

УДК 631.472.51

Т.Т. Ефремова, С.П. Ефремов, А.Ф. Аврова

**СТРОЕНИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ
ИЗМЕНЧИВОСТЬ НАКОПЛЕНИЯ ПОДСТИЛКИ
В БОЛОТНЫХ БЕРЕЗНЯКАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Аннотация. Показано, что на градиенте от крупнотравных до сфагново-мёртвопокровных типов леса, объективно приуроченных к определенным условиям произрастания, формируются следующие типы подстилок: сильноразложившаяся, среднеразложившаяся, корневищная, торфянистая и торфяная. Запасы подстилки характеризуются в основном высокой пространственной изменчивостью. Временная динамика отличается слабой, но, как правило, достоверной вариабельностью. Формирование типов лесной подстилки, наряду с составом растительного опада, определяется влиянием органогенного наилка, привносимого талыми водами в весеннее половодье.

Ключевые слова: болотные березняки, подстилка, вариабельность, многомерный статистический анализ.

К числу факторов, существенно регулирующих (ослабляющих) изменение планетарного климата, относят углеродные потоки лесных экосистем [1]. Их оценку, в соответствии с рекомендациями Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), следует проводить по следующим углеродаккумулирующим системам: почва, фитомасса, подстилка и мертвая древесина. Между тем по сравнению с фитомассой и почвами пул углерода мертвой древесины и лесных подстилок изучен значительно слабее, а среди древесных формаций исследованиями наименее всего охвачены березняки [2]. Однако самый значительный пробел наблюдается по подстилкам болотных лесов, хотя они занимают обширные пространства на территории России. Так, масштабы заболоченности лесного фонда Западной Сибири по экспертным оценкам достигают не менее 75 млн га [3].

Совсем не изученным остается влияние напочвенного растительного покрова на строение, мощность, запасы и вариабельность подстилки в пределах формации типов леса, которые, располагаясь в одном экогенетическом ряду, последовательно сменяют друг друга, будучи связанными общим типом почвообразования. Целью данной статьи является: а) проследить направление смен типов лесной подстилки в сукцессионном ряду евтрофных болотных березняков Западной Сибири, б) статистически оценить пространственно-временную изменчивость запасов и в) определить величину накопления органического вещества и углерода в подстилках данного региона.

Объекты и методы

Объектом исследования послужила евтрофная часть Еловочного болота – одного из наиболее крупных лесоболотных массивов междуречья Оби и Томи общей площадью 2,3 тыс. га. В геоморфологическом отношении болото представляет собой древнюю ложбину стока с рядом боковых ответвлений (тальвегов) второго и третьего порядков различной глубины эрозионного вреза. К настоящему времени на массиве сформировалась локально обособленная внутриболотная гидрографическая сеть, стержневым элементом которой является русло р. Еловка. Дренарованность торфяных почв вдоль береговой линии возрастает, в том числе благодаря членению поверхности системой впадающих промоин и мелких ручьев. В период весеннего половодья внутриболотная речка, её рукава, тальвеги и ручьи переполняются, сливаясь в единый русловой поток шириной до 350–450 м и глубиной от 35 до 80 см над поверхностью торфяника. Наиболее узкие и пониженные участки торфяного массива в этот период практически регулярно оказываются полностью затопленными. Вполне очевидно, что водные потоки переносят значительные объемы разнообразных взвесей и растворённых соединений органоминеральной природы. Внешне это проявляется в ежегодном поверхностном осаждении тонкодисперсного наилка и торфяной крошки на площадях, охваченных весенне-раннелетним разливом талых вод.

К настоящему времени большая часть болота покрыта лесом. Наибольшее распространение получили пушистоберёзовые, сосновые, кедро-еловые, ивняковые и смешанные хвойно-мелколиственные сообщества крупнопоротниковой, крапивно-лабазниковой, вейниковой, болотно-разнотравной, осоковой, осоково-гипновой, осоково-сфагновой и осоково-сфагново-кустарничковой серий типов леса. Объектом исследования стали насаждения берёзы пушистой, окаймляющие русло внутриболотной речки. По мере удаления от русла изменяется уровень почвенно-грунтовых вод, снижается их проточность, уменьшаются плотность сложения и зольность торфяного субстрата, возрастает его кислотность, что обуславливает соответствующую смену доминирующих растительных группировок. В силу континуальности напочвенного растительного покрова в основу разграничения сукцессионного ряда болотных березняков на типы положили общепринятое представление Г.Ф. Морозова о единстве типов леса с условиями произрастания. С этой целью от русла внутриболотной речки вглубь торфяного массива был проложен экологический профиль 270×160 м общей площадью 4,32 га (рис. 1). На начальном этапе исследований он был разбит на параллельные руслу 10-метровые секции.

Информационная эффективность оценки условий произрастания древостоев требует более или менее полной системной формализации процесса их группировки. Для типизации (систематизации) объектов в пакете программ STATISTICA 6.0 воспользовались методами многомерного статистического анализа: древовидной кластеризации, дискриминантного анализа и многомерного шкалирования.

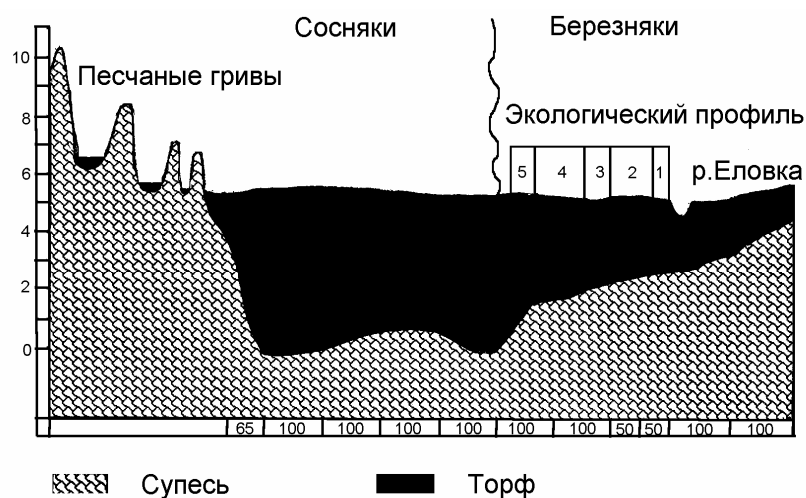


Рис. 1. Расположение в пространстве болотного массива экологического профиля и местообитаний березняков различных типов в связи с удалённостью от русла внутриболотной реки. Условные обозначения типов болотных березняков: 1 – папорониково-крапивно-лабазниковый (0–30 м); 2 – ветниково-крапивно-лабазниковый (30–100 м); 3 – ветниково-осоковый (100–140 м); 4 – зеленомошно-болотно-разнотравный (140–230 м); 5 – сфагново-мёртвопокровный (230–270 м)

По формализованным условиям произрастания болотных березняков в пределах экологического профиля отбирались образцы подстилок в 10–12 повторностях в течение 4 лет. Диагностика подстилок основывалась на оценке их структурной организации и выявлении типодиагностических горизонтов [4, 5]. За основу классификации подстилок по морфологическим признакам взяты прописи [6, 7]. Мощность подстилок оценивалась по критериям [8].

Результаты исследования и их обсуждение

Выбор признаков типизации условий произрастания не является универсальным: в каждом конкретном случае (регионе) существуют факторы среды, в наибольшей степени определяющие её состояние. В качестве главного почвообразователя при близком залегании к поверхности выступают грунтовые воды [9]. Поэтому для диагностики местообитаний различных типов болотных березняков использовали уровни стояния почвенно-грунтовых вод за 2003–2006 гг., запасы подстилок в этот период и расстояние от русла внутриболотной реки. С помощью древовидной кластеризации объекты сгруппировались в следующие наглядные структуры (кластеры): 0–30, 30–100, 100–140, 140–230 и 230–270 м (рис. 2). Дискриминантный анализ итогов кластеризации показал высокое качество группировки: лямбда Уилкса 0,0000, уровень значимости F-критерия 555, связанного с лямбдой, равен <0,0000. Достоверность различий между центроидами выделенных кластеров значима с высокой вероятностью (табл. 1).

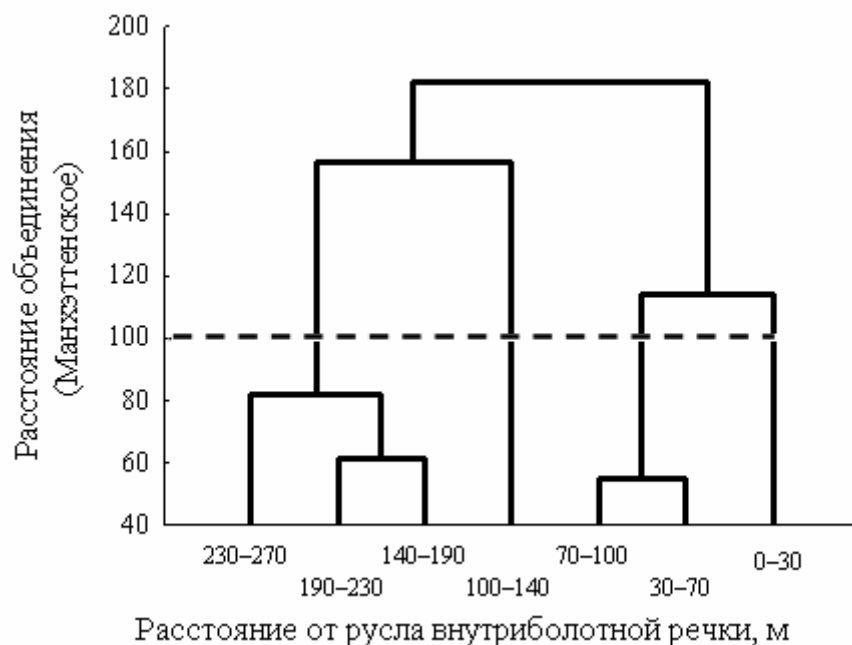


Рис. 2. Дендрограмма группировки местообитаний болотных березняков относительно русла внутриболотной речки. Пунктирная линия – уровень объединения

Таблица 1

Квадраты расстояний Махаланобиса и p -уровни значимости различий между центрами выделенных кластеров

Расстояние от русла, м	Типы леса	Расстояние от русла внутриболотной речки, м				
		0–30	30–100	100–140	140–230	230–270
0–30	Папоротниково-крапивно-лабазниковый	–	0,00	0,00	0,00	0,00
30–100	Вейниково-крапивно-лабазниковый	524	–	0,00	0,00	0,00
100–140	Вейниково-осоковый	8956	6271	–	0,00	0,00
140–230	Зеленомошно-болотно-разнотравный	963	1339	10693	–	0,00
230–270	Сфагново-мёртвопокровный	2771	4039	13086	798	–

Примечание. Нижняя часть матрицы – расстояние Махаланобиса, верхняя часть матрицы – p -уровни.

Чтобы наглядно воспроизвести наблюдаемые различия между кластерами (условиями произрастания), воспользовались методом многомерного шкалирования, который размещает объекты в пространстве заданной размерности, максимально сохранив реальные расстояния между ними (рис. 3). О высоком

качестве подгонки модели (отображения) свидетельствуют: а) ясность полученной конфигурации, б) величина стресса, равная 0,000000 (чем меньше значения стресса, тем лучше матрица исходных расстояний согласуется с матрицей результирующих расстояний). Диаграмма рассеяния точек показывает, что местообитание 100–140 м от русла внутриболотной речки сильно отклонено от других объектов классификации. Согласно квадрату расстояния Махаланобиса, удаление от 140–230 и 230–270 м составляет 10963 и 13086 единиц соответственно, а от 0–30 и 30–100 м – 8956 и 6271 единиц (см. табл. 1). Последние по показателям условий произрастания наиболее близки между собой: расстояние Махаланобиса – 524 единицы.

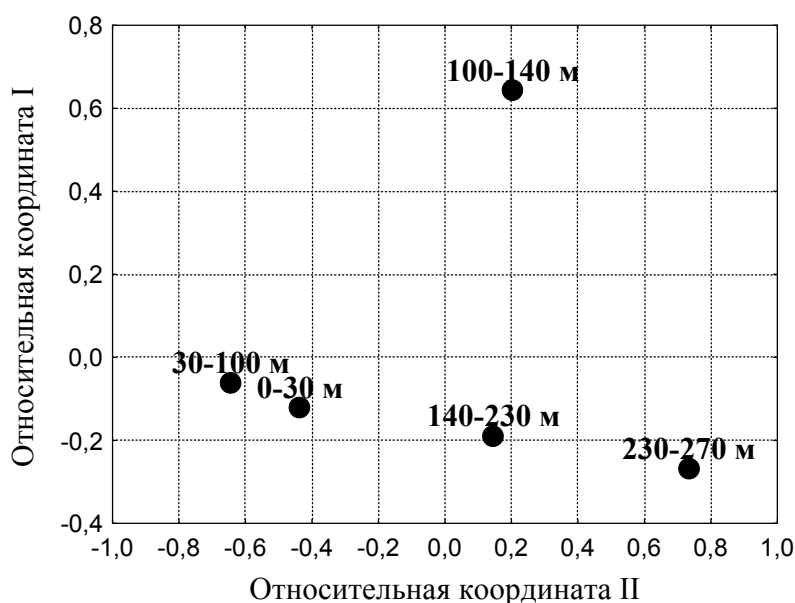


Рис. 3. Размещение в двумерном пространстве (на плоскости) местообитаний болотных березняков относительно дренирующего водотока

Достоверность формализованного разбиения условий произрастания в пределах экологического профиля реально подтверждается свойствами торфяных почв, физико-химические показатели которых не участвовали в дискриминации (табл. 2). Отрезок 100–140 м от русла речки (с наиболее низким стоянием почвенно-грунтовых вод) символизирует некую переходную нишу местообитаний болотных березняков. Исходим из зольности торфа 7,93–23,04%, плотности его сложения 0,106–0,135 г/см², реакции среды ($\text{pH}_{\text{водный}} = 4,5$), потенциальной кислотности: общей 101,8–118,3, обменной 6,7–11,1 и pH -зависимой 95,2–107,3 ммоль (+)/100 г. В направлении к руслу внутриболотной речки (30–100 и 0–30 м) в торфяных почвах постепенно нарастает зольность торфа главным образом на глубине 10–30 см, плавно увеличивает плотность сложения, смещается в менее кислую сторону реакция среды, резко снижается обменная и несколько слабее pH -зависимая потенциальная

кислотность. Вглубь торфяного массива (140–230 и 230–270 м) относительно 100–140 м изменения свойств торфяных почв, напротив, характеризуются последовательным снижением зольности, плотности сложения, показателей рН до сильнокислого интервала, значительным повышением потенциальной кислотности.

Таблица 2

Физико-химические показатели торфяных почв различных местообитаний (кластеров) болотных березняков

Расстояние от русла (кластер), м	УГВ, см	Глубина торфа, см	Зольность, %	Объемная масса, г/см ³	рН водный	Потенциальная кислотность, ммоль (+)/100 г		
						общая	обменная	рН-зависимая
0–30	40	0–10	24,78	0,167	4,89	95,83	5,74	90,08
	—	10–20	15,94	0,172	4,88	89,36	5,37	83,99
	33–59	20–30	12,57	0,167	4,86	83,25	2,50	80,75
30–100	24	0–10	23,96	0,148	4,85	100,27	5,98	93,83
	—	10–20	14,48	0,145	4,86	95,24	4,75	90,78
	12–48	20–30	11,83	0,143	4,87	93,28	3,64	87,22
100–140	12	0–10	23,04	0,135	4,40	118,34	11,07	107,27
	—	10–20	9,07	0,121	4,50	111,35	8,38	102,97
	3–30	20–30	7,93	0,106	4,50	101,85	6,67	95,18
140–230	27	0–10	18,59	0,123	4,16	133,16	14,84	118,32
	—	10–20	9,89	0,111	4,13	130,36	13,66	116,69
	13–48	20–30	6,68	0,100	4,20	129,02	11,51	117,51
230–270	33	0–10	12,68	0,114	3,78	151,56	21,48	130,07
	—	10–20	7,23	0,100	3,80	150,15	19,68	130,27
	20–52	20–30	5,90	0,098	3,80	150,01	17,81	132,20

Примечание. УГВ – уровень почвенно-грунтовых вод в летне-осенний период, числитель – среднее, знаменатель – варьирование за 2003–2006 гг.

Таким образом, с помощью методов многомерного статистического анализа удалось объективно а) установить протяженность различных условий произрастания болотных березняков в пределах сукцессионного ряда относительно дренирующего водотока и б) четко обозначить особое местоположение в болотном массиве древнего заторфованного тальвега (100–140 м) – своего рода разделительного рубежа по интенсивности современного почвообразования.

«Отбив» статистически достоверно границы местообитаний, выделили в их пределах следующие типы леса: 0–30 м – папоротниково-крапивно-лабазниковый, состав древостоя 10Б; 30–100 м – ветниково-крапивно-лабазниковый, состав 10Б; 100–140 м – ветниково-осоковый, состав 10Б; 140–230 м – зеленомошно-болотно-разнотравный, состав 8Б2С; 230–270 м – сфагново-мёртвопокровный, состав 6Б4С. Согласно таксационным данным, наименее производительным оказался ветниково-осоковый тип леса (табл. 3), который занимает древнюю заторфованную ложбину стока – срединную часть экологического профиля. По обе стороны от него формируются более производительные высокополнотные древостои. В направлении русла сосредотачиваются крупнотравные березняки I–II классов бонитета с максималь-

ными для данных местообитаний запасами древесины. В глубине торфяного массива произрастают насаждения II–III классов бонитета с участием евтрофных и мезотрофных видов сфагновых мхов.

Таблица 3

Таксационная характеристика болотных березняков на экспериментальном топоэкологическом профиле (2005 г.)

Тип леса	Количество стволов, шт./га	Полнота	Запас, м ³ /га	Средние по берёзе		
				диаметр, см	высота, м	возраст, лет
Папоротниково-крапивно-лабазниковый	723	1	319	23	24	78
Вейниково-крапивно-лабазниковый	688	0,83	223	21	23	75
Вейниково-осоковый	558	0,59	128	18	20	72
Зеленомошно-болотно-разнотравный	1457	1,18	207	16	18	68
Сфагново-мёртвопокровный	1865	1,16	194	15	17	63

В евтрофных березняках выделено шесть типов лесной подстилки следующего строения. Сильноразложившаяся мощная подстилка 5,7 см ($L_{0,7} - F_{2,1} - H_{2,9}$) древесно-крупнотравного состава формируется в березняке папоротниково-крапивно-лабазниковом. Среднеразложившаяся аналогичного состава мощностью 5 см ($L_{1,4} - F_{3,3} - H_{\text{фрагментарно}}$) – в вейниково-лабазниковом. Корневищная (груборазложившаяся) древесно-осоково-вейниковая подстилка малой мощности 3,6 см ($L_{1,7} - F_{1,9}$) образуется в вейниково-осоковом березняке. Торфянистая маломощная 4,5 см ($L_{2,4} - F_{2,5}$) мелкотравно-сфагново-древесная – в зеленомошно-болотно-разнотравном типе леса. Оторфованная древесного состава мощная 6,2 см ($L_{3,3} - F'_{2,2} - F''_{0,7}$) и торфяная древесно-моховая мощная подстилка 6,1 ($\text{Оч.}L_{3,3} - \text{Оч.}F_{2,8}$) – в сфагново-мёртвопокровном березняке.

Итак, полнопрофильная подстилка формируется преимущественно в папоротниково-крапивно-лабазниковом березняке, примыкающем к руслу внутриболотной речки. Вглубь торфяного массива строение подстилок упрощается: они слагаются главным образом листовым и ферментативным подгоризонтами. Подстилка того или иного строения приурочена в основном к конкретным типам леса, но не только. Немаловажную роль играют микрорельеф поверхности болота, интенсивность дренажа, определяющего скорость преобразования опада, а также количество наносных веществ и степень смыва растительного материала в период половодья. Поэтому в ряде случаев в одном типе леса образовались разные по строению подстилки. Так, в сфагново-мёртвопокровном березняке в сфагновых синузях формируется торфяная подстилка, в мёртвопокровных мочажинах – оторфованная. В вейниково-крапивно-лабазниковом типе леса среднеразложившейся подстилке фрагментарно сопутствует сильноразложившаяся, приуроченная к скоплениям органических взвесей, привнесенных половодьем. В то же время маломощная

(3,6 см) корневищная подстилка березняка осоково-вейникового заочкаренного – результат частичного смыва древесных остатков потоком талых вод, аккумулируемых весной древним заторфованным тальвегом, сохранившим слабоогнутую поверхность по ходу стекания. В обоих направлениях от тальвега мощность подстилки постепенно возрастает и достигает максимальной для болотных березняков величины 6,2 см в осоково-сфагново-мертвопокровном типе леса.

Статистические характеристики запасов подстилок в различных типах болотных березняков евтрофного экогенетического ряда приведены в табл. 4. Согласно таблице максимальной массой $4,55 \pm 0,174 \text{ кг/м}^2$ характеризуется сильноразложившаяся подстилка папоротниково-крапивно-лабазникового березняка, примыкающего к руслу внутриболотной речки. В вейниково-крапивно-лабазниковом типе леса (30–100 м – здесь и далее указываются расстояния от русла) сильно- и среднеразложившаяся подстилка имеет в среднем массу $3,67 \pm 0,104 \text{ кг/м}^2$. Относительно других в крупнотравных типах леса (0–30 и 30–100 м) обнаруживается наиболее высокая вариабельность запасов подстилки (рис. 4). Коэффициент вариации (Cv), изменяясь в пределах 15–30% за 4 года наблюдений, составлял в основном свыше 25%. На этом основании березняки крупнотравных типов следует характеризовать как неоднородные по запасам подстилок со значительной степенью варьирования (оценка по [10, 11]).

Таблица 4

Статистические показатели запасов подстилки (кг/м^2) в различных типах болотных березняков (средние за 4 года наблюдений)

Статистические оценки	Типы леса					
	1	2	3	4	5	1–5
Среднее	4,55	3,67	2,15	2,55	3,05	3,15
Ошибка среднего	0,174	0,104	0,057	0,063	0,076	0,063
Максимум	6,82	6,44	3,07	4	4,17	6,82
Минимум	1,93	1,52	1,47	1,49	2,15	1,47
Квартиль 25%	3,90	3,01	1,85	2,13	2,70	2,37
Квартиль 75%	5,13	4,27	2,44	2,95	3,34	3,80
Cv, %	25	26	17	23	16	34

Примечание. Типы березняков: 1 – папоротниково-крапивно-лабазниковый, 2 – вейниково-крапивно-лабазниковый, 3 – осоково-вейниковый, 4 – зеленомошно-болотно-разнотравный, 5 – сфагново-мертвопокровный, 1–5 – по формации в целом.

Минимальной массой $2,15 \pm 0,057 \text{ кг/м}^2$ отличается корневищная подстилка березняка вейниково-осокового (100–140 м). Изменчивость показателей снижается до среднего уровня (Cv 17%) и свидетельствует об относительной однородности запасов подстилки в данном типе леса. В торфянистой подстилке березняка зеленомошно-болотно-разнотравного (140–230 м) запасы несколько возрастают – $2,55 \pm 0,063 \text{ кг/м}^2$. Средняя оценка варьирования (Cv 23%) характеризует данный тип леса как однородный по запасам подстилки. В сфагново-мертвопокровном типе леса (230–370 м), в напочвенном покрове которого заметную роль играют устойчивые к разложению сфагновые мхи, масса под-

стилки продолжает увеличиваться и составляет $3,05 \pm 0,076 \text{ кг/м}^2$. Средняя вариабельность запасов подстилки (C_v 16%) позволяет рассматривать осоково-сфагново-мертвопокровный березняк как однородный по данному показателю.

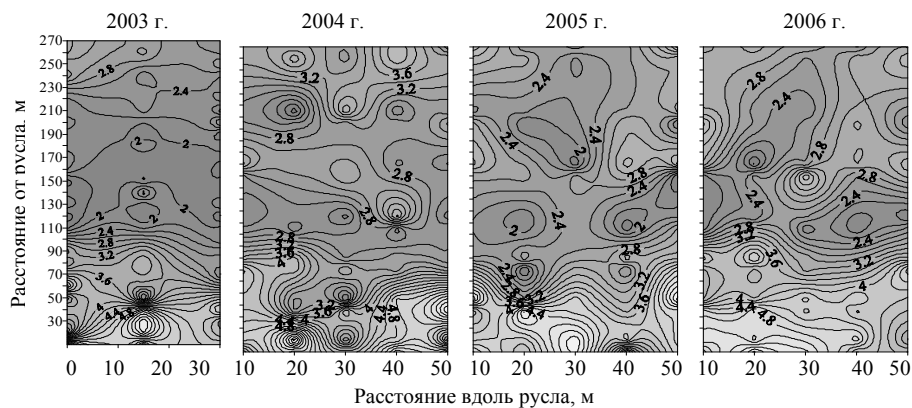


Рис. 4. Картограммы пространственной и временной изменчивости запасов лесной подстилки (кг/м) по экологическому профилю за 2003–2006 гг.

Итак, относительно заторфованного древнего тальвега (100–140 м) под березняком вейниково-осоковым запасы подстилки плавно повышаются как в сторону русла внутриболотной речки в крупнотравных типах леса, так и вглубь торфяного массива в болотно-разнотравно-мшистых. При этом в крупнотравных березняках изменчивость массы подстилки нарастает. Эти особенности пространственной структуры запасов по градиенту экологического профиля, а также их временной изменчивости за годы наблюдений хорошо прослеживаются на картограммах (см. рис. 4).

Вариабельность запасов подстилки по годам исследований характеризуется в основном как слабая (C_v 7–13%), что видно из рис. 5. Однако сравнительная оценка разности средних во времени по t -критерию Стьюдента показала ежегодную недостоверность различий по запасам подстилки только в березняке папоротниково-крапивно-лабазниковом. Во всех других типах леса оценки достоверности выборочной разности не столь однозначны. В отдельные годы нулевая гипотеза подтверждается, в другие – отвергается, и в большинстве случаев это соотношение примерно равное. Таким образом, объективная оценка запасов подстилки в болотных березняках не может базироваться на результатах одного года наблюдений.

Полученные результаты позволяют в первом приближении оценить пул органического вещества подстилок болотных березняков Западной Сибири, доля которых в формационной структуре лесных болот составляет 27,4% [12]. Болотные березняки характеризуются преимущественно евтрофным типом водно-минерального питания. Доминирующей является болотно-травяная, а также гипновая группа типов леса, которые слагаются крапивой, папоротниками, лабазником, вейниками, осоками, болотным разнотравьем, а также гипновыми и сфагновыми мхами. Следовательно, типологический спектр березняков изучаемого экологического профиля вполне репрезентативен для Западной Сибири.

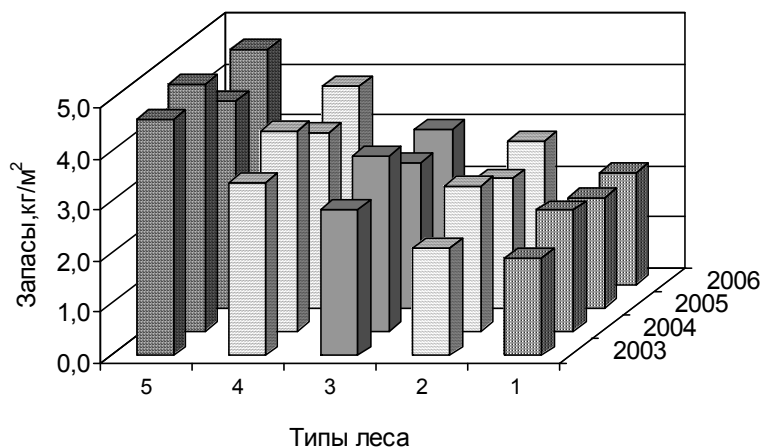


Рис. 5. Временные ряды запасов подстилки в различных типах болотных березняков за период наблюдений: 1 – ветниково-осоковый; 2 – зеленомошно-болотно-разнотравный; 3 – сфагново-мёртвопокровный; 4 – ветниково-крапивно-лабазниковый; 5 – папорониково-крапивно-лабазниковый

Подстилка различных типов болотных березняков, имея в среднем мощность 4,9 см (варьирование 2,5–8,5 см), характеризуется запасами $3,15 \pm 0,063 \text{ кг/м}^2$ (см. табл. 4) и плотностью сложения $0,076 \text{ г/см}^3$. В пересчете на площадь 12,472 млн га, которую занимают болотные березняки на территории Западной Сибири, запасы органического вещества подстилок равняются 393 млн т, запасы углерода достигают 204 млн т (исходя из среднего содержания углерода в подстилках болотных березняков – 51,9%).

Чтобы оценить эти величины, сопоставим их с запасами подстилки в березняках по России в целом. Они, согласно [2], составляют 1788 млн т (вычисление массы органического вещества выполнено нами, исходя из приведенных запасов углерода 661,4 млн т и коэффициента пересчета 0,37). Из этих данных следует, что накопленная болотными березняками Западной Сибири органическая масса в составе подстилок соответствует 22% запасов березовых лесов России. В цитируемом источнике древостои гидроморфных местообитаний как составляющая часть углеродного баланса лесов России не выделены в отдельную категорию. Поэтому информация по болотным березнякам Западной Сибири дополнит специализированную базу данных по характеристике подстилок лесов России.

Выводы:

1. Лесная подстилка формации болотных березняков Западной Сибири, развитие которых обусловлено дренирующим влиянием внутриболотной гидрографической сети, относится в среднем к маломощной 4,9 см с запасами $3,1 \text{ кг/м}^2$. Запасы подстилки характеризуются в основном высокой пространственной изменчивостью. Временная динамика отличается слабой, но, как правило, достоверной вариабельностью. Поэтому точная оценка массы подстилок болотных березняков нуждается в многолетних наблюдениях.

2. Установлено, что в болотных березняках Западной Сибири площадью 12,5 млн га сосредоточено не менее 393 млн т органического вещества подстилок, что соответствует 204 млн т углерода.

3. Обоснована целесообразность использования методов многомерного статистического анализа для объективного разграничения по эдафическим показателям типов болотных березняков вследствие континуальности напочвенного растительного покрова.

4. Выявлено направление смен типов лесной подстилки в сукцессионном ряду напочвенного покрова фитоценоза. Сильно- и среднеразложившаяся подстилка крупнотравных березняков последовательно сменяется на корневищную (грубо-разложившуюся) в вейниково-осоковых, затем на торфянистую в болотно-разнотравно-моховой группе типов леса и на торфяную под сфагновыми синузиями. Мощность и запасы подстилок изменяются соответственно: 5,7 см ($4,5 \text{ кг/м}^2$) > 4,7 см ($3,7 \text{ кг/м}^2$) > 3,6 см ($2,1 \text{ кг/м}^2$) < 4,5 см ($2,5 \text{ кг/м}^2$) < 6,2 см ($3,0 \text{ кг/м}^2$).

Литература

1. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата: Официальный русский перевод. ООН, 1997. 27 с.
2. Честных О.В., Лыжин В.А., Кокишарова А.В. Запасы углерода в подстилках лесов России // Лесоведение. 2007. № 6. С. 114–121.
3. Ефремов С.П. Пионерные древостои осушенных болот. Новосибирск: Наука, 1987. 248 с.
4. Богатырев Л.Г. Образование подстилок – один из важнейших процессов в лесных экосистемах // Почвоведение. 1996. № 4. С. 501–511.
5. Богатырев Л.Г., Демин В.В., Матышаков Г.В., Сапожникова В.А. О некоторых теоретических аспектах исследования лесных подстилок // Лесоведение. 2004. № 4. С. 17–29.
6. Карпачевский Л.О. Лес и лесные почвы. М.: Лесная пром-сть, 1981. 264 с.
7. Сапожников А.П. Лесная подстилка – номенклатура, классификация и индексация // Почвоведение. 1984. № 5. С. 96–105.
8. Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусное состояние почв. М.: Изд-во МГУ, 1986. 244 с.
9. Родэ А.А. К вопросу о роли леса в почвообразовании // Почвоведение. 1954. № 5. С. 50–62.
10. Розанов Б.Г. Морфология почв. М.: Изд-во МГУ, 1983. 320 с.
11. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
12. Ефремов С.П., Ефремова Т.Т., Блойтин В. Биологическая продуктивность и углеродный пул фитомассы лесных болот Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. 2005. № 1. С. 29–44.

Efremova Tamara T., Efremov Stanislav P., Avrova Ada F. V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk. Structure and spatial-temporal variability of the forest bedding accumulation in the bog birch forests in Western Siberia. Heavily decomposed, middle decomposed, rhizomelike, turfy and turf litters form in the transitional zone between forest types with tall grass-dominated ground vegetation and those where this vegetation is represented by sphagnum, and sites without of ground vegetation. These types of forest litter are objectivity corresponding to certain forest growing conditions. Litter thickness and stock change accordingly: 5,7 sm ($4,5 \text{ kg/m}^2$) > 4,7 (3,7) > 3,6 (2,1) < 4,5 (2,5) < 6,2 sm ($3,0 \text{ kg/m}^2$). Litter stock is notable for high spatial variability. Temporal dynamics is characterized by low and as a rule reliable variability. Forest litter type forming are defined both the composition of litter and influence of organogenic silt deposition, introducing by flood. 393 million ton of organic matter and 204 million ton of carbon concentrate in the birch bog forest litter of Western Siberia.

Key words: bog birch forest, litter, variability, multi-statistical analysis.