
ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

УДК 630*176.321.5

СТРУКТУРА ДРЕВОСТОЕВ И ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ЕВТРОФНЫХ ЧЕРНООЛЬХОВЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОДВИНСКОГО РАЙОНА ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2025 г. В. Г. Стороженко*, Т. В. Глухова

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

*E-mail: lesoved@mail.ru

Поступила в редакцию 22.01.2024 г.

После доработки 12.02.2024 г.

Принята к публикации 08.04.2024 г.

Сравнительная оценка лесоводственных характеристик древостоеев, торфяных залежей и динамики развития девственных низинных евтрофных черноольховых болот ранее не проводилась, что определило выбор цели настоящего исследования. В лесных массивах Западнодвинского р-на Тверской обл. для анализа выбраны низинные черноольховые болота атмосферно-грунтового водно-минерального питания, одно из которых имеет переменное проточное увлажнение, другое – застойное. Изучены возрастные, динамические, возобновительные характеристики, состояние деревьев и древостоеев, показатели древесного отпада, пораженность древостоеев дереворазрушающими грибами. Данна сравнительная оценка характеристики торфов: pH солевой вытяжки, зольности, объемной массы (плотности), содержания углерода по почвенным горизонтам. Евтрофные черноольховые болота имеют в составе древостоеев обильную примесь ели европейской в разных соотношениях и незначительную примесь бересклета пушистого. При изменении эдафических условий эта особенность определяет возможность смены ольховой формации на еловую. Для биогеоценоза с проточным увлажнением с использованием экспоненциального приближения показаны высокие значения связи присутствия ели в возрастных поколениях возрастных рядов – $R^2 = 0.696$. В евтрофных условиях роста бересклета может достигать возраста 150 лет. Почвы черноольшаников низинные торфяные, высокозольные, сложены мощными древесными торфами до 2–4 м с высокой степенью разложения по всей залежи (40–55%). Содержание углерода в торфах различно: 34–46 и 46–51% при достаточно высокой зольности соответственно в черноольшниках застенного и проточного увлажнения. Сравнительная оценка двух черноольховых евтрофных болот показывает, что ель европейская занимает подчиненное положение по отношению к ольхе черной. В условиях проточного увлажнения продуктивность ольхи черной на I-II бонитета выше, чем ели европейской. В более застенных условиях увлажнения ель европейская интенсивно заменяет ольху черную как в древесном ярусе, так и в подросте. Коренные разновозрастные евтрофные черноольховые болота по структуре возрастных рядов, сукцессионной динамике и древесного отпада сохраняют баланс биомассы как климаксовые устойчивые лесные сообщества.

Ключевые слова: болота евтрофного типа, формации ольхи черной и ели европейской, смена состава пород, мощные древесные торфы, проточное и застоечное увлажнение.

DOI: 10.31857/S0024114825010082 **EDN:** EDHLBO

Евтрофные болота благодаря особенностям смешанного водно-минерального питания, грунтового и дополненного атмосферными осадками, могут иметь древесный ярус, включающий несколько видов древесных пород. В зависимости от преобладания того или иного вида водно-минерального

питания присутствие в древостоях главных эдификаторных пород, определяющих формационный состав биогеоценозов, может быть различным. В регионе исследований преобладают ольховые и еловые евтрофные болота с доминированием в первом ярусе ольхи черной (*Alnus glutinosa* L.) или

ели европейской (*Picea abies* L.) с примесью бересы, реже осины. Именно смешанное водно-минеральное питание определяет разнородный формационный состав древесного яруса болот этого типа. Как правило, в составе древостоев среди доминирующих пород – ольхи черной и ели европейской – встречаются береза пушистая (*Betula pubescens* L.), осина (*Populus tremula* L.), редко вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.). Можно также допустить, что смешанное питание, предполагающее присутствие нескольких основных пород в древесном пологе, определяет более интенсивные по сравнению с верховыми и мезотрофными лесными болотами динамические процессы в структурных изменениях породного состава древостоев, вплоть до смены формаций биогеоценозов.

Возрастные, динамические, санитарные характеристики древостоев, показатели гнилевого поражения деревьев, состав и структура торфяных залежей евтрофных болот изучены фрагментарно. Не раскрыты связи между отдельными показателями в структурах древостоев и между древесным и торфяным ярусами евтрофных болот (Юркевич и др., 1968; Sicinski, Filipiak, 1992; Благодарова, 2005; и др.). В настоящей работе изучены структуры двух вариантов евтрофных болот, отличающихся особенностями периодических колебаний уровня почвенно-грунтовых вод (УПГВ). Биогеоценозы относятся к не нарушенным хозяйственной и рекреационной деятельностью сообществам с естественным эволюционным ходом формирования структур и функций слагающих их древостоев.

Цель работы – изучить структуру древостоев по породным, возрастным, возобновительным параметрам, состоянию деревьев и древостоев, объемам древесного отпада, особенностям поражения деревьев и древостоев дереворазрушающими грибами; выявить структурные и компонентные особенности горизонтов торфяной толщи изучаемых евтрофных болот.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

В качестве объектов исследований выбраны два черноольховых болота евтрофного типа, расположенные в лесных массивах Велесского лесничества Западнодвинского района Тверской области. Первая пробная площадь – черноольшаник крупнотравно-таволговый (ПП 1) (N 56° 11.296'; E 32°14.965') – расположена на широком пониженнем плоском берегу озера Страховское и соединена с ним одними условиями колебания УПГВ. Водное питание древостоя ПП 1 с 2023 г.ено нарушило деятельность бобров, в результате чего УПГВ поднимается до 1–2 см над поверхностью болота, особенно при избытке атмосферных осадков. Вторая пробная площадь – черноольшаник крупнотравно-папоротниковый (ПП 2) (N 56°10'15'';

E 32°08'16'') – находится в плоском понижении проточного ручья, определяющего УПГВ и структуру древесного полога, имеет довольно широкую (до 100 м) вогнутую поверхность, окружена моренными холмами (Стороженко, Глухова, 2022).

На ПП проведено лесоводственное описание древостоев, сплошной перечет деревьев с нумерацией, измерением диаметра на высоте 1.3 м, высоты деревьев с использованием лазерного высотомера Nicon Forestry Pro. У деревьев всех пород возрастным буром Пресслера фирмы MORA (Sweden) отбирали керны у комля дерева для определения возрастов и наличия гнилевых фаутоов, а также стадии и типа гнили. Определялись состояние деревьев (Правила..., 2020), их пораженность, виды дереворазрушающих грибов (Стороженко, 2011; Sicinski, Filipiak, 1992; Niemelä, 2005). Учитывались породный состав и количество естественного возобновления по градациям высоты через 0.5 м. При описании валежа принимали во внимание породу валежного ствола, диаметр у комля, стадию разложения (Стороженко, 1990, 2011). В камеральный период определялись объемные показатели деревьев и запасы древостоев (Третьяков и др., 1952; Сортиментные..., 1986). Вычислялись средние морфометрические и возрастные показатели пород деревьев, слагающих древостой. Строились возрастные ряды для каждой древесной породы и древостоя в целом (Дыренков, 1984; Стороженко, 2007), определялось динамическое положение каждой породной секции древостоя и биогеоценоза в целом. Зависимости показателей между собой определялись с помощью программы Excel.

На обеих ПП для характеристики торфяной залежи с помощью торфяного бура ТБГ-1 диаметром 5 см с насадками по 50 см отбирали почвенные образцы из разных горизонтов. Степень разложения и ботанический состав (вид торфа) по выделенным генетическим горизонтам определены в ВНИИ овощеводства О.Н. Успенской, содержание углерода – на элементном анализаторе vario MICRO cube (Германия), pH солевой вытяжки и зольность – по методике Е.В. Аринушкиной (Аринушкина, 1970). Объемную массу торфа определяли с помощью торфяного бура. Образцы на влажность отбирали из нужного горизонта, высушивая их до постоянного веса при 105°C, и рассчитывали объемную массу (Семенский, 1966).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изложение результатов исследований представлено по варианту сравнительной оценки данных различных лесоводственных и торфяных характеристик структур двух болотных систем, принятых к изучению.

Поверхность болот представляет собой кочкарники с высотой кочек, достигающей 1 м, на

которых произрастают преимущественно древесные породы, включая ольху черную, ель и березу. На выровненных участках поверхности болот произрастают в основном кустарниковые растения и травы.

В древостоях ПП 1 в кустарниковом ярусе преобладают черемуха (*Padus rasemosa* (Lam.) Gilib.), ива пепельная (*Salix cinerea* L.), рябина (*Sorbus aucuparia* L.), крушина (*Frangula alnus* Mill.), смородина черная (*Ribes nigrum* L.). В травяном ярусе ПП 1 фоновыми видами являются таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria* L. Maxim.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), папоротник (кочедыжник) (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth et Mert.), белокрыльник (*Calla palustris* L.). Прочие виды – дудник лесной (*Angelica Sylvestris* L.), паслен сладко-горький (*Solanum Dulcamara* L.), сердечник горький (*Cardamine amara* L.) и волосистоплодная (*Carex lasiocarpa* Ehrh.) и пузырчатая (*Carex vesicaria* L.) осоки. Сфагновые мхи отсутствуют.

В кустарниковом ярусе ПП 2, кроме перечисленных в ПП 1, присутствуют ива пятитычинковая (*Salix pentandra* L.) и калина (*Viburnum opulus* L.). В травяном ярусе добавляются вербейник

обыкновенный (*Lysimachia vulgaris* L.), тростник (*Phragmites australis* (Cav.), вех ядовитый (*Cicuta virosa* L.), телиптерис болотный (*Thelypteris palustris* Schott.) и хвощ топяной (*Equisetum fluviatile* L.).

По результатам экспериментальных исследований определено, что почвы черноольшаников крупнотравно-таволгового и крупнотравно-папоротникового торфяные низинные (*Fabric Histosols*), высокозольные, сложены мощными древесными торфами с высокой степенью разложения по всей залежи (40–55%) (табл. 1). Мощность торфяных отложений составляет 2.0 и 3.7 м, залежи подстилаются сапропелем и суглинками соответственно на ПП 1 и ПП 2.

Торфы имеют слабокислую реакцию, pH солевой вытяжки меньше в торфе ПП 1 (4.7), чем в торфе ПП 2 (5.6). Зольность торфа на обеих ПП различается значительно: большая зольность в почве черноольшаника застойного увлажнения (11–35%) и меньшая (11–19%) – проточного. Высокая степень разложения торфов обуславливает значительную объемную массу (плотность) этих торфов в среднем (0.16 – ПП 1 и 0.19 – ПП 2). Содержание углерода в торфах черноольшаников достигает

Таблица 1. Характеристика торфа в черноольшаниках крупнотравно-таволговом (ПП 1) и крупнотравно-папоротниковом (ПП 2)

Глубина отбора торфа, см	Мощность горизонта, см	pH солевой вытяжки		Зольность, %		Объемная масса, г/см ³		Содержание углерода, % к сух. в-ву	
		ПП1	ПП2	ПП1	ПП2	ПП1	ПП2	ПП1	ПП2
0–10	10	4.3	5.4	15.1	18.6	0.16	0.17	44.2	45.8
10–20	10	4.3	5.4	11.6	15.4	0.10	0.18	45.9	47.9
20–30	10	4.4	5.3	11.4	13.5	0.12	0.17	46.0	48.2
30–40	10	4.4	5.4	19.3	12.2	0.18	0.16	42.1	48.9
40–50	10	4.4	5.5	14.9	11.3	0.19	0.17	44.3	49.0
50–60	10	4.5	5.5	24.7	10.9	0.14	0.17	39.3	49.7
60–70	10	4.5	5.5	35.4	10.7	0.12	0.17	33.9	49.3
70–80	10	4.6	5.4	34.5	10.2	0.21	0.15	34.4	49.9
80–90	10	4.6	5.6	34.5	9.8	0.16	0.15	34.4	50.5
90–100	10	4.5	5.5	33.8	9.7	0.21	0.16	34.7	50.1
100–150	50	4.7	5.6	27.5	9.6	0.15	0.23	37.9	50.8
150–190	40	4.7	5.5	41.5	13.7	0.18	0.21	30.9	47.6
190–200 Сапропель	10	4.7	–	76.0	–	0.22	–	13.5	–
200–250	50	–	5.6	–	23.8	–	0.22	–	42.2
250–300	50	–	5.5	–	28.6	–	0.33	–	39.8
300–370	70	–	5.5	–	22.5	–	0.20	–	43.8

максимума 46 и 51% (при достаточно высокой зольности) соответственно на ПП 1 и ПП 2.

В табл. 2 приведены характеристики лесоводственных показателей изучаемых болот.

Как следует из данных табл. 2, древостои обоих биогеоценозов имеют две основные породы – ольху черную и ель европейскую. В древостое ПП 1 присутствует некоторая примесь березы – 47 стволов на 1 га, а на ПП 2 она единична. В обоих сообществах единично представлена и осина (*Populus tremula L.*).

В древостое ПП 1 при малой численности береза имеет предельные для древостоя средние высоты, достигающие 25 м (1 ярус древостоя), самые крупные средние диаметры – более 30 см, равные в максимуме 52 см, и объемы стволовой древесины 47.13 м³/га, составляющие 12.6% от общего запаса древостоя. Эта порода в условиях евтрофных болот может достигать возраста 130 и более лет, что для березы является чрезвычайно высокими возрастными значениями. При этом береза предельного возраста располагается на высоких кочках, имеет мощные корневые лапы, начинающиеся с высоты 1–1.5 м, ребристый ствол и темно-коричневую окраску сердцевинной древесины. В доминирующую по запасам стволовой древесины секцию ольхи черной входит основное количество деревьев из состава древостоя (55.7%) с крупными средними диаметрами деревьев, большими высотами, которые составляют вместе с березой первый ярус древостоя, и самыми крупными диаметрами стволов деревьев, что и определяет наибольшее участие этой породы в общем запасе древостоя (табл. 3). Ель имеет подчиненное положение, незначительные средние величины диаметров и высот, однако по количеству деревьев составляет 37.7% от общего числа деревьев. Такая структура древостоя может помочь при анализе динамического положения биогеоценоза.

Древостой второй ПП включает только ольху черную и ель европейскую. Можно видеть, что по морфометрическим показателям ольха черная преобладает над елью, которая входит только во второй ярус древостоя и сравнивается по средним высотам с елью первой ПП. Очевидно, что ель занимает в биогеоценозе ПП 2 также подчиненное положение.

Анализ возрастной структуры биогеоценозов позволяет оценить несколько характеристик сообществ, включая строение возрастных рядов, динамическое сукцессионное положение биогеоценоза, динамику его развития в ретроспективе и перспективе на довольно длительные периоды.

Динамические характеристики приведены по основным, участвующим в формировании запаса древостоев породам, если бы они описывали

каждую породную секцию как отдельный древостой – ольшаник или ельник, березняк, сосняк и т.д.

Сумма показателей количества деревьев из объемов всех породных секций по возрастным поколениям для всего биогеоценоза определяет его общее сукцессионное положение.

Из данных табл. 3 видно, что распределение объемов деревьев в возрастных поколениях ПП 1 ольховой секции имеет экспесс значений, склоняющийся к первым трем поколениям старшего возраста, составляющим в сумме 84.0% всего объема ольховой секции.

Максимум объема деревьев третьего возрастного поколения образовался всего 40 лет назад, когда биогеоценоз находился в фазе климакса. Современная динамика возрастного ряда биогеоценоза определяет его как климаксово-дигрессивный с уверененной тенденцией в область дигрессии. Такая же тенденция характерна и для распределения числа деревьев в возрастных поколениях. Показательные значения связи величины объемов деревьев в возрастных поколениях (табл. 4). Корреляционное отношение, рассчитанное по линейному приближению, характеризует связь как “умеренную” – $R^2 = 0.302$. В то же время корреляционное отношение, рассчитанное по экспоненциальному приближению, характеризует связь как “значительную”, приближающуюся к “высокой” – $R^2 = 0.687$. Из этого следует, что объемы деревьев в возрастных поколениях ольховой секции в большей степени описывают ее разновозрастную структуру, тяготеющую, однако, в область дигрессии.

Распределение объемов деревьев в возрастных поколениях секции ели европейской на ПП 1 характеризуют ее в большей степени как дигрессивную при среднем возрасте деревьев 72 года, относящихся к пятому поколению возрастного ряда. Распределение числа деревьев в поколениях, напротив, характеризует секцию как демутационную, поскольку основное количество деревьев сосредоточено в поколениях ниже среднего возраста деревьев, входящих в еловую секцию. Связь величины объемов древостоев в поколениях с увеличением возраста в возрастном ряду по линейному приближению оценивается как слабая, по экспоненциальному – как умеренная, т. е. деревья ели разного возраста могут входить в состав разных возрастных поколений. Наибольшие величины связи двух обсуждаемых параметров отмечаются у березы по обоим приближениям соответственно $R^2 = 0.816$ и $R^2 = 0.814$ – связь “высокая, тесная”, указывающие на равномерное распределение объемов деревьев по возрастным поколениям возрастного ряда. Показатели объемов совместных значений деревьев ольхи черной, ели европейской и березы ПП 1 имеют ожидаемо незначительные величины:

Таблица 2. Лесоводственная характеристика евтрофных болот Западнодвинского района Тверской области

Породный состав древостоя		Запас $\text{м}^3 \text{га}^{-1}$	Тип леса	Средняя высота, м		Средний диаметр, см		Бонитет		Черешня, ява, смородина, крушина			
по числу деревьев	по запасу			отходы	отходы	отходы	отходы	отходы	отходы	отходы	отходы		
				отходы	отходы	отходы	отходы	отходы	отходы	отходы	отходы		
6Ол4Е +Б	7Ол3Е +Б	373.3	Черно-ольшаник крупно-травянистый	19.3	14.3	20.3	24.9	16.9	31.3	95	72		
6Ол4Е	8Ол2Е	445.7	Черно-ольшаник крупно-травянистый	22.1	14.4	—	31.0	17.0	—	97	93		

Примечание. Тип возрастной структуры: Ар – абсолютно разновозрастный.

Таблица 3. Возрастная и динамическая структура древостоев евтрофных черноольховых болот

Порода	Измеряемые величины, экз/м ³ га ⁻¹	Количество и объемы деревьев в возрастных поколениях								Всего	Фаза динамики
		До 40	41–60	61–80	81–100	101– 120	121– 140	141– 180	> 180		
ПП1											
Ольха	Количество деревьев	33	40	27	87	140	53	13	—	393	Кл–Дг
	Объемы деревьев	1.1	1.7	3.4	32.7	116.4	65.7	22.5	—	243.5	Кл–Дг
Ель	Количество деревьев	26	80	67	33	53	7	—	—	266	Дм
	Объемы деревьев	0.8	6.3	8.5	16.1	44.3	6.7	—	—	82.7	Кл–Дг
Береза	Количество деревьев	—	7	—	7	13	—	—	20	47	Дг
	Объемы деревьев	—	0.47	—	0.26	11.1	—	—	35.3	47.13	Дг
Общее	Количество деревьев	59	127	94	127	206	60	13	20	706	Кл
	Объемы деревьев	1.9	8.3	11.9	49.1	171.8	72.4	22.5	35.3	373.3	Кл–Дг
ПП2											
Ольха	Количество деревьев	33	40	0	20	67	87	20	—	267	Кл
	Объемы деревьев	0.2	0.5	0	24.1	21.9	43.2	10.1	—	380.3	Кл–Дг
Ель	Количество деревьев	7	53	33	80	33	33	20	—	259	Кл
	Объемы деревьев	3.0	7.4	7.0	23.5	8.3	27.4	23.4	—	65.4	Дг
Общее	Количество деревьев	6.7	15.8	5.6	28.2	16.7	20.3	6.7	—	526	Кл
	Объемы деревьев	0.6	1.5	1.0	24.0	19.9	40.9	12.1	—	445.7	Кл–Дг

Примечание. Фаза динамики: Кл – климакс; Дг – дигressия; Дм – демутация. Сдвоенные обозначения (Кл–Дг и т.д.) объясняют переходные позиции сообщества от одной фазы к другой.

Таблица 4. Связь показателей объемов деревьев с возрастными поколениями – общая и по секциям древесных пород в изучаемых низинных евтрофных болотах

Порода	ПП 1		ПП 2	
	уравнения связи	R ²	уравнения связи	R ²
Ольха	y1 = 10.9x – 8.814	0.302	y1 = 4.892 – 5.285	0.418
	y2 = 0.699e ^{0.710x}	0.687	y2 = 4.892 – 5.285	0.418
Ель	y1 = 4.417x – 2.26	0.265	y1 = 3.660x – 0.357	0.621
	y2 = 1.203e ^{0.504x}	0.498	y2 = 3.061e ^{0.319x}	0.696
Береза	y1 = 11.53 – 17.05	0.816	—	—
	y2 = 0.040e ^{1.671x}	0.814	—	—
Общая	y1 = 7.25 + 4.02	0.101	y1 = 4.721x – 4.6	0.456
	y2 = 4.196e ^{0.382x}	0.444	y2 = 0.0403e ^{0.664x}	0.689

Примечания. R² – корреляционное отношение; y1 – линейное приближение; y2 – экспоненциальное приближение. Пропуск в графе секции ольхи ПП 2 трактуется как совпадение линейных и экспоненциальных приближений.

при линейном приближении $R^2 = 0.101$ – связь “слабая”, при экспоненциальном приближении $R^2 = 0.444$ – связь “умеренная”, что вполне объясняется разными величинами числа и объемов деревьев в возрастных поколениях, которые определяют биогеоценоз как сообщество, находящееся в динамике от фазы климакса к фазе дигрессии. В то же время показатели связи параметров по обоим приближениям трактуются от “слабой” до “умеренной”, что еще раз подтверждает озвученный ранее тезис (Стороженко, 2007) о том, что только равномерное распределение объемов деревьев в возрастных поколениях соответствует оценке биогеоценоза как климаксового сообщества.

Биогеоценоз ПП 2 в сравнении с предыдущим евтрофным сообществом имеет несколько другие характеристики водного питания, связанные с проточным ручьевым увлажнением, определяющим более высокие морфометрические, возрастные и объемные показатели ольховой секции древостоя и более подчиненное положение ели, входящей только во второй ярус древостоя. Береза в составе сообщества встречена единично и в формуле древостоя не представлена (табл. 2 и 3). Связь объемов деревьев в поколениях возрастного ряда с увеличением возраста деревьев в поколениях для секции ольхи черной определяется как “значительная” только для линейного приближения.

Для древостоя еловой секции обсуждаемая связь трактуется как значительная при обоих приближениях. Для всего биогеоценоза связь между параметрами оценивается для прямолинейного приближения как “умеренная”, для экспоненциального – как “значительная”. Это значит, что, как и в варианте евтрофного болота ПП 1, в биогеоценозе ПП 2 объемы деревьев в возрастных поколениях в большей степени описывают ее разновозрастную структуру, тяготеющую, однако, в область дигрессии.

В целом, сравнительная оценка двух евтрофных болот показывает, что, во-первых, в обоих случаях в структуре древостоя ель европейская занимает подчиненное по отношению к ольхе черной положение. Во-вторых, проточное водообеспечение территории леса по сравнению с более застойными условиями водообеспечения в значительной степени влияет на продуктивность основных пород – ольха черная на I-II бонитета производительнее, чем ель европейская.

Важным, если не решающим, фактором, определяющим формационное положение биогеоценоза в перспективе, является породная структура естественного возобновления на площади биогеоценозов (табл. 5).

Количественный состав естественного возобновления на площади изучаемых евтрофных болот заметно различается между собой. В проточных

ручьевых условиях роста ПП 2 количественный состав подроста ольхи черной почти в 3 раза обильнее, чем в более застойных условиях ПП 1. По секции ели, напротив, количество подроста этой породы на ПП 1 почти в 2.8 раза больше, чем на ПП 2. Можно также отметить, что в целом количественный и видовой состав подлесочных пород на обеих пробных площадях почти не отличается.

Понятно, что древостой ПП 1 застойного увлажнения находится в динамике смены ольхи на ель и в недалеком будущем целиком определится как еловая формация. В условиях проточного увлажнения ПП 2 древостой еловой секции с долговременной вероятностью находится в состоянии стабилизации.

Показатели состояния деревьев и древостоя в целом определяют степень ослабленности биогеоценоза и возможные тренды изменения его структур в будущем.

Из данных табл. 6 можно видеть, что в целом состояние деревьев на площади обоих евтрофных болот можно признать вполне приемлемым с неизначительным трендом к категории ослабленных со средним баллом ослабления 1.66. При этом анализ связи возраста деревьев со степенью их ослабления на ПП 1 выражается корреляционным отношением по секции ольхи черной – $R^2 = -0.982$, связь отрицательная, очень тесная: чем выше возраст деревьев, тем хуже их состояние. По секции ели европейской корреляционное отношение – $R^2 = -0.006$, связь отсутствует: с увеличением возраста деревьев состояние деревьев ели практически не изменяется.

Такие зависимости подтверждают упомянутую выше тенденцию о неустойчивом положении ольхи черной в условиях застогоного увлажнения на ПП 1 и, напротив, уверенного стабилизированного положения ели в древостое ПП 2.

Ольха черная в условиях роста на евтрофных болотах поражается дереворазрушающими грибами (ДРГ), вызывающими гнили стволов и корней. На ПП 1 пораженность гнилевыми фаутами деревьев ольхи черной достигает 60%, деревья секции ольхи древостоя ПП 2 поражены гнилями на 74%. В обоих случаях пораженность ольхи трактуется как очень высокая, безусловно, влияющая на ослабление механических свойств деревьев, и только периферическая проводящая зона стволов, не затронутая гнилью, удерживает их от вывала в структуру валежа. Так как водное питание деревьев осуществляется по проводящей системе деревьев (ксилеме), расположенной на периферии радиального среза ствола, то центральная гниль в малой степени оказывает влияние на поступление воды в кроны. Причем 84.2% гнилей относится к типу коррозионных, остальные – к типу деструктивных.

Таблица 5. Количественный состав естественного возобновления на низинных евтрофных болотах по породам в градациях высоты

Порода	Распределение подроста по градациям высоты (м), шт./га								Всего, шт./га
	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 и более	
Древесные породы – ПП 1									
Ольха	–	7	47	13	27	53	20	93	260
Ель	193	100	67	100	47	47	27	13	594
Береза	–	–	20	–	7	–	–	–	27
Всего подроста древесных пород	193	107	134	113	81	100	47	106	881
Подлесочные породы – ПП 1									
Черемуха	–	47	127	207	100	87	13	–	581
Рябина	–	20	–	7	–	–	13	53	93
Можжевельник	–	–	–	13	–	–	–	–	13
Всего подлесочных пород	–	67	127	227	100	87	26	53	687
Древесные породы – ПП 2									
Ольха	Ед.	Ед.	53	413	40	66	7	180	759
Ель	86	40	20	40	7	7	7	7	214
Береза	–	–	–	–	7	7	–	–	14
Всего подроста древесных пород	86	40	73	453	54	80	14	187	987
Подлесочные породы – ПП 2									
Ива	–	7	–	7	13	–	–	–	27
Липа	–	7	7	40	13	–	–	–	67
Лещина	–	–	13	13	–	–	–	–	26
Рябина	20	26	7	26	–	7	–	13	99
Крушина	26	53	40	247	40	7	–	–	413
Всего подлесочных пород	46	93	67	333	66	14	–	13	632

Таблица 6. Показатели состояния деревьев и древостоев евтрофных черноольховых болот

Порода	Распределение числа деревьев по категориям состояния, шт.-%						Всего, шт.-%	Средний балл состояния
	1	2	3	4	5	6		
ПП 1								
Ольха	213–55.8	133–32.8	40–9.8	7–1.6	–	–	393–100	1.6
Ель	86–33.3	113–43.6	33–12.8	7–2.6	–	20–7.7	259–100	1.7
Береза	20–42.5	27–57.5	–	–	–	–	47–100	1.6
ПП 2								
Ольха	190–56.6	109–32.1	31–9.4	0	0	10–1.9	340–100	1.6
Ель	120–46.3	93–35.9	33–12.8	7–2.5	0	7–2.5	260–100	1.8

В обоих биогеоценозах связь присутствия гнили с состоянием крон деревьев выражается $r = 0.12$ при ошибке $m_r = 0.1$ и коэффициенте достоверности $t = 1.2$ и трактуется как очень слабая, недостоверная (Дворецкий, 1971).

У деревьев ольхи черной на ПП 1 и ПП 2 в 5–10% случаев на стволах обнаружены плодовые тела трутовых дереворазрушающих грибов из отдела *Basidiomycota*. Основными возбудителями, вызывающими гнили ольхи черной в изучаемых евтрофных болотах, являются трутовик ольховый (*Phellinus alni* (Bond.) Parm.), трутовик настоящий (*Fomes fomentarius* (L.) Fr.), трутовик ложный (*Phellinus igniarius* (L.:Fr) Quel.), а также виды из рода *Armillaria*, в основном опенок осенний (*Armillaria borealis* Marxm. et Korhonen). Все они вызывают гнили коррозионного или трухляво-волокнистого типа. Ель в составе древостоя имеет единичное поражение дереворазрушающими грибами.

При неблагоприятных эдафических условиях произрастания или при ослаблении деревьев в результате поражения ДРГ деревья ольхи черной способны формировать вторичные кроны, дополняющие первичные по объему листовой поверхности (табл. 7).

В условиях проточного увлажнения черноольшаника ПП 2 формирование вторичных крон в основном по стволовой части деревьев отмечено у 46% деревьев и достигает в среднем 41.3% от общего объема крон. Особенность формирования вторичных крон наблюдается почти у всех лиственных пород. У черной ольхи это явление отмечено впервые (Стороженко, Глухова, 2022).

Древесный отпад с современных биогеоценотических позиций рассматривается как важнейший элемент лесного биогеоценоза, составляющий часть общего баланса биомассы сообщества (Стороженко, 2011, 2007; Головченко и др., 2023). В исследуемых низинных евтрофных болотах, развивающихся в условиях естественной сукцессии, древесный отпад в виде валежа имеет значительные объемы и различные показатели участия пород в общем объеме валежа (рис. 1).

Временные периоды стадий разложения валежа: 1 – до 3 лет; 2 – 4–20; 3 – 21–30; 4 – 31–40; 5 – 41–50 лет. В черноольшанике ПП 1 отпад всех древесных пород присутствует в объеме 125.1 м³ на 1 га площади биогеоценоза, что составляет 33.5% от запаса древостоя, в биогеоценозе ПП 2 валеж присутствует в объеме 73.7 м³ на 1 га или 16.5% от запаса древостоя. Распределение валежа суммар-

Таблица 7. Показатели объемов вторичных крон ольхи черной в евтрофном болоте ПП 1

Показатели	Объемы вторичных крон деревьев ольхи черной по градациям замещения первичных крон, % от всей кроны										Всего, шт.-%
	до 10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–100	
Экземпляры	80	80	60	7	13	–	13	40	13	87	393
%	12.9	22.2	16.6	1.8	3.8	–	3.8	11.1	3.7	24.1	100

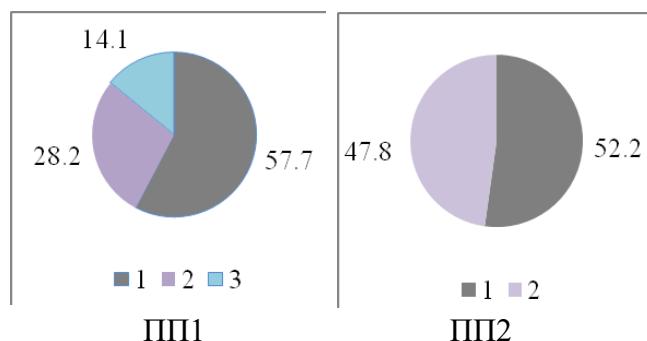


Рис. 1. Участие древесных пород в общем объеме валежа в биогеоценозах застойного (ПП 1) и проточного (ПП 2) увлажнения территорий, %. Цвета диаграммы: серый – ольха черная (1); фиолетовый – ель (2); голубой – береза пушистая (3).

ных значений всех пород по стадиям разложения представлено на рис. 2.

Похожие величины распределения объемов валежа по стадиям разложения в обеих ПП анализируемых евтрофных болот указывают на близкие тенденции в динамике древесного отпада, несмотря на различия в вариантах увлажнения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все изученные евтрофные болота имеют смешанный породный состав из трех основных древесных пород – ольхи черной, ели европейской и березы пушистой в разных соотношениях деревьев породных секций древостоя в зависимости от числового и объемного показателей в возрастных поколениях возрастной структуры биогеоценозов.

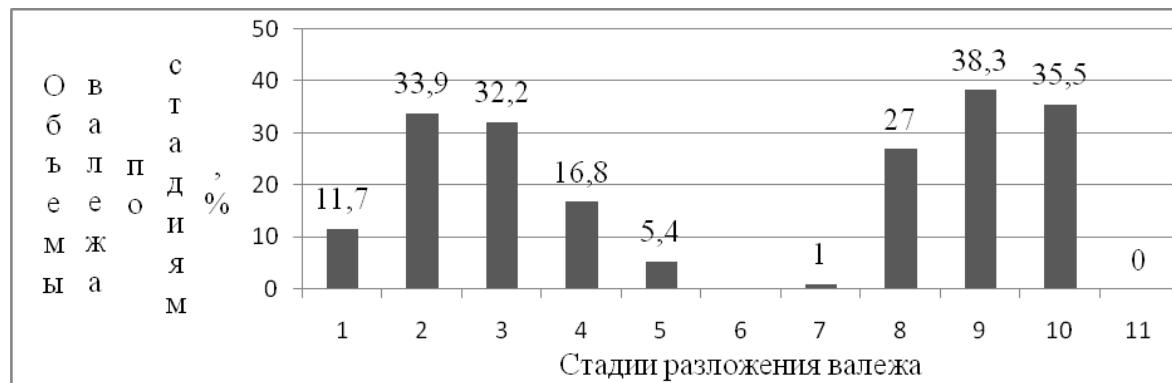


Рис. 2. Распределение валежа суммарных значений всех пород по стадиям разложения в биогеоценозе ПП 1 и ПП 2. Стадии разложения валежа: 1 – 5 ПП 1, 7 – 11 ПП 2.

Особенностью породного состава древостоев изученных евтрофных болот можно считать присутствие в первом ярусе ели и ольхи черной независимо от доминирующей в ярусе породы и подавляющего доминирования в составе естественного возобновления елового подроста. Эта особенность определяет возможность смены ольховой формации на еловую как страховочного варианта сохранения лесной среды при изменении эдафических условий в динамике роста лесных сообществ.

В исследуемых сообществах присутствует примесь деревьев березы разного возраста, единичны случаи высоких возрастов (более 100–150 лет). Особенностью этой породы в эдафических условиях евтрофных болот региона, особенно в условиях более застойного увлажнения, является способность деревьев березы доживать до возраста 200 лет.

Подтверждена способность ольхи черной формировать вторичные кроны на стволах и ветвях деревьев как ответную реакцию на ухудшение эдафических условий, приводящих к снижению объема первичных крон.

Анализ числовых и объемных показателей структур евтрофных болот региона уверенно показывает возможность смены ольховых формаций на еловые. Определяются высокие показатели связи присутствия ели в возрастных поколениях возрастных рядов для биогеоценоза ПП 2 с проточным увлажнением как со сформировавшейся структурной особенностью подчиненного положения ели в древостое, что подтверждает тенденция возможных смен ольховых формаций на еловые.

В целом, сравнительная оценка двух евтрофных болот показывает, что, во-первых, в обоих случаях в структуре древостоя ель европейская занимает подчиненное по отношению к ольхе черной положение. Во-вторых, проточное водообеспечение территории леса (ПП 2) по сравнению с более застойными условиями увлажнения (ПП 1)

в значительной степени влияет на продуктивность основных пород – в проточных условиях роста продуктивность ольхи черной на I-II бонитета выше, чем ели европейской. Напротив, в более застойных условиях увлажнения ель европейская заменяет ольху черную как в древесном ярусе, так и в подросте.

Исследуемые черноольшаники произрастают на мощных торфяных почвах, сложенных низинными древесными торфами с высокой степенью разложения. Существующие различия между почвами изучаемых евтрофных болот объясняются, прежде всего, геоморфологией места расположения и гидрологическим режимом. Почвы черноольшаника застойного увлажнения имеют большую кислотность, зольность, несколько меньшую плотность и меньшее содержание углерода в отличие от черноольшаника, занимающего проточное положение в рельефе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.
- Благодарова Т.А. Формовое разнообразие ольхи черной в естественных лесах Воронежской области: материалы Междунар. конф. “Генетика, селекция, семеноводство и разведение древесных пород в лесостепи”. Воронеж, 2005. С. 11–13.
- Дворецкий М.Л. Пособие по вариационной статистике. М.: Лесная пром-ть, 1971. 103с.
- Дыренков С.А. Структура и динамика таежных ельников. Л.: Наука, 1984. 172 с.
- Правила санитарной безопасности в лесах // Официальный интернет-портал правовой информации. 2020. № 613. 23 с.
- Семенский Е.Т. Технический анализ торфа. М.: Недра, 1966. 231 с.

- Сортиментные и товарные таблицы для лесов центральных и южных районов Европейской части РСФСР. Утверждено Приказом Гослесхоза СССР от 23.12.1986 г. № 258. 191 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.: Тов. научн. издаст КМК, 2011. 122 с.
- Стороженко В.Г., Глухова Т.В. Структура и состояние древостоя на низинном черноольховом болоте Тверской области // Лесоведение. 2022. № 5. С. 494–503. <https://doi.org/10.31857/S0024114822050060>
- Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г. Справочник таксатора. М.-Л.: Гослесбумиздат, 1952. 853 с.
- Юркевич И.Д., Гельтман В.С., Ловчий Н.Ф. Типы и ассоциации черноольховых лесов. (По исследованиям в БССР) Минск: Наука и техника, 1968. 376 с.
- Niemelä T. Käävät – Puiden Sienet. Helsinki University Press, 2005. 319 p.
- Sicinski J.T., Filipiak E. Nova forma olszy czarnej *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn f. *corticiformus* z reservatu “Zasek Kurovski” koto wielunia (Srodkowa Polska) // Rocznik dendrol., 1992. № 40. P. 31–35.

Forest Stands' and Peat Deposits Structure in Eutrophic Bogs of the Zapadnodvinsky District in Tver Region

V. G. Storozhenko*, T. V. Glukhova

*Institute of Forest Science of the Russian Academy of Sciences
Uspenskoe village, Odintsovo district, Moscow region, 143030 Russian Federation*

*E-mail: root@ilan.ras.ru

A comparative assessment of the silvicultural characteristics of tree stands, peat deposits and the dynamics of the virgin lowland eutrophic black alder bogs development has not been previously carried out, which determined the choice of the purpose of this study. In the forests of the Zapadnodvinsk district of the Tver region. Lowland rain-groundwater black alder bogs were selected for analysis, one of which has variable circulating water supply, while the other was stagnant. Studied within the framework of the study were the age, dynamic, and renewal characteristics, the condition of trees and forest stands, indicators of tree mortality, and the infestation of forest stands with wood-decaying fungi. A comparative assessment of the peats characteristics was carried out regarding the pH of the salt extract, the ash content, the bulk mass (density) and the carbon content in soil horizons. Eutrophic black alder swamps have a large presence of Norway spruce in different proportions and an insignificant presence of downy birch. When edaphic conditions change, this feature determines the possibility of changing the alder formation to the spruce one. Using the exponential approximation, high values of the relationship between the presence of spruce in age generations of age series were shown for the biogeocenosis with circulating water – $R_2 = 0.696$. Under eutrophic growth conditions, downy birch can reach an age of 150 years. The soils of black alder forests are considered lowland peats, are high in ash content and composed of thick woody peats up to 2–4 m with a high degree of decomposition throughout the deposit (40–55%). The carbon content in peats with a fairly high ash content is different: 34–46 and 46–51% respectively in black alder forests with stagnant and flowing water. A comparative assessment of two black alder eutrophic bogs shows that Norway spruce occupies a subordinate position in relation to black alder. Under conditions of flow-through moisture, the productivity of black alder is 1-2 quality classes higher than that of European spruce. In more stagnant moisture conditions, Norway spruce actively replaces black alder both in the tree layer and in the undergrowth. In terms of the structure of age series, successional dynamics and tree mortality, indigenous eutrophic black alder bogs of different ages maintain the balance of biomass as climax stable forest communities.

Keywords: eutrophic bogs, black alder and Norway spruce formations, change in species composition, thick woody peats, circulating and stagnant water supply.

REFERENCES

- Arinushkina E.V., *Rukovodstvo po khimicheskому анализу почв* (Handbook on chemical analysis of soils), Moscow: Izd-vo MGU, 1970, 487 p.
- Blagodarova T.A., Formovoe raznoobrazie ol'khi chernoi v estestvennykh lesakh Voronezhskoi oblasti (The form diversity of black alder in the natural forests of the Voronezh region), *Genetika, selektsiya, semenovodstvo i razvedenie drevesnykh porod v lesostepi* (Genetics, breeding, seed production and breeding of tree species in the forest-steppe), Voronezh, Proc. of International Conf., February 12, 2005, Voronezh: Istoki, pp. 11–13.
- Dvoretskii M.L., *Posobie po variatsionnoi statistike (dlya lesokhozyaistvennikov)* (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.
- Niemelä T., Käävät – Puiden Sienet, Helsinki: University Press, 2005. 319 p.
- Pravila sanitarnoi bezopasnosti v lesakh*, (Rules of sanitary safety in forests), Ofitsial'nyi internet-portal pravovoi informatsii, 2020, 23 p.
- Semeneskii E.P., *Tekhnicheskii analiz torfa* (Technical analysis of peat), Moscow: Nedra, 1966, 231 p.
- Sicinski J.T., Filipiak E., Nova forma olszy czarnej *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn f. *corticiformus* z reservatu "Zasek Kurovski" koto wielunia (Srodkowa Polska), *Rocznik dendrol.*, 1992, No. 40, pp. 31–35.
- Sortimentnye i tovarnye tablitsy dlya lesov tsentral'nykh i yuzhnykh raionov Evropeiskoi chasti RSFSR* (Single-tree and stand assortment tables for forests of Central and southern regions of the European part of the RSFSR), Order of the Gosleskhoz of the USSR, 23 December 1986, No. 258, 191 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 izdanii 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. DOI: 10/31857/S0024114822050060.
- 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.
- Yurkevich I.D., Gel'tman V.S., Lovchii N.F., *Tipy i assotsiatsii chernool'khovykh lesov (Po issledovaniyam v BSSR)* (Types and associations of black alder forests (According to research in the BSSR)), Minsk: Nauka i tekhnika, 1968, 376 p.