

СТРУКТУРА СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ И ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ НА МЕЗОТРОФНЫХ БОЛОТАХ ЗАПАДНОДВИНСКОГО РАЙОНА ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2024 г. В. Г. Стороженко^{а,*}, Т. В. Глухова^а

^аИнститут лесоведения РАН, ул. Советская, д. 21, с. Успенское, Одинцовский г. о.,
Московская область, 143030 Россия

*E-mail: lesoved@mail.ru

Поступила в редакцию 14.03.2024 г.

После доработки 11.04.2024 г.

Принята к публикации 08.07.2024 г.

Исследованные коренные сосновые мезотрофные болота расположены в Западнодвинском районе Тверской области, имеют смешанное атмосферное и грунтовое питание с сокращенным водным стоком. Дана сравнительная оценка двух мезотрофных биогеоценозов (БГЦ) (сосняки чернично-багульниково-сфагновый (ПП 1) и чернично-сфагновый (ПП 2)) по параметрам возрастных рядов древостоев, динамическому сукцессионному положению, возобновительному потенциалу, состоянию деревьев и древостоев, объемам древесного отпада, пораженности дереворазрушающими грибами, характеристикам состава и структуры горизонтов торфяных залежей. Мезотрофные лесные болота (Пьявченко, 1963) относятся к коренным БГЦ, имеют древесный ярус абсолютно разновозрастного типа, смешанного породного состава с подавляющим превосходством сосны обыкновенной по числовым и объемным характеристикам. Показаны различия в тесноте связи объемов деревьев с их возрастом в возрастных поколениях: для биогеоценоза ПП 1 связь по линейному и экспоненциальному приближениям почти отсутствует, для биогеоценоза ПП 2 связь очень тесная, почти функциональная, $R^2 = 0.93$. Такое положение обусловлено степенью равномерности распределения объемов деревьев в возрастных рядах. Структура и состав естественного возобновления в обоих сосновых мезотрофных болотных БГЦ предполагает возможность смены сосновой формации на смешанную елово-березовую формацию только при значительных климатогенно-гидрогенных колебаниях, влияющих на изменение эдафических условий роста болотных сообществ. Объяснены различия в объемах древесного отпада по стадиям разложения валежа. Торфяные переходные залежи обоих сосняков близки по структуре, имеют различия по их мощности: 5.0 м — под сосняком чернично-багульниково-сфагновым и 3.0 м — под чернично-сфагновым. При схожести структуры торфяных залежей сосняков прослеживаются различия в зольности, степени разложения и плотности, которые объясняются разными геоморфологическим положением и гидрологическим режимом обоих сосняков. Впервые в сравнительной динамике показаны количественные и объемные характеристики структур древостоев и горизонтов торфяных залежей коренных сосновых мезотрофных болот.

Ключевые слова: сосновые мезотрофные болота, возрастные структуры, естественное возобновление, древесный отпад, сукцессионная динамика, *Fibric Histosols Dystric*.

DOI: 10.31857/S0024114824050011 EDN: OXTICS

Мезотрофные болота, являясь объектами общего водного депонента территорий региона, имеют широкое распространение, как и олиготрофные болота, но в силу отличного от них водно-минерального питания обладают особенностями видового состава высших растений, структурных характеристик древесных пород и структуры горизонтов

торфяных залежей. Смешанное атмосферное и грунтовое водно-минеральное питание с незначительным присутствием стока из вышележащих элементов рельефа обеспечивают особенности в структуре ствольных фракций древостоев фитоценозов, породного состава древостоев, естественного возобновления, древесного отпада, элементов

торфяных залежей, других показателей, определяющих жизненное состояние деревьев и древостоев, влияние на него микогенных и энтомогенных факторов. Эти аспекты мезотрофных болот почти не изучены.

В регионе проведения исследований (Западнодвинский район Тверской области) типологическое разнообразие болот связано с разнообразием геологического строения территории, включающей как водораздельные пространства, занятые болотами олиготрофного типа, припойменные евтрофные заболоченные экосистемы, так и мезотрофные болота со смешанным грунтовым и атмосферным водно-минеральным питанием (Вомперский, Глухов, 1982; Стороженко, Глухова, 2022). Выбранные для исследований мезотрофные болота представляют собой замкнутые экосистемы, окруженные лесами различных формаций на возвышенных местоположениях. Лесной покров представлен сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с присутствием ели европейской (*Picea abies* (L.) H. Karst.) и березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.).

Цель работы — изучить структуру и динамику биогеоценозов коренных сосновых мезотрофных болот по разнообразию флористического состава, количественным и объемным параметрам деревьев в возрастных рядах, сукцессионному положению, возобновительному потенциалу, показателям состояния, древесному отпаду, структуре горизонтов торфяных залежей мезотрофных сосняков.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Объектами исследований были два сосновых мезотрофных болота, расположенных в Велесском лесничестве Западнодвинского района Тверской области. Оба биогеоценоза имеют статус коренных, естественно развивающихся лесных болот без заметного влияния на их структуры антропогенных факторов. Пробная площадь ПП 1 (N 56°11.798, E 32°08.917) — сосняк чернично-багульниково-сфагновый — расположена в замкнутом со всех сторон глубоком котловинном залежании, окруженном возвышенными увалами, покрытыми еловыми лесами кислично-черничной группы типов леса высоких бонитетов. В состоянии средних температурных и влажностных климатических условий региона уровень болотных вод от поверхности болота составляет 15–20 см. Пробная площадь ПП 2 (N 56°10.160, E 32°10.966) — сосняк чернично-сфагновый — как и первая, расположена в замкнутой, но менее глубокой котловине с сокращенным поступлением болотных вод. С трех сторон этот сосняк ограничен повышенными элементами рельефа, покрытыми еловыми лесами чернично-кисличной группы типов леса. С четвертой стороны через 20-метровую еловую полосу примыкает поле бывших сельхозугодий, в

настоящее время заброшенных. В недалеком прошлом на этом болоте прошел низовой пожар незначительной интенсивности, фрагментами затронувший торфяную залежь и послуживший причиной появления послепожарных пустот в толще торфяной залежи, затянутых покровной кустарничковой растительностью. Уровень болотных вод составляет 35–40 см от поверхности болота.

В биогеоценозах обеих ПП проведено лесоводственное описание, сплошной перечень с нумерацией и измерением диаметра деревьев более 6 см на высоте 1.3 м, определением высоты деревьев с использованием лазерного высотомера Nicon Forestry Pro. У деревьев всех пород возрастным буром Пресслера фирмы MORA (Sweden) отобраны керны у комля для последующего определения возрастов и наличия гнилевых фаутов, типа и стадии развития гнили. Оценка жизненного состояния деревьев и древостоев в целом проводилась по шестибалльной шкале, принятой в лесопатологии (Правила..., 2021). Определялись пораженность деревьев грибами дереворазрушающего комплекса и видовой состав грибов, вызывающих гнилевые фауы стволов (Niemelä, 2005; Стороженко и др., 2014). Учитывался подрост всех пород до диаметра 6 см на высоте груди с разделением его по градациям высоты через 0.5 м. У валежа всех пород измерялся диаметр стволов и определялась стадия разложения с использованием шкалы временных датировок по разработанной ранее методике с использованием морфометрических признаков разложения древесины (Стороженко, 1990, 2011). Позднее шкала верифицирована с использованием методики учета потери массы древесины образцами гнили разных стадий разложения в процессе микогенного ксилолиза (Шорохова, Шорохов, 1999; Шорохова, 2020). В камеральный период по кернам бурения определяли возраст деревьев, строили возрастные ряды древостоев по числу и объемам деревьев в возрастных поколениях (Дыренков, 1984). Объемы деревьев устанавливали по массовым таблицам для всех пород, слагающих древостои (Третьяков и др., 1952). По тем же таблицам определяли объемные параметры стволов древесного отпада в градациях стадий разложения. По структуре возрастных рядов оценивали динамическое сукцессионное положение каждой породной секции и в целом биогеоценоза. Зависимости показателей между собой осуществляли с использованием программы Excel и линейной корреляции (Дворецкий, 1971).

На обеих ПП для характеристики торфяной залежи отбирали образцы из разных горизонтов с помощью торфяного бура ТБГ-1 диаметром 5 см с насадками по 50 см. Степень разложения и ботанический состав (вид торфа) по выделенным генетическим горизонтам определены в ВНИИ овощеводства к.б.н. О.Н. Успенской, содержание

углерода — на элементном анализаторе vario MICRO cube (Германия), pH солевой вытяжки — на лабораторном иономере И-160МИ (Россия) и зольность — по методике Е.В. Аринушкиной (1970). Объемную массу торфа определяли из образцов, отобранных с помощью торфяного бура. Образцы на влажность отбирали из нужного горизонта, высушивая их до постоянного веса при 105 °С, и рассчитывали объемную массу (Семенский, 1966).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований представлены по варианту сравнительной оценки характеристик лесоводственных, таксационных, структурных описаний горизонтов растительности и других показателей биогеоценозов.

Поверхность соснового мезотрофного болота ПП 1 почти ровная, с незначительной бугорчатостью и невысокими кочками от покрытых мхами и кустарничками пней и стволов упавших деревьев. Древесный ярус сложен сосной обыкновенной, образующей первый и второй ярусы древостоя. Во втором — четвертом ярусах преобладает ель европейская с участием березы пушистой. Почти полностью сложенный из сфагновых мхов покров и отсутствие подлеска из лиственных пород определяют некоторое сходство изучаемого соснового мезотрофного болота с типичными сосновыми олиготрофными болотами, но с более производительным на 2–3 бонитета древесным ярусом сосны обыкновенной и ели европейской. Ярус подлесочных и кустарничковых растений на обоих ПП практически отсутствует, встречается лишь можжевельник (*Juniperus communis* L.). Из кустарничков фоновыми видами являются черника (*Vaccinium myrtillus* L.), багульник болотный (*Ledum palustre* L.).

В травяном ярусе встречаются пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum* L.), марьяник лесной (*Melampyrum sylvaticum* L.), тростник (*Phragmites australis* (Cav.) Trin ex Steud.), осока вздутая (*Carex rostrata* Stokes). Моховой покров на ПП 1 состоит из сфагновых мхов: сфагнума узколистного (*Sphagnum angustifolium* (Russ.)), сфагнума извилистого (*Sph. flexuosum* Dozy et Molk.), сфагнума берегового (*Sph. riparium* Angstr.), сфагнума волосолистного (*Sph. capillifolium* (Ehrh.) Hedw.).

Поверхность соснового мезотрофного болота ПП 2 неровная, бугристая, кочковатая из-за прошедшего в прошлом низового пожара, местами затронувшего торфяную залежь и образовавшего неглубокие пустоты в торфяной толще. Древесный ярус сложен сосной обыкновенной с присутствием ели европейской и березы пушистой. Из кустарничков встречается черника. Моховой ярус, как и на ПП 1, представлен теми же сфагновыми мхами, но появляется еще сфагн средний (*Sphagnum medium* Limpr.).

По результатам экспериментальных исследований определено, что почвы сосняков чернично-багульниково-сфагнового и чернично-сфагнового переходные (*Fibric Histosols Dystric*), сложенные мощными торфами. Торфяная залежь сосняка на ПП 1 — 5.0 м, до глубины 1.5 м сложена сфагновыми торфами, глубже 2.0 м — гипновыми низинными, залежь подстилается песками. Торфяная залежь сосняка на ПП 2 — 3.0 м, до глубины 2.0 м сложена переходными древесно-сфагновыми торфами, глубже 2.0 м — древесно-травяными низинными, залежь подстилается супесями. Характеристика торфяной залежи в сосняках показана в табл. 1.

Торфа имеют кислую реакцию среды, pH солевой вытяжки мало колеблется по всей залежи, достигая 3.5 до глубины 3.5 м и 4.0 в нижних слоях на ПП 1 и 2.6 до глубины 1.5 м и 3.0 в нижних слоях на ПП 2. Зольность низкая в залежах обоих сосняков, несколько выше на ПП 2, содержание углерода практически не различается. Заметны различия в степени разложения торфа: в среднем 24% (ПП 1) и 40% (ПП 2), торф распределен равномерно по всей залежи. Отсюда и различия в объемной массе (плотности), более плотный торф (0.14 г/м³) в сосняке чернично-сфагновом и менее плотный (0.11 г/м³) в сосняке чернично-багульниково-сфагновом. Характеристика верхнего метрового (почвенного) слоя практически не отличается от рассматриваемых показателей по всей торфяной залежи в обоих сосняках. Различия стратиграфии объясняются геоморфологическим положением двух торфяников. Сосняк ПП 1, занимая более низкие отметки рельефа, почти не получает дополнительного минерального питания с выше-расположенных элементов рельефа, которые вовлекаются в биологический круговорот краевой частью болотного массива, что и обуславливает большую олиготрофность залежи. Очень низкая степень разложения верхних слоев залежи (5–10%) по сравнению с ПП 2. Кроме того, в развитии данного торфяника существовали периоды, когда степень разложения не превышала 15% в нижних слоях (400–500 см) залежи, где можно рассмотреть практически неразложившийся гипновый мох — псевдокаллиергон трехрядный (*Calliergon trifarium* (Web. et Mohr.) Kindb.).

Подробная информация о структурных характеристиках двух изучаемых сосновых мезотрофных сообществах в сравнительной оценке приведена ниже. Основные таксационные показатели древостоев представлены в табл. 2. Данные наглядно демонстрируют факт, показывающий значительные различия в величине основных таксационных показателей, характеризующих древостой изучаемых мезотрофных болот. Формулы породного состава по количеству деревьев показывают большее присутствие сосны в составе древостоя ПП 2, чем

Таблица 1. Характеристика торфяной залежи в сосняках чернично-багульниково-сфагновом (ПП 1) и чернично-сфагновом (ПП 2)

Глубина отбора торфа, см	рН солевой вытяжки		Степень разложения, %		Зольность, %		Объемная масса, г/см ³		Содержание углерода, % к сух. в-ву	
	ПП 1	ПП 2	ПП 1	ПП 2	ПП 1	ПП 2	ПП 1	ПП 2	ПП 1	ПП 2
0–10	3.1	2.6	5	20	3.9	3.7	0.08	0.07	49.8	49.9
10–20	2.8	2.9	10	35	3.5	3.8	0.09	0.09	50.0	49.9
20–30	2.9	2.4	10	40	3.8	3.4	0.10	0.11	49.8	50.1
30–40	2.6	2.4	15	45	2.6	3.4	0.15	0.16	50.5	50.1
40–50	2.9	2.4	30	45	2.3	3.1	0.17	0.15	50.7	50.2
50–60	3.1	2.4	35	40	2.2	2.8	0.11	0.16	50.7	50.4
60–70	3.0	2.3	45	45	1.9	2.9	0.09	0.19	50.9	50.3
70–80	3.2	2.4	45	40	2.1	2.5	0.12	0.17	50.7	50.5
80–90	2.8	2.6	30	45	1.3	2.1	0.11	0.20	51.1	50.7
90–100	3.2	2.7	35	45	1.5	1.8	0.10	0.11	51.1	50.9
100–150	3.5	2.6	35	35	1.5	2.0	0.10	0.17	51.0	50.8
150–200	3.3	3.0	30	40	1.5	1.7	0.11	0.13	51.0	50.9
200–250	3.3	2.8	25	40	1.6	1.8	0.12	0.11	51.0	50.9
250–300	3.5	3.1	20	45	1.7	9.0	0.10	0.20	51.0	47.2
300–350	3.5	—	20	—	1.8	—	0.10	—	50.9	—
350–400	3.8	—	20	—	2.0	—	0.09	—	50.8	—
400–450	4.0	—	15	—	1.7	—	0.13	—	50.9	—
450–500	4.4	—	15	—	2.0	—	0.10	—	50.8	—
Среднее	3.3	2.6	24	40	2.2	3.1	0.11	0.14	50.7	50.2

в древостоях ПП 1, но при этом древостой ПП 1 по запасам стволовой древесины превосходит древостой ПП 2 на 70.3%. Величины средних значений высоты, диаметра и возраста для древостоя ПП 2 ниже, чем для ПП 1, в следующих показателях: по высоте деревьев для сосны — на 20%, для ели — на 32%, для березы — на 8%; по диаметру деревьев для сосны — на 28%, для ели — на 30%, для березы — на 29%; по возрасту для сосны — на 37%, для ели — на 33%, для березы — на 31%. Таким образом, можно констатировать, что для всех древесных пород экологические условия для формирования стволовой биомассы в биогеоценозе ПП 1 благоприятнее, чем в биогеоценозе ПП 2. Такое положение может быть объяснено, во-первых, влиянием прошедшего на ПП 2 низового пожара, затронувшего местами корневые системы сосны в толще торфяной залежи, во-вторых, более молодыми средними величинами возраста соснового древостоя.

Возрастная структура лесного сообщества рассматривается как основная позиция, обеспечивающая анализ сукцессионного положения биогеоценоза, динамику его развития в ретроспективе и в весьма далекой перспективе. В табл. 3 приведены данные о возрастной структуре изучаемых сосновых мезотрофных болот.

По структуре возрастных поколений биогеоценозы ПП 1 и ПП 2 полностью отвечают характеристикам абсолютно разновозрастных сообществ.

В биогеоценозе ПП 1 количественный состав двух основных древесных пород сосны и ели по возрастным поколениям различен и характеризует динамику формирования возрастной структуры секций этих пород. В секции сосны связь объемов деревьев с их возрастом в возрастных поколениях по линейному приближению практически отсутствует ($R^2 = 0.087$), но по экспоненциальному приближению ($R^2 = 0.355$) оценивается как умеренная, то есть в графическом изображении представляется в виде купола с верхним значением

Таблица 2. Лесоводственная характеристика сосновых мезотрофных болот (ПП 1, ПП 2)

Породный состав древостоя	По числу деревьев	По запасу	Запас, м³га⁻¹	Тип Тип БПЦ	Средняя высота, м	Средний диаметр, см			Средний возраст, лет			Плотота	Бонитет	Подрост	Поллесок	Тип возрастной структуры				
						Сосна	Ель	Береза	Сосна	Ель	Береза						Сосна	Ель	Береза	
5С5Е + Б		10С + Е,Б	264.5	Сосняк чернично-багульниково-сфагновый	Сосна	19.8	7.1	12.8	26.6	8.5	12.5	141	63	69	0.7	II	III	Е, Б	Мж	Ар
					Ель															
7С3Б + Е		10С + Б,Е	185.9	Сосняк чернично-сфагновый	Сосна	15.9	4.8	11.8	19.2	6.0	8.9	89	42	≈48	0.7	III	III	Е.Б	Мж	Ар
					Ель															
					Береза															
					Ель															
					Береза															
					Ель															

Обозначения. Поллесок: Мж – можжевельник. Тип возрастной структуры: Ар – абсолютно разновозрастный.

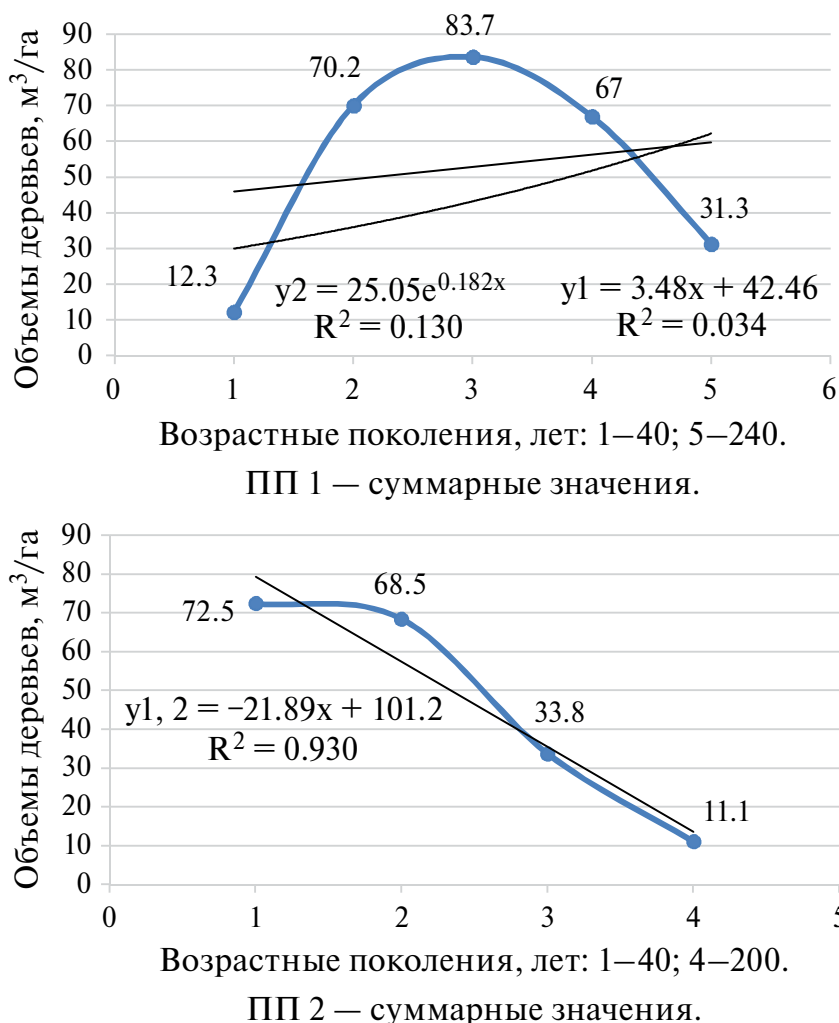


Рис. 1. Показатели связи объемов деревьев и возраста в возрастных поколениях древостоев сосновых мезотрофных болот — ПП 1 и ПП 2.
Обозначения. ПП 2 — уравнение связи и R^2 при линейном и экспоненциальном приближениях имеют аналогичные значения связи.

83.7 м³га⁻¹ (рис. 1). В секции ели аналогичная связь по линейному приближению ($R^2 = 0.586$) значительная, по экспоненциальному приближению ($R^2 = 0.311$) связь умеренная. Количество и объемы секции березы слишком малы для оценки фазового положения этой секции.

Суммарные значения связи объемов деревьев с их возрастом в возрастных поколениях оцениваются для линейного приближения $R^2 = 0.034$, для экспоненциального приближения — $R^2 = 0.130$, для обоих приближений связь очень слабая. Можно заключить, что породная структура секций сосны и ели биогеоценоза ПП 1 находится в процессе изменений и не способствует приближению сообщества к наиболее устойчивому состоянию, при котором

показатели связи обоих приближений стремятся к 1.

В биогеоценозе ПП 2 в секции сосны связь количественных и возрастных показателей деревьев по прямолинейному и экспоненциальному приближениям трактуется как высокая, тесная: соответственно $y_1 - R^2 = 0.838$ и $y_2 - R^2 = 0.823$ (рис. 1). В секциях ели и березы того же древостоя слишком малое количество деревьев для оценки их динамических положений. Суммарные значения связи объемов деревьев с их возрастом в возрастных поколениях древостоя ПП 2 оцениваются для линейного приближения $R^2 = 0.930$, связь очень тесная, для экспоненциального приближения — $R^2 = 0.876$, связь высокая, тесная (Дворецкий, 1971).

Таблица 3. Возрастная и динамическая структура БГЦ сосновых мезотрофных болот

Порода	Измеряемые величины, экземпляры м³га⁻¹	Возрастные 40-летние поколения, % от общего на 1 га по породам					Всего, штук м³га⁻¹	Фаза динамики БГЦ
		41–80	81–120	121–160	161–200	201–240		
ПП 1								
Сосна	Количество деревьев	14	113	107	94	33	361	Кл
	Объемы деревьев	0.8	64.4	83.5	64.7	31.3	244.7	Кл
Ель	Количество деревьев	327	20	7	14	—	368	Дг
	Объемы деревьев	10.7	2.5	0.2	2.3	—	15.7	Дм
Береза	Количество деревьев	47	—	—	—	—	47	-
	Объемы деревьев	0.8	3.3	—	—	—	4.1	-
Общее	Количество деревьев	388	133	114	108	33	776	Дм
	Объемы деревьев	12.3	70.2	83.7	67.0	31.3	264.5	Кл
ПП 2								
Сосна	Количество деревьев	310	136	68	22	—	536	Дм
	Объемы деревьев	62.5	68.5	33.8	11.1	—	175.9	Дм
Ель	Количество деревьев	18	0	0	0	—	18	—
	Объемы деревьев	0.43	—	—	—	—	0.43	—
Береза	Количество деревьев	196	0	0	0	—	196	—
	Объемы деревьев	9.5	0	0	0	—	9.5	—
Общее	Количество деревьев	524	136	68	22	—	750	Дм
	Объемы деревьев	72.5	68.5	33.8	11.1	—	185.9	Дм

Обозначения. Кл — климакс; Дм — демутация; Дг — дигрессия.

Оценивая полученные связи предикторов, выраженные в цифровых величинах, нельзя не отметить важный акцент в трактовке получаемых зависимостей и связи их с динамическим сукцессионным положением анализируемого биогеоценоза. В лесоводственной литературе можно встретить различные суждения о фазовых положениях лесных сообществ, основанные на объемных показателях деревьев в возрастных поколениях. Некоторые исследователи полагают, что фазе климакса, то есть самому устойчивому состоянию лесного биогеоценоза, соответствует распределение объемов деревьев в возрастных поколениях с одним экстремом значений в середине возрастного ряда (Гусев, 1964), приблизительно такое, как на рис. 1 (ПП 1).

Многолетние исследования структур коренных лесов хвойных формаций в различных подзонах тайги убеждают в том, что это суждение не соответствует закономерностям формирования структур устойчивых лесных сообществ. Статистическая оценка изучаемых связей наглядно демонстрирует положение, при котором наиболее тесная связь определяется при равномерном распределении объемов деревьев в возрастных поколениях

возрастных рядов любых динамических состояний биогеоценозов — климаксовых, демутационных, дигрессивных, как в нашем случае в биогеоценозе ПП 2 — суммарных значений породных секций древостоя. Таким образом, величина связи объемов и возраста деревьев в возрастных поколениях зависит только от равномерности распределения этих объемов в возрастных поколениях возрастных рядов. При этом связь равномерности распределения объемов деревьев в возрастных поколениях с динамическим состоянием лесного сообщества зависит от положения обозначенного равномерного распределения в возрастном ряду биогеоценоза. То есть равномерное увеличение объемов деревьев в поколениях от больших возрастов к малым определяет динамику сообщества как демутационную (табл. 3), ПП 2, сосна. Равномерное увеличение объемов деревьев в поколениях от молодых возрастов к более старым — как дигрессивную. При близких по значению объемах деревьев в возрастных поколениях — как климаксовую, при этом чем меньше разница в значениях объемов в возрастных поколениях, тем ближе лесное сообщество к состоянию климакса.

Таблица 4. Количество подроста на площади сосновых болот мезотрофного типа по породам в градациях высоты

Порода	Распределение подроста по градациям высоты (м), шт/га								Всего
	До 0.5	0.6—1.0	1.1—1.5	1.6—2.0	2.1— 2.5	2.6—3.0	3.1—3.5	3.6—4.0	
ПП 1									
Сосна	27	27	—	—	—	—	—	—	54
Ель	86	93	86	127	86	47	73	53	651
Береза	180	80	133	133	20	47	27	27	647
Всего	293	200	219	260	106	94	100	80	1352
ПП 2									
Сосна	125	50	—	—	—	—	—	25	200
Ель	125	25	25	25	—	50	75	25	350
Береза	100	200	150	250	300	200	225	500	1925
Всего	350	275	175	275	300	250	300	550	2475

Естественное возобновление по количественным параметрам в лесном сообществе — едва ли не основная структура, обеспечивающая преемственность поколений эдификаторной и других древесных пород биогеоценоза.

В числовых соотношениях пород в структуре подроста определяется формационный тип и динамика развития лесного биогеоценоза в перспективе. В табл. 4 рассмотрены показатели подроста на площади изучаемых сосновых мезотрофных болот. Как правило, при анализе структур естественного возобновления приводится видовой состав и количественная оценка подлесочных пород. В данном случае на площади изучаемых сообществ подлесочные породы не обнаружены или присутствовали на граничных с мезотрофными биогеоценозами местоположениях.

Породный состав естественного возобновления на площади обоих лесных сообществ по видовому составу соответствует породному составу древесного полога древостоя, но по количественному содержанию имеет особенности, способные в процессе развития биогеоценоза изменить его формационный статус. Очевидно, что количество подроста сосны явно недостаточно для формирования во временной динамике полночленных возрастных поколений сосны в возрастных рядах древостоев ПП 1 и ПП 2. Его будет замещать подрост ели и в еще большей степени — березы. В этой связи остается большая неопределенность в том, возможна ли смена формации биогеоценоза на эти породы в будущем. Предсказать такой ход событий на текущий период невозможно: он будет целиком зависеть от колебаний эдафических условий роста лесных сообществ. Именно они рассматриваются как определяющий фактор динамических преобразований структур болотных экосистем, в том числе

в значительной степени это относится к болотам мезотрофного типа, занимающим по водному питанию промежуточное положение между болотами евтрофного и олиготрофного типов.

Характеристики состояния деревьев и древостоев в целом в числе других лесоводственных показателей оценивают качественное, санитарное положение лесных сообществ, возможные перспективы их развития при наличии различных эндогенных и экзогенных воздействий. В нашем случае при отсутствии антропогенных воздействий на болотные экосистемы могут влиять только климатогенные, гидрогенные и биогенные факторы.

На территории пробных площадей все деревья по визуальной оценке состояния крон распределялись по категориям состояния в пределах шестибальной шкалы, принятой в лесопатологии (Правила ..., 2021) (табл. 5).

Из приведенных выше данных следует, что количество деревьев во всех породных секциях древостоя ПП 1 постепенно убывает по мере снижения балловой оценки деревьев, что в общем характерно для коренных лесных сообществ, не испытывающих антропогенных нагрузок, развивающихся по своей эволюционной динамике. В то же время по отдельным породным секциям можно заметить некоторые особенности, корректирующие средние значения состояния для древостоя в целом. В обоих биогеоценозах можно видеть наибольшее количество деревьев категории старого сухостоя по сравнению с другими категориями общего текущего древесного отпада — категории усыхающих, свежего и старого сухостоя. Как правило, сумма деревьев этих категорий в большей степени, чем другие категории, определяет общее состояние биогеоценоза. Состояние деревьев секции сосны в древостое ПП 1 оценивается как ослабленное, в

Таблица 5. Показатели состояния деревьев и древостоев сосновых мезотрофных болот

Порода	Распределение числа деревьев по категориям состояния, экземпляры, %						Всего, экземпляры, %	Средний балл состояния
	1	2	3	4	5	6		
ПП 1								
Сосна	181–50.0	110–30.4	31–8.9	–	–	39–10.7	361–100	2.0
Ель	177–48.2	164–44.6	20–5.4	–	7–1.8	–	368–100	1.6
Береза	12–25.0	6–12.5	23–50	–	–	6-12.5	47–100	2.6
Всего	370–47.1	280–38.0	74–9.0	–	7–0.9	45–5.0	776	2.1
ПП 2								
Сосна	289–54.0	93–17.3	47–8.7	21–4.0	25-4.7	61–11.3	536–100	2.2
Ель	11–60	7–40	–	–	–	–	18–100	1.4
Береза	73–37.1	83–42.6	33–16.7	3–1.8	–	4–1.8	196–100	1.9
Всего	373	183	80	24	25	65	750	1.8

древостое ПП 2 – на 0.2 балла хуже. Для ели и березы средние значения состояния пород в древостое ПП 2 несколько лучше, чем в древостое ПП 1, особенно это касается березы, что отражается на общей оценке древостоя, которая в ПП 1 на 0.3 балла хуже, чем в ПП 2. Тем не менее полученные показатели характеризуют изучаемые сообщества как вполне нормально функционирующие здоровые биогеоценозы.

В древостое ПП 1 влияние грибных возбудителей, связанное с присутствием гнилевых фаутов стволов деревьев, несущественно и выражается в показателе 7% от числа всех деревьев сосны. В древостое ПП 2 влияние этого же фактора так же мало – 6% от числа всех деревьев сосновой секции. Основными возбудителями гнилей сосны в изучаемых биогеоценозах являются базидиальные дереворазрушающие грибы: трутовик Швейница (*Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat.), вызывающий корневые и комлевые гнили деструктивного типа; сосновая губка (*Phellinus pini* (Thore.: Fr.) Ames.), вызывающая преимущественно гнили стволов на разной высоте; сосновая корневая губка (*Heterodasidion annosum* (Fr.) Bref.) как наиболее опасный возбудитель корневых гнилей, способный к очаговому распространению и гибели деревьев на больших площадях. Все губки вызывают коррозионные ситовые гнили. Влияние энтомовредителей на ослабление деревьев сосны не отмечено. Деревья еловой секции не имеют поражения грибами-возбудителями гнилей. Все ослабление связано с сопряженным влиянием колебаний климатогенно-гидрогенных факторов.

Древесный отпад в настоящее время привлекает все большее внимание специалистов, изучающих лесные экосистемы в связи с интенсификацией проблем увеличения в атмосфере парниковых

газов. Биомасса древесины валежа в лесных экосистемах, развивающихся в нормальной естественной сукцессионной динамике, составляет значительную часть общего объема древесной фракции биогеоценозов, достигая в некоторых примерах более половины запасов древостоев. Вся эта биомасса в течение разных временных периодов разлагается комплексом гетеротрофных организмов – животными, грибами разных таксономических групп, актиномицетами, бактериями, вирусами и, наконец, прокариотами (Головченко и др., 2023) до элементов и соединений, включающихся в общий круговорот вещества и энергии лесных экосистем – C , CO_2 , H_2O и Q (энергия) (Замолотчиков и др., 2003; Замолотчиков и др., 2005; Стороженко, 2007).

При этом породный состав стволов валежа в общем объеме фракции древесного отпада, как правило, соответствует составу древостоя, но в соотношении пород может значительно варьировать, исходя из типологической и формационной структуры лесного сообщества (рис. 2).

В табл. 6 приведены характеристики древесного отпада на площади изучаемых сосновых мезотрофных болот. В нашем случае диаграммы рис. 2 подтверждают этот вывод. Валеж по происхождению имеет следующие величины: ПП 1 – 68.8% бурелом и 31.2% ветровал; ПП 2 – 91% бурелом и 9% ветровал. Можно отметить, что объемы валежа по отношению к запасам древостоев на площади ПП 1 в два раза меньше, чем на ПП 2. Этот факт дает основание предположить, что причиной стали последствия прошедшего на площади ПП 2 примерно 15 лет назад пожара, местами затронувшего корневые системы сосны. Основные объемы валежа в древостоях ПП 1 появились в период от 40 до 50 лет в ретроспективе, причина которого неясна. Вместе с тем можно констатировать, что

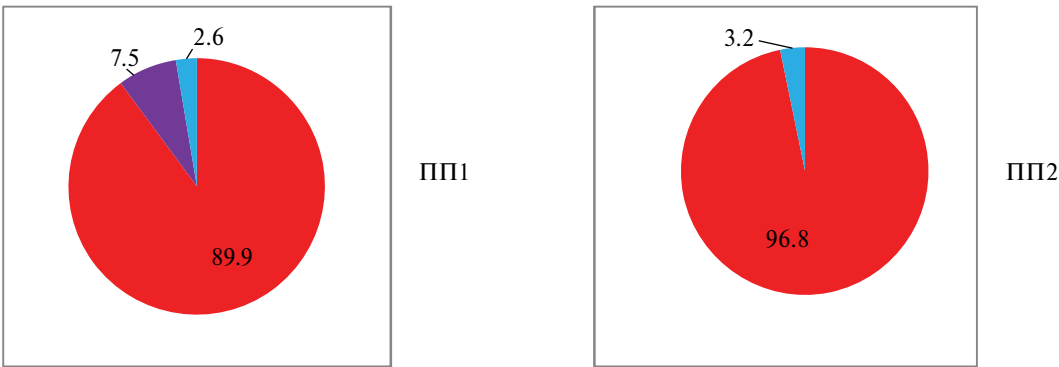


Рис. 2. Участие древесных пород в общем объеме валежа ПП 1 и ПП 2. Обозначения. Цвета древесных пород: красный – сосна, фиолетовый – ель, синий – береза.

отмеченные на обеих ПП объемы древесного отпада имеют весьма скромные величины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сосновые мезотрофные болота относятся к коренным БГЦ лесных болот, имеющим древесный ярус абсолютно разновозрастного типа возрастной структуры, смешанного породного состава с подавляющим превосходством сосны обыкновенной как по числовым, так и по объемным показателям. По лесоводственным и таксационным характеристикам для всех древесных пород, слагающих биогеоценозы мезотрофных лесных болот, экологические условия формирования стволовой биомассы в биогеоценозе ПП 1 благоприятнее, чем в биогеоценозе ПП 2. В то же время можно говорить о структурной устойчивости сообществ в определенном временном пространстве.

Статистический анализ величины связи объемов деревьев с их возрастом в возрастных поколениях для ПП 1 при линейном и экспоненциальном

приближениях соответственно $R^2 = 0.034$ и $R^2 = 0.130$ – связь очень слабая. Для ПП 2 по обоим приближениям $R^2 = 0.930$ – связь очень высокая, тесная, почти функциональная.

Показано, что величина связи объемов и возраста деревьев в возрастных поколениях зависит только от равномерности распределения этих величин в возрастных поколениях возрастных рядов. При этом существует связь равномерности распределения объемов деревьев в возрастных поколениях с динамическим положением лесного сообщества, и она зависит от положения обозначенного равномерного распределения в возрастном ряду биогеоценоза: равномерное возрастание объемов деревьев в поколениях от малых возрастов к большим определяет динамику сообщества как демулационную; равномерное возрастание объемов деревьев от малых величин к большим оценивает динамику сообщества как дигрессивную, чем меньше разница в значениях объемов деревьев в возрастных поколениях возрастного ряда, тем ближе лесное сообщество к состоянию климакса.

Таблица 6. Распределение стволов валежа по стадиям разложения в древостоях сосновых мезотрофных болот

Показатели	Запас древостоя, м³га ⁻¹	Количество (%) и объемы (м³га ⁻¹) валежа по стадиям разложения					Всего на 1 га	% от запаса
		1 стадия	2 стадия	3 стадия	4 стадия	5 стадия		
ПП 1								
Количество валежа, %	264.5	4.5	8.4	30.5	43.6	13.0	100	19.8
Объем, м³га ⁻¹		0.5	0.5	15.5	7.2	1.4	34.4	13.0
ПП 2								
Количество валежа, %	185.9	5	18.5	20.8	18.5	37.2	100	20.3
Объем, м³га ⁻¹		3.9	34.3	2.5	2.6	8.0	51.3	27.6

Структура и состав естественного возобновления в обоих сосновых мезотрофных болотных БГЦ предполагает возможность смены сосновой формации на смешанную елово-березовую формацию, но такой сценарий возможен только при значительных климатогенно-гидрогенных колебаниях, влияющих на изменение эдафических условий роста болотных сосняков.

Микогенные и энтомогенные воздействия на состояние деревьев и древостоев не имеют существенного влияния.

Структура переходных торфяных залежей болотных сосняков при всей схожести зависит от их геоморфологического положения и гидрологического режима. В более дренированном сосняке чернично-сфагновом несколько выше зольность, значительно выше степень разложения и плотность торфа, чем в сосняке чернично-багульниково-сфагновом, расположенном в глубокой котловине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.
- Вомперский С.Э., Глухов А.И.* Геоморфологическое положение болотных лесов и безлесных болот различного генезиса // Биогеоэкологическое изучение болотных лесов в связи с опытной гидrolесомелиорацией. М.: Наука, 1982. 207 с.
- Головченко А.В., Грачева Т.А., Семенова Т.А., Морозов А.А., Самигуллина С.Р., Глухова Т.В., Инишева Л.И.* Мицелиальный компонент эутрофных торфяных почв в зоне активной деструкции органического детрита // Почвоведение. 2023. № 5. С. 536–549.
- Гусев И.И.* Строение и особенности таксации ельников Севера. М.: Лесная промышленность, 1964. 76 с.
- Дворецкий М.Л.* Пособие по вариационной статистике. М.: Лесная промышленность, 1971. 103 с.
- Дыренков С.А.* Структура и динамика таежных ельников. Л.: Наука, 1984. 172 с.
- Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Честных О.В.* Коэффициенты конверсии запасов насаждений в фитомассу для основных лесообразующих пород России // Лесная таксация и лесоустройство. 2003. Т. 1. № 32. С. 119–127.
- Замолодчиков Д.Г., Коровин Г.Н., Уткин, А.И., Честных О.В., Сонген Б.* Углерод в лесном фонде и сельскохозяйственных угодьях России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. 212 с.
- Правила санитарной безопасности в лесах. Постановление Правительства РФ от 09.12.2020 № 2047. М., 2020. 23 с.
- Пьявченко Н.И.* Лесное болотоведение. М.: АН СССР, 1963. 192 с.
- Семенский Е.Т.* Технический анализ торфа. М.: Недра, 1966. 231 с.
- Стороженко В.Г.* Датировка разложения валежа ели // Экология. № 6. 1990. С. 66–69.
- Стороженко В.Г.* Устойчивые лесные сообщества. Теория и эксперимент. М.: Гриф и К, 2007. 190 с.
- Стороженко В.Г.* Древесный отпад в коренных лесах Русской равнины. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 122 с.
- Стороженко В.Г., Крутов В.И., Руоколайнен А.В., Коткова В.М., Бондарцева М.А.* Атлас-определитель деструктивных грибов лесов Русской равнины. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 195 с.
- Стороженко В.Г., Глухова Т.В.* Структура и состояние древостоя на низинном черноольховом болоте Тверской области // Лесоведение. 2022. № 5. С. 494–503. Doi 10/31857/S0024114822050060
- Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г.* Справочник таксатора. М.–Л.: Гослесбумиздат, 1952. 853 с.
- Шорохова Е.В., Шорохов А.А.* Характеристика классов разложения древесного детрита ели, березы и осины в ельниках подзоны средней тайги // Труды СПбНИИ лесного хозяйства. Вып. 1. СПб, 1999. С. 17–23.
- Шорохова Е.В.* Запасы и экосистемные функции крупных древесных остатков в таежных лесах: дис. ... доктора биологических наук: 03.02.08. СПб.: СПбЛТУ, 2020. 299 с.
- Niemelä T.* Käävät, puiden sienet. Helsinki University Press, 2005. 319 p.

Structure of Tree Stands and Peat Deposits of Pine Mesotrophic Bogs in the Western Dvina District of the Tver Region

V. G. Storozhenko^{1,*}, T. V. Glukhova¹

¹*Institute of Forest Science of the RAS Sovetskaya st. 21, Uspenskoe, Odintsovsky District, Moscow Oblast, 143030 Russia*

**E-mail: lesoved@mail.ru*

The studied indigenous pine mesotrophic bogs are located in the Western Dvina district of the Tver region and have mixed atmospheric and groundwater supply with reduced water runoff. A comparative assessment of two mesotrophic biogeocenoses (blueberry-ledum-sphagnum pine forest (PP 1) and blueberry-sphagnum pine forest (PP 2)) is given by the parameters of age series of forest stands, dynamic successional position, regenerative potential, condition of trees and forest stands, volumes of woody debris, degree of infestation by wood-destroying fungi, characteristics of the composition and structure of peat deposit horizons. Mesotrophic forest bogs (Pyavchenko, 1963) belong to the primary biogeocenoses, have a tree layer of different ages, mixed species composition with an overwhelming dominance of Scots pine in numerical and volumetric characteristics. The closeness of the correlation between the volumes of trees and their age in age generations differs: for biogeocenosis PP 1, the correlation based on the linear and exponential approximations is almost absent, for biogeocenosis PP 2, the correlation is very close, almost functional, $R^2 = 0.93$. This situation occurs due to the degree of uniformity of tree volumes distribution in age series. The structure and composition of natural regeneration in both pine mesotrophic bog biogeocenoses suggests the possibility of the mixed spruce-birch formation replacing the pine formation only under significant climatogenic-hydrogenous fluctuations affecting the change in edaphic conditions of growth of bog communities. The study explains differences in the volumes of wood debris by the stages of deadwood decomposition. The transitional peat deposits of both pine forests are similar in structure, but have differences in their thickness: 5.0 m under the blueberry-ledum-sphagnum pine forest and 3.0 m under the blueberry-sphagnum pine forest. While there are undeniable similarities in structure of peat deposits of the pine forests, some differences in ash content, degree of decomposition and density can still be traced, which can be explained by differing geomorphological positions and hydrological regime of both pine forests. For the first time, quantitative and volumetric characteristics of the tree stands and peat deposit horizons structures of native pine mesotrophic bogs are shown in comparative dynamics.

Keywords: pine mesotrophic bogs, age structures, natural regeneration, tree mortality, successional dynamics, Fibric Histosols Dystric.

REFERENCES

- Arinushkina E.V., *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv* (Handbook on chemical analysis of soils), Moscow: Izd-vo MGU, 1970, 487 p.
- Dvoretiskii M.L., *Posobie po variatsionnoi statistike* (Manual on analysis of variance for foresters), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1971, 104 p.
- Dyrenkov S.A., *Struktura i dinamika taezhnykh el'nikov* (Structure and dynamics of the boreal spruce forest), Leningrad: Nauka, 1984, 174 p.
- Golovchenko A.V., Gracheva T.A., Semenova T.A., Morozov A.A., Samigullina S.R., Glukhova T.V., Inisheva L.I., Mitsel'nyi komponent eutrofnikh torfyanykh pochv v zone aktivnoi destruktii organicheskogo detrita (The mycelial component of eutrophic peat soils in the zone of active organic detritus decomposition), *Pochvovedenie*, 2023, No. 5, pp. 536–549.
- Gusev I.I., *Stroenie i osobennosti taksatsii el'nikov Severa* (Structure and taxation features of spruce forests in the North), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1964, 76 p.
- Niemelä T., Käävät, puiden sienet, Helsinki: University Press, 2005, 319 p.
- Pravila canitarnoi bezopasnosti v lesakh* (Rules of sanitary safety in forests), Decree of the Government of the Russian Federation of 09.12.2020 No. 2047, Moscow, 2020, 23 p.
- P'yavchenko N.I., *Lesnoe bolotovedenie* (Forest paludology), Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1963, 192 p.
- Semenskii E.P., *Tekhnicheskii analiz torfa* (Technical analysis of peat), Moscow: Nedra, 1966, 231 p.
- Shorokhova E.V., Shorokhov A.A., Kharakteristika klassov razlozheniya drevesnogo detrita eli, berezy i osiny v el'nikakh podzony srednei taigi (Features of the woody debris decomposition classes of spruce, birch and aspen in spruce forests of subdomain of middle taiga), *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaistva*, 1999, No. 1, pp. 17–23.

- Shorokhova E.V., *Zapasy i ekosistemnye funktsii krupnykh drevesnykh ostatkov v taezhnykh lesakh: dis. doktora biologicheskikh nauk* (Stocks and ecosystem functions of large woody debris in taiga forests. Doctor's biol. sci. thesis), Saint Petersburg: SPbLTU, 2020, 299 p.
- Storozhenko V.G., *Datirovka razlozheniya valezha eli* (Dating of spruce brushwood decay), *Ekologiya*, 1990, No. 6, pp. 66–69.
- Storozhenko V.G., *Drevesnyi otpad v korennykh lesakh Russkoi ravniny* (Woody debris in primary forests of the East European plain), Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2011, 122 p.
- Storozhenko V.G., Glukhova T.V., *Struktura i sostoyanie drevostoya na nizinnom chernool'khovom bolote Tverskoi oblasti* (Structure and condition of the lowland black alder swamp stand in the Tver region), *Lesovedenie*, 2022, No. 5, pp. 494–503.
- Storozhenko V.G., Krutov V.I., Ruokolainen A.V., Kotkova V.M., Bondartseva M.A., *Atlas-opredelitel' derevorazrushayushchikh gribov lesov Russkoi ravniny* (Identification guide for wood-destroying fungi of the Russian plain's forests), Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2014, 195 p.
- Storozhenko V.G., *Ustoichivye lesnye soobshchestva: teoriya i eksperiment* (Sustainable forest communities: theory and experiment), Moscow: Grif i K, 2007, 190 p.
- Tret'yakov N.V., Gorskii P.V., Samoilovich G.G., *Spravochnik taksatora* (Handbook for taxators), Moscow-Leningrad: Goslesbumizdat, 1952, 854 p.
- Vomperskii S.E., Glukhov A.I., *Geomorfologicheskoe polozhenie bolotnykh lesov i bezlesnykh bolot razlichnogo genezisa* (Geomorphological position of bog forests and treeless bogs of various genesis), In: *Biogeotsenologicheskoe izuchenie bolotnykh lesov v svyazi s opytnoi gidromelioratsiei* (Biogeocenological study of bog forests in connection with experimental hydromelioration), Moscow: Nauka, 1982, pp. 50–56.
- Zamolodchikov D.G., Korovin G.N., Utkin A.I., Chestnykh O.V., Sohngen B., *Uglerod v lesnom fonde i sel'skokhozyaistvennykh ugod'yakh Rossii* (Carbon pool of the forest fund and the farm lands of Russia), Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2005, 200 p.
- Zamolodchikov D.G., Utkin A.I., Chestnykh O.V., *Koeffitsienty konversii zapasov nasazhdenii v fitomassu osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod Rossii* (Conversion of stand volumes to phytomass: the factors for the dominant forest forming species of Russia), *Lesnaya taksatsiya i lesoustroistvo*, 2003, No. 1, pp. 119–127.