) на группы, имеющие достоверное различие по набору классификационных признаков и величине Л/С. На рис. 3 представлены дендрограмма классификации проб и кривая слияния выборочных данных.

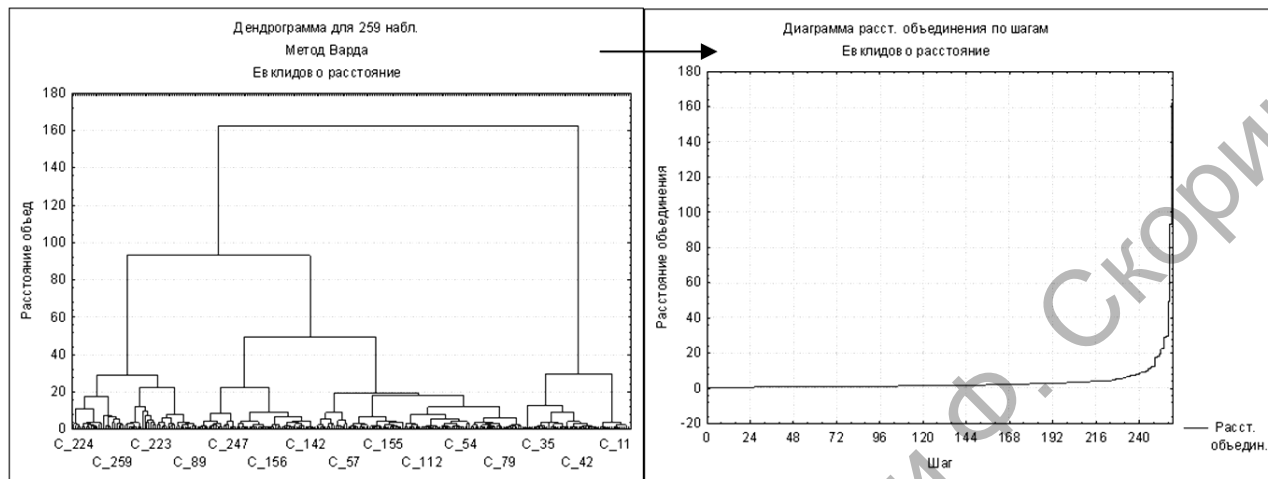


Рисунок 3 – Классификация объектов отбора проб методом Уорда

Из рис. 3 (справа) видно, что резкое изменение линии слияния находится между 256 и 259 шагом объединения, что говорит о том, что выборку можно разбить на три кластера. Таким образом, было установлено оптимальное количество групп, на которые можно распределить данные. Проверку адекватность деления выборки на кластеры выполнили k-методом средних, результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Средние показатели в выделенных кластерах

Кластер	Возраст деревьев, лет		Л/С, г	
	М	SD	М	SD
1	36,80±1,97	14,47	2,54±0,39	2,88
2	70,45±1,45	18,76	4,90±0,34	4,40
3	94,32±2,98	18,11	7,24±1,20	7,27

Из приведенных результатов видно, что каждый кластер имеет статистически достоверное различие как по среднему возрасту кластерной группы, так и по величине показателя Л/С ($p < 0,05$). Результаты кластерного анализа подтверждают наличие 3-х четко выраженных периодов в возрастной динамике показателя населенности ствола сосны лишайником (Л/С). Методом однофакторного дисперсионного анализа было оценено влияние возрастных периодов на показатель Л/С и установлено, что в данном случае возраст обуславливает 20 % вариации населенности ствола сосны лишайником. Результаты анализа приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа влияния возраста деревьев на показатель Л/С

Вариации	SS	df	MS	Фрасч.	p	F крит.
Между кластерами	1556,43	15	99,23	5,52	4,3E-10	1,70
Внутри кластеров	6226,11	350	17,98			
Итого	7782,54	365				

Поскольку возраст позволяет объяснить не более 20 % вариации показателя населенности ствола сосны лишайником (Л/С), объяснение остальной доли вариации Л/С следует искать в других причинах. Мы выбрали показатель содержания Ca, Mg, K, Fe, Cu, Mn и Zn в 0,5 см слое сосновой коры на высоте ствола 1,3 м – табл. 4.

Среднее содержание элементов в коре сосны, мг/слой

Элемент	Кластер 1		Кластер 2		Кластер 3	
	М	SD	М	SD	М	SD
Кальций	66,12±4,08	29,96	143,42±3,36	43,52	182,08±7,77	47,27
Железо	4,50±0,43	3,15	8,63±0,25	3,21	17,68±1,27	7,75
Калий	3,81±0,22	1,64	7,85±0,15	1,98	13,02±0,73	4,43
Магний	2,37±0,13	0,97	3,82±0,06	0,83	6,44±0,27	1,63
Марганец	1,52±0,12	0,86	3,09±0,12	1,58	4,31±0,34	2,10
Цинк	0,25±0,02	0,11	0,45±0,01	0,13	0,72±0,04	0,22
Медь	0,04±0,01	0,02	0,08±0,01	0,02	0,12±0,01	0,03

Из таблицы видно, что с возрастом наблюдается статистически достоверное увеличение содержания каждого из элементов, относительно которого была выполнена оценка. Все кластеры достоверно различаются по величине содержания элементов на уровне значимости 0,05.

При поиске связи между населенностью ствола сосны лишайником (Л/С) и содержанием в 0,5 см слое коры Ca, Mg, K, Fe, Cu, Mn и Zn достоверная корреляционная связь обнаружена с содержанием марганца – табл. 5, возрастная динамика накопления которого, практически полностью совпадает с возрастной динамикой показателя Л/С – рис. 4.

Таблица 5

Результаты корреляционного анализа связи содержания элементов в коре сосны и показателем Л/С

Показатель	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
Л/С	0,3951	0,0854	0,4456	0,4251	0,2088	0,4333	0,7735
Достоверная вероятность	p = 0,162	p = 0,772	p = 0,110	p = 0,130	p = 0,474	p = 0,122	p = 0,001

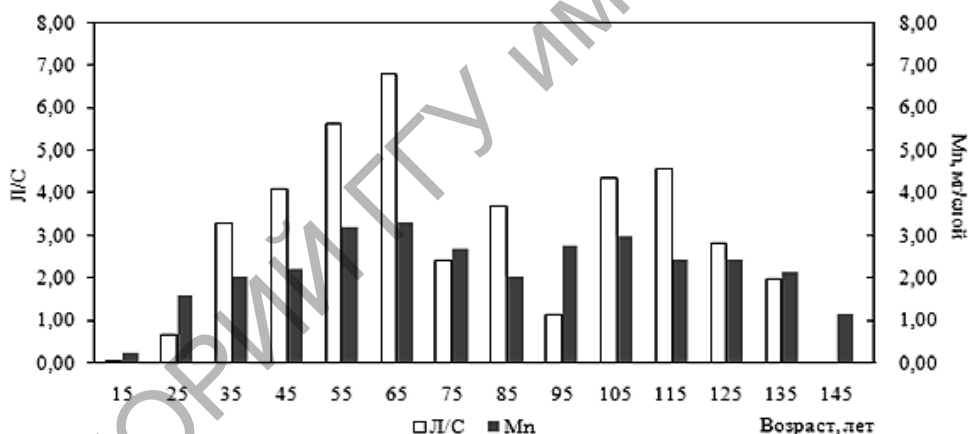


Рисунок 4 – Возрастная динамика содержания Mn в коре и населенности ствола сосны лишайником (Л/С)

Таким образом, установлено, что на протяжении жизни соснового древостоя выделяются 3 возрастных периода, примерно соответствующих I–III, IV–V и VI–VII классам возраста, когда населенность стволов лишайником *Hypogymnia physodes*, соответственно, возрастает, понижается, снова возрастает, после чего сходит до нуля к VIII классу возраста. Причем наблюдаемая нами динамика достоверно связана с динамикой содержания марганца в верхнем слое коры лишайник-обитаемой зоны соснового ствола.

Выводы

Для большинства типов сосновых лесов юго-восточного Полесья установлен вид регрессионных зависимостей массы лишайника *Hypogymnia physodes* на высоте ствола сосны 100–130 см от величины проективного покрытия. Методом дисперсионного анализа произведена оценка силы влияния факторов тип леса и возраст насаждений, которая показала, что тип леса обуславливает 7 %, а возраст насаждений 9 % величины вариации населенности лишайником стволов сосен. Прирост биомассы *Hypogymnia physodes* на стволах сосен наблюдается в возрасте жердняков, населенность стволов снижается к возрасту приспевающих лесов, возрастает в спелых, и снижается до нулевой отметки в перестойных, вне зависимости от типа лесорастительных условий, полноты насаждений и класса

бонитета. Такая динамика достоверно связана с содержанием марганца в верхнем слое коры лишайник-обитаемой зоны соснового ствола, причем характер зависимостей практически совпадает.

Список литературы

1. Горбач, Н. В. Об индикационной роли лишайников в лесных сообществах / Н. В. Горбач // Геоботанические исследования: сб. ст. / Институт экспериментальной ботаники АН БССР, Белорусское отделение всесоюзного ботанического общества; отв. ред. И. Д. Юркевич. – Минск, 1966. – С. 155 – 158.
2. Яцына, А. П. Структура эпифитных лишайниковых сообществ *Pinussylvestris* L. в Беларуси / А. П. Яцына // Веснік ВДУ. – 2013. – № 1. – С. 45–49.
3. Храменкова, О. М. Оценка запаса лишайника *Hypogymniaphysodes* (L.) Nyl. в сосновых лесах юго-востока Беларуси / О. М. Храменкова, А. Г. Цуриков, М. С. Лазарева // Экологический вестник, № 2(32). – 2015. – С. 95–100.
4. Marmor, L. Lichens on *Piceaabies* and *Pinussylvestris* – from tree bottom to the top / L. Marmor, T. Tõrra, L. Saag, E. Leppik, T. Randlane // The Lichenologist. – 2013. – Vol. 45, № 1. – P. 51–63.
5. Marmor, L. Epiphytic lichen diversity in Estonian and Fennoscandian old coniferous forests/ L. Marmor, T. Tõrra, E. Leppik, L. Saag, T. Randlane // Folia Cryptog. Estonica. – 2011. – Vol. 48. – P. 31–43.
6. Степанова, В. И. Эпифитный лишайниковый покров ели европейской (*Piceaabies* (L.)Karst) в еловых лесах южной Карелии: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.00.05, 03.00.16 / В. И. Степанова; ПетрГУ. – Санкт-Петербург, 2004. – 28 с.
7. Цуриков, А. Г. К эпиксильной лишенофлоре некоторых сосновых лесов Гомельской области / А. Г. Цуриков, О. М. Храменкова // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб.н.т. ИЛ НАН Беларуси. Выпуск 72. – Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2012. – С. 557–565.
8. Цуриков, А. Г. Распределение лишайника *Hypogymniaphysodes* в основных типах сосновой формации юго-востока Беларуси / А. Г. Цуриков, О. М. Храменкова // Сб. науч. тр. / Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель, 2014. – Вып. 74: Проблемы лесоведения и лесоводства. – С. 460–469.
9. Храменкова, О. М. Биомасса лишайника *Hypogymniaphysodes* в сырых и мокрых типах сосновых лесов юго-востока Беларуси / О. М. Храменкова, А. Г. Цуриков // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб.н.т. ИЛ НАН Беларуси. Выпуск 75. – Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2015. – С. 508–516.
10. Погребняк, П. С. Общее лесоводство / П. С. Погребняк. – М.: Колос, 1968. – 440 с.
11. Юркевич, И. Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах / И. Д. Юркевич. – Минск: Наука и техника, 1980. – 120 с.

**V. M. Khramchankova, D. N. Drazdou,
R. I. Novikau, A. M. Sauchanka**

DEPENDENT POPULATION PINE TREE TRUNK LICHENS HYPOGYMNIAPHYSODES (L.) NYL. ON THE TYPES AND AGE OF PINE FORESTS AND BARK MINERAL COMPOSITION

It was identified the regression of Hypogymnia physodes weight and projective cover at an altitude pine trunk 90–130 cm. It was found that the type and age of the forest plantations are responsible for 7 % and 9 % of the value of the variation of the population lichen pine trunks. Lifetime pine stand distinguished 3 age periods, roughly corresponding to I–III, IV–V and VI–VII classes of age, when the population stems lichen Hypogymnia physodes, respectively, increases, decreases, increases again, after which goes to zero for class VIII age. This pattern was significantly associated with a manganese content in the top layer of the cortex lichen-pine trunk habitable zone.