DOI: 10.24427/978-83-67185-47-9_8

Rozdział 8
Экологические характеристики возрастных рядов культуры и насаждений естественного происхождения сосняков мшистых в заказнике «Гродненская Пуща»

Chapter 8
Ecological characteristics of the age series of culture and natural origin plantations of mossy pine forests in the reserve "Grodnenskaya Pushcha"

Анна Ивановна Садковская, Олег Викторович Созинов***

*(*a_sadkovskaya@list.ru), (**ledum@list.ru)*

Abstract. The studies were carried out in 2019 on the territory of the landscape reserve Grodnenskaya Pushcha (Grodno region, Belarus) in which 26 natural and artificial communities of pine forests with mosses (*Pinetum pleuroziosum*) were studied on a age range from 5 to 113 years, using the trial plot method (400 m^2). Phytoindication of ecological regimes on the scales proposed by H. Ellenberg showed a tendency to decrease illumination, moisture, and trophy and an increase in acidity in the age range of pine forests with mosses. The ecological interpretation of the components (the Principal Component Analysis) of the studied pine forest communities showed that the main factors responsible for the formation of the time series of natural and artificial pine forests with mosses are forestry activities, illumination regime, and soil trophy.

Key words: age range of tree-stands, environmental factors, Grodno Forest, mossy pine forest, ordination, *Pinetum pleuroziosum*, reserve

1. Введение

Изучение динамических изменений пространственно-временных рядов лесных сообществ при долгом отсутствии влияния пирогенного фактора в конкретных типах местообитаний на протяжении длительного диапазона сукцессии в условиях особо охраняемых природных территорий является актуальным предметом исследований в геоботанике, лесоводстве, охране природы. Большинство работ данного типа посвящены изучению динамических процессов только древостоя [1–3], с минимальным акцентом на изменчивость живого напочвенного покрова. В работах, направленных на изучение живого напочвенного покрова лесов при демутации, часто касаются отдельных диапазонов возрастного ряда лесов, либо проводят сравнение различных типов лесов одной формации (например, сосновых) разного возраста и происхождения [4–7].

Цель работы – выявить основные экологические факторы, определяющие ценотическую изменчивость возрастных рядов сосняка мшистого (*Pinetum pleuroziosum*) в условиях заказника «Гродненская Пуща» (Гродненский район, Гродненской области Беларуси; UTM: 34UFE3).

2. Материалы и методы

Исследования проводили летом 2019 года на территории ландшафтного заказника республиканского значения «Гродненская Пуща» (Августовское лесничество Гродненского лесхоза), который располагается в Гродненском районе в приграничье с Польшей и Литвой и является частью трансграничного лесного массива – Августовской пущи (UTM: 34UFE3). Нами в 2019 году заложено 26 пробных площадей (400 м^2) в разновозрастных сообществах сосняка мшистого от I класса возраста до VI класса возраста (таблица 1), на которых проведены полные геоботанические описания [8]. Все фитоценозы сосняка мшистого сформированы на слабоподзолистых песчаных почвах на мощных рыхлых водно-ледниковых песках (рисунок 1). В ходе исследований проведен полный учёт видового состава фитоценозов (включая эпигейные мхи и лишайники), сделаны сборы растений, их определение таксономической принадлежности [9–11] и гербаризация [12]. Около 70 гербарных сборов хранятся в GRSU, MSK, LE и MW. Ординацию изученных сообществ проводили по методу главных компонент (PCA: оценка по ковариациям) на основе встречаемости видов растений всех ярусов сообществ в программе PAST 3.20 [13]. Унификацию обилия древостоя, подроста и подлеска с живым напочвенным покровом проводили по шкале О. Друде с использованием градаций обилия Ю.Н. Нешатаева [14].

ТАБЛИЦА 1. Таксационные характеристики возрастных рядов сосняков мшистых

TABLE 1. Forest inventory characteristics of the age series of pine forests with mosses

Класс возраста	Лесные культуры		Насаждения естественного происхождения	
	Возраст древостоя, лет	Предшественники	Возраст древостоя, лет	Предшественники
I класс (0–20 лет)	5	пахотное поле	14	пахотное поле
	17	сосняк мшистых		
II класс (21–40 лет)	26	сосняк мшистых	27	лесные насаждения
III класс (41–60 лет)	47	лесные насаждения	57	лесные насаждения
	52			
	57			
IV класс (61–80 лет)	72	лесные насаждения	67	лесные насаждения
	77		77	
V класс (81–100 лет)	87	лесные насаждения	87	лесные насаждения
VI класс (101–120 лет)	–	–	112	лесные насаждения
			112	

Примечание: нет пробных площадей в данном классе возраста

Примечание: красная точка – пробная площадь, численные обозначения на карте номера кварталов/площадь, выделов/площадь

1. Слабоподзолистая песчаная почва на мощных рыхлых водно-ледниковых песках;
2. Глееватая супесчаная почва на рыхлой водно-ледниковой супеси, скрепленной рыхлым песком, подстилаемом озерно-ледниковой глиной до 1 метра;
3. Торфяно-болотные почвы на слаборазложившихся древесно-пушицево-сфагновых торфах, подстилаемых песком рыхлым;
4. Торфяная почва на мелких сильно разложившихся древесно-осоково-разнотравных торфах, подстилаемых песком рыхлым;
5. Иловато-торфяная почва на среднемощном сильно разложившихся ольхово-разнотравно-осоковых торфах, подстилаемых песком рыхлым;
6. Иловато-торфяная глеевая почва на сильно разложившихся ольхово-разнотравно-осоковых торфах, подстилаемых песком рыхлым;
7. Дерновая оподзоленная временно избыточно увлажненная песчаная почва на связном аллювиальном песке, смешанном рыхлым песком.

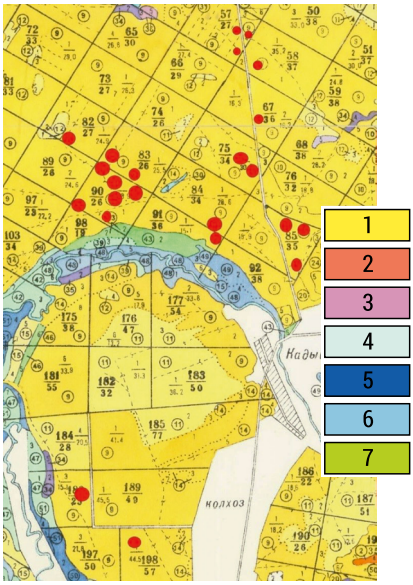

РИСУНОК 1. Положение пробных площадей на почвенной карте Августовского лесничества [18]

FIGURE 1. Position of sample plots on the soil map of the Augustów Forest [18]

Для интерпретации факторов использовали данные по биоэкологии видов растений: 1) ценотические группы растений – это группы видов, объединённые по их сходной приуроченности к основным типам растительности конкретного региона [15], а также 2) значения экологических режимов изученных биотопов на основе фитоиндикации [16] и инструментально измеренных эдафических факторов (pH, гумус, P_2O_5, K_2O) корнеобитаемого горизонта [17].

3. Полученные результаты

В естественных разновозрастных сообществах сосняка мшистого, согласно проведенному анализу экологических режимов по шкалам Г. Элленберга [16], отмечена тенденция уменьшения освещённости, трофности и возрастания кислотности почвы (рисунок 2).

В лесных культурах наблюдается тенденция к уменьшению освещенности от молодняков (6,44 балла) до средневозрастных (6,07 балла). Увлажнение в разновозрастных искусственных сосняках мшистых варьирует от 2,79 балла до 3,19 балла, кислотность – 2,38–2,78 балла, содержание азота в почве – 0,92–1,58 балла. Факторный анализ (PCA) изученных фитоценозов сосняка мшистого выявил 5 главных компонент, 3 из которых нами экологически интерпретированы и составляют 48,26% от общей дисперсии (таблица 2).

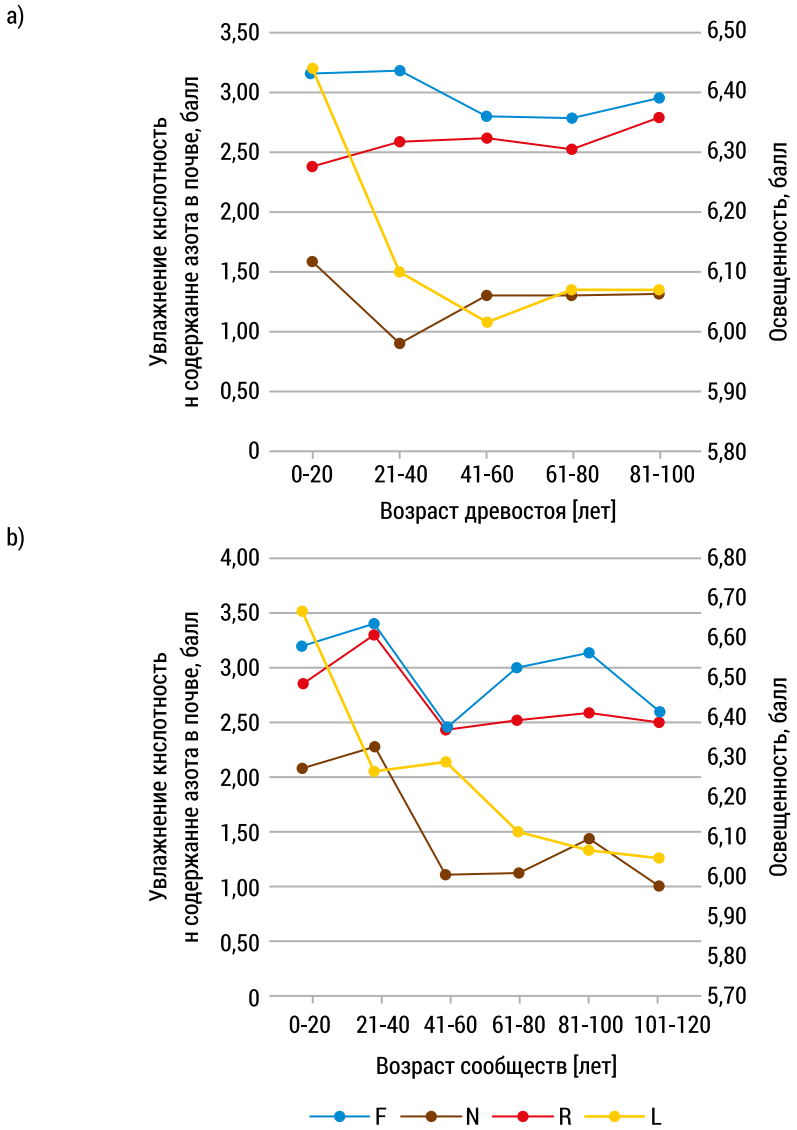

РИСУНОК 2. Изменение экологических условий в искусственных (А) и естественных (Б) разновозрастных сообществах сосняка мшистого. Примечание: L – освещенность, балл; F – увлажнение, балл; R – кислотность, балл; N – содержание азота в почве, балл

FIGURE 2. Changes in environmental conditions in artificial (A) and natural (Б) mossy pine communities of different ages

ТАБЛИЦА 2. Главные компоненты матрицы встречаемости видов растений разновозрастных сосняков мшистых

TABLE 2. Main components of the co-occurrence matrix of plant species of mossy pine forests of different ages

Главная компонента	Собственное значение	Дисперсия, %
1	5325,68	**23,452**
2	3093,88	**13,624**
3	2540,45	**11,187**
4	2076,84	9,146
5	1556,56	6,855

Максимальные значения положительных нагрузок первой компоненты на виды растений характерны *Pinus sylvestris* (растущее – 0,23 и сухостойное – 0,16) (I ярус древостоя), *Juniperus communis* (растущее – 0,12 и сухостойное – 0,41) и *Frangula alnus* (0,16) (подлесок), *Hylocomnium splendens* (0,34), *Pleurozium schreberi* (0,28), *Avenella flexuosa* (0,13), *Festuca ovina* (0,13), *Ptilium crista-castrensis* (0,11), *Vaccinium myrtillus* (0,18), *Vaccinium vitis-idaea* (0,36) (живой напочвенный покров), которые относятся к лесной ценотической группировке по классификации Н.Г. Улановой [15].

Отрицательные факторные нагрузки характерны сорным (сегетальным) видам *Melandrium album* (–0,18) и *Oenothera biennis* (–0,20). Сорная ценотическая группировка в большей степени (25–29%) встречается в начальных стадиях развития сосняка мшистого. В связи с этим первая главная компонента определена нами как лесохозяйственная деятельность, которая приводит к нарушениям живого напочвенного покрова, а также изменению режима освещённости и межвидовых конкурентных отношений.

Анализ факторных нагрузок второй компоненты на виды показал, что отрицательные значения нагрузок характерны для *Pinus sylvestris* (–0,14), *Quercus robur* (–0,12) – подрост, *Juniperus communis* (–0,42) – подлесок, *Dicranum polysetum* (–0,24) – живой напочвенный покров, которые относятся к факультативным гелиофитам. Положительные факторные нагрузки характерны более светлолюбивым видам растений – в древостое *Betula pendula* (0,14), в живом напочвенном покрове *Rubus ideus* (0,15). Второй главной компонентой, вероятнее всего, является световой режим сообщетсва.

Результат анализа факторных нагрузок третьей компоненты на виды показал, что отрицательные нагрузки характерны крайним олиготрофам – *Juniperus communis* (–0,33) (подлесок), *Calluna vulgaris* (–0,12), *Cladonia rangiferina* (–0,12), *Dicranum polysetum* (–0,50), *Melampyrum pratense* (–0,10), *Vaccinium myrtillus* (–0,10), *Vaccinium vitis-idaea* (–0,31) (рисунок 2). Положительные факторные нагрузки характерны мезотрофам – *Betula pendula* (0,20), *Frangula alnus* (0,16) (подлесок), *Hylocomnium splendens* (0,25), *Ptilium crista-castrensis* (0,19). Следовательно, по нашему мнению, третьей главной компонентой является трофность почвы.

Результат анализа факторных нагрузок первой компоненты на фитоценозы показал, что отрицательные значения нагрузок характерны искусственным и естественным соснякам мшистым на ранних стадиях развития: естественные и искусственные молодняки, в которых в состав живого напочвенного покрова входит 31–50% сорных и луговых видов по классификации Н.Г. Улановой [15] (таблица 3). Положительные нагрузки по первой компоненте характерны относительно сформированным естественным и искусственным соснякам мшистым (приспевающим и спелым), в которых доминирует лесная ценотическая группа (76–83%), а представители сорной группы изредка встречаются при нарушении живого напочвенного покрова (*Rumex acetosella*). Перестойным естественным соснякам характерны также положительные нагрузки, но с меньшими значениями (13,09–38,71). Это подтверждает нашу интерпретацию второй главной компоненты, как световой режим леса.

ТАБЛИЦА 3. Значения факторных нагрузок главных компонент на биотопы

TABLE 3. Values of factor loadings of principal components in the biotopes

ПП	Возраст, лет (происхождение)	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
23	5 (ЛК)	−78,728	−7,2378	68,395	−58,483	78,166
6	6 (ЛК)	−258,120	−50,186	−16,536	66,010	66,655
17	15 (НЕП)	−114,800	17,169	62,469	−27,364	−88,858
25	17 (ЛК)	−6,971	69,167	−61,303	10,487	18,268
2	20 (ЛК)	−91,490	−21,368	−32,232	−27,689	−30,909
14	27 (ЛК)	−2,574	63,689	31,452	−50,951	−8,861
16	28 (НЕП)	−87,046	138,51	32,066	37,932	−57,623
5	48 (ЛК)	−8,600	−25,440	−38,383	−75,705	−13,553
15	53 (ЛК)	34,091	72,106	−34,264	−23,592	43,628
9	58 (ЛК)	−9,457	−72,316	−10,491	17,018	−37,189
13	58 (НЕП)	13,990	45,845	−84,215	14,984	−28,076
24	62 (ЛК)	20,756	12,25	−31,829	−62,036	23,019
4	68 (НЕП)	54,335	−57,272	18,163	−24,421	−11,468
22	72 (ЛК)	24,728	−60,797	−21,439	7,526	−21,141
10	73 (ЛК)	28,329	−34,129	33,353	61,117	−41,142
11	78 (ЛК)	44,803	−72,450	−29,084	8,378	−8,833
3	78 (НЕП)	32,303	−72,625	−34,626	−0,562	−20,031
18	82 (НЕП)	76,993	43,412	20,056	56,824	52,719
19	82 (ЛК)	56,897	−10,259	92,992	39,192	−20,329
20	82 (ЛК)	26,191	−68,982	57,397	9,610	57,794
21	87 (НЕП)	57,703	43,497	63,242	49,897	28,287
7	88 (ЛК)	51,462	−25,490	54,711	8,426	−19,676
8	88 (НЕП)	61,547	30,993	−23,628	47,217	16,073

ПП	Возраст, лет (происхождение)	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
26	107 (НЕП)	38,710	59,074	−24,103	−23,064	12,135
12	113 (НЕП)	13,007	−16,260	−110,54	44,954	0,304
1	113 (НЕП)	21,946	−0,904	18,386	−105,71	10,641

Примечания: 1. НЕП – насаждения естественного происхождения; 2. ЛК – лесные культуры; 3. PC 1–5 – значения факторных нагрузок N-компонент; 4. ПП – пробная площадь

Молодая лесная культура в возрасте 6 лет сформирована на старопахотных землях, что, на наш взгляд, сказывается на его особом положении в системе экологических координат. Естественный жердняк (28 лет) по таксационным данным относится к типу леса – сосняк мшистый, но, на наш взгляд, он является переходной формой сосняка мшистого – антропогенно-производная ассоциация (рекреационная по ТКП [19]), что объясняет экологическую удалённость данного сообщества от других фитоценозов возрастного ряда (рисунок 3).

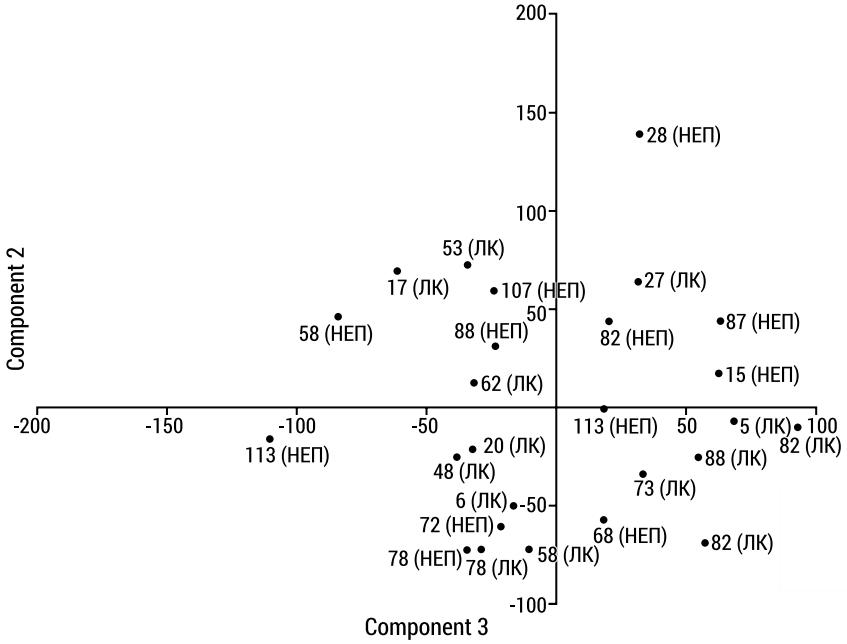

РИСУНОК 3. Положение разновозрастных естественных и искусственных сосняков мшистых в системе экологических координат (по второй и первой главных компонентах PCA). Примечания: 1. (НЕП) – насаждения естественного происхождения; 2. (ЛК) – лесные культуры; 3. № – возраст древостоев, лет

FIGURE 3. Position of natural and artificial mossy pine forests of different ages in the system of ecological coordinates (according to the second and first principal components of the PCA)

Анализ факторных нагрузок второй (режим освещенности) и третьей компоненты (трофность почвы) на растительные сообщества не дал значимой экологической дифференциации, так как уровень освещенности под пологом леса зависит от плотности кроны и полноты древостоя, а трофность – от микро- и мезорельефа, материнской породы, водного режима, возможно от начальных условий формирования лесного сообщества: на пахотных полях или на месте вырубок (рисунок 4).

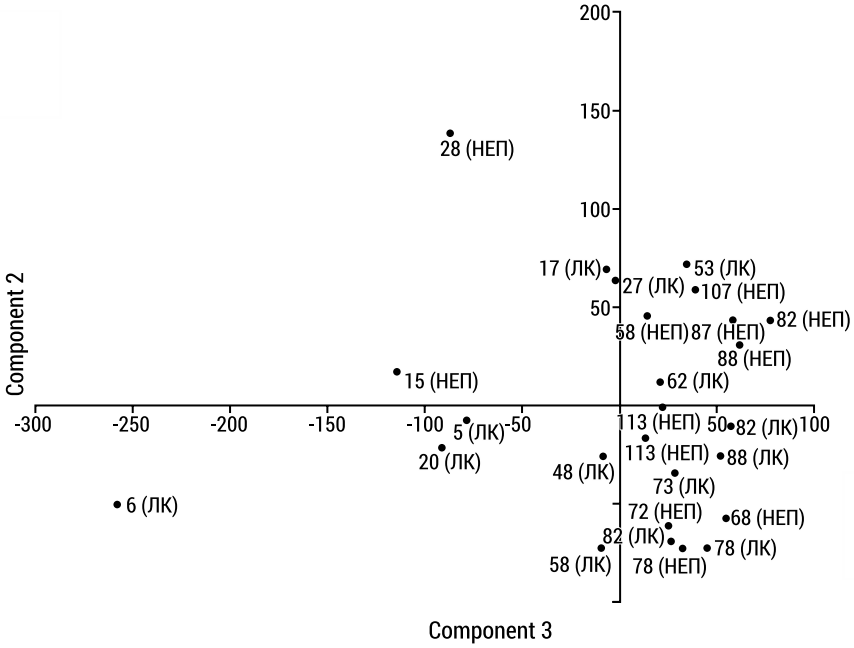

РИСУНОК 4. Положение разновозрастных естественных и искусственных сосняков мшистых в системе экологических координат (по второй и первой главных компонентах PCA). Примечания: 1. (НЕП) – насаждения естественного происхождения; 2. (ЛК) – лесные культуры; 3. № – возраст древостоев, лет

FIGURE 4. Position of natural and artificial mossy pine forests of different ages in the system of ecological coordinates (according to the second and first principal components of the PCA)

Экологическая интерпретация главных компонент многофакторного анализа видового состава разновозрастных сообществ сосняка мшистого, проведенного на выборке 6 фитоценозов сосняка мшистого [20] и на выборке 17 фитоценозов сосняка мшистого [21], подтвердилась при повторном анализе и увеличении выборки возрастного ряда естественных и искусственных сообществ сосняка мшистого до 26.

4. Выводы

Таким образом, анализ изменчивости экологических режимов, состава и структуры сообществ возрастного ряда сосняка мшистого (Гродненская Пуща) показал, что по мере увеличения возраста древостоя мы наблюдаем закономерное снижение освещённости, увлажнения и трофности а также возрастание кислотности, что в итоге приводит к формированию устойчивого биотопа для данного типа леса вне зависимости от происхождения. Основными экологическими факторами, формирующими возрастной ряд демутации сосняков мшистых, являются: в первую очередь лесохозяйственная деятельность человека, а также режим освещённости и трофность почвы.

Библиография

1. Тимошок Е.Е., Скороходов С.Н., Тимошок Е.Н., *Эколого-ценотическая характеристика кедра сибирского (Pinus sibirica Du Tour) на верхней границе его распространения в центральном Алтае*, Вестник Томского государственного университета, Биология 2014, 4(20).
2. Григорьев А.А., Дэви Н.М., Кукарских В.В. и др., *Структура и динамика древостоев верхней границы леса в западной части плато Путорана*, Экология 2019, 4.
3. Юркевич И.Д., Ловчий Н.Ф., *Сосновые леса Белоруссии: типы, ассоциации, продуктивность*, Минск 1984.
4. Ловчий Н.Ф., *Кадастр типов сосновых лесов Белорусского Полесья*, Минск 2012.
5. Ловчий Н.Ф., Пучило А.В., Гуцевич В.Д., *Кадастр типов сосновых лесов Белорусского Поозерья*, Минск 2009.
6. Рысин Л.П.,Абатурова А.В., Савельева Л.И. и др., *Динамика хвойных лесов Подмосковья*, Москва 2000.
7. Moran E.F., Packer A., Brondizio E. et. al., *Restoration of vegetation cover in the eastern amazon*. Ecological Economics 1996, 18(1).
8. Ипатов В.С., *Методы описания фитоценоза*, Санкт-Петербург 2000.
9. Яцына А.П., Мержвинский Л.М., *Практикум по лишайникам*, Витебск 2012.
10. Рыковский Г.Ф., Масловский О.М., *Флора Беларуси. Мохообразные*, Минск 2004.
11. *Определитель высших растений Беларуси* / Под ред. В.И. Парфенова, Минск 1999.
12. Скворцов А.К., *Гербарий*, Москва 1997.
13. Hammer Ø., Harper D.A.T., Rayan P.D., *PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis*, Palaeontologia Electronica 2001, 4(1).
14. Нешатаев Ю.Н., *О некоторых задачах и методах классификации растительности*, Растительность России 2001, 1.
15. Уланова Н.Г., Жмылев П.Ю., *Эколого-ценотический анализ растительных сообществ*, Москва 2014.
16. Ellenberg H., *Zeigerwerte der Geffasspflanzen Mitteleuropas*, Gottingen 1991.
17. *Практикум по агрохимии* / Под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева, Москва 2001.
18. Чесновская Н.И., Почвенная карта Августовского лесничества, Гродненского лесхоза, Гродненской области / Н.И. Чесновская, Л.А. Красовская, Л.Г. Махнач. – Масштаб 1:25000, Общая площадь 8389 га. Лесоустройство, 1998.

19. *Технический кодекс установившейся практики. Устойчивое лесоуправление и лесопользование: Правила выделения типов леса = Правілы выдзялення тыпау лесу.* ТКП 587–2016 (33090). – Введ. 26.09.16, Минск: ИЭБ НАН Беларуси, 2016, 16.
20. Садковская А.И., Созинов О.В., *Экологическая дифференциация разновозрастных сосняков мшистых (Гродненская Пуща)*, Актуальные проблемы экологии: сб. науч. ст. по материалам XIII Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 3–5 окт. 2018г.) / Гродн. гос. ун-т; ред. кол.: И.Б. Заводник (отв. Ред.), А.Е. Каревский, О.В. Янчуревич, О.В. Павлова, Гродно: ЮрСаПринт, 2018.
21. Садковская А.И., *Ординация разновозрастных фитоценозов сосняка мшистого заказника «Гродненская Пуща»*, Структура и динамика биоразнообразия [Электронный ресурс] : материалы I Респ. заоч. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 23 дек. 2019 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: С. В. Буга (гл. ред.) [и др.], БГУ, Минск 2019.