

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ РАСТИТЕЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА НА БОЛОТАХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П., Паршина Е.К.
kosykh@issa.nsc.ru

Рассмотрены данные о запасах углерода, азота и зольных элементов в живой и мертвой фитомассе болотных экосистем в средней тайге Западной Сибири. Запасы элементов определяются их концентрацией в фитомассе и мортмассе. В болотных экосистемах концентрации N, K, Mg снижаются в 2-3 раза при переходе из фитомассы в мортмассу, а P и Ca накапливаются в мортмассе. Степень различия в концентрациях элементов в фитомассе высока для различных типов экосистем. Запасы же элементов в большей степени определяются величиной фитомассы, чем концентрацией, и увеличиваются в ряду экосистем: олиготрофные мочажины → гряды. Все отмеченные особенности зависят от видового состава сообществ и химического состава растений - доминантов.

Средняя тайга занимает 22% территории Западной Сибири, заболоченность ее максимальна. Климатические условия подзоны средней тайги способствуют развитию болотной растительности и распространению болотных массивов, которые в современных ландшафтах занимают до 34% общей площади. В средней тайге развитие олиготрофных выпуклых болот в голоцене предопределялось равнинным рельефом поверхности и благоприятными климатическими условиями. Сохранение болот и продолжение их роста в настоящее время уже в большей степени зависят не столько от климата, сколько от растительности и ее разложения в болотных экосистемах. Высокая продукция при замедленном разложении растительных остатков приводят к росту торфяников, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении и, как следствие, к продолжению роста болотных массивов.

Целью данной работы является количественная оценка запасов углерода, азота и других химических элементов в фитомассе и мортмассе, распределения запасов растительного вещества в олиготрофных болотах в средней тайге Западной Сибири в зависимости от состава растительного покрова и экосистемы.

Объекты и методы исследований

Район исследований охватывает подзону средней тайги. Исследования проводились на ключевом участке, расположенном в междуречье Оби и Иртыша (окрестности г. Ханты-Мансийск). Характеристика климатических условий района исследований приведена в табл. 1.

На ключевом участке «Х-Мансийск» было выбрано олиготрофное грядово-мочажинное выпуклое болото и заложены следующие пробные площадки: гряда и олиготрофная мочажина в грядово-мочажинном комплексе олиготрофного выпуклого болота.

Таблица 1

Климатические характеристики района исследования

Местоположение метеостанции	Осадки, мм			Средняя температура, Т°С		
	год	X-III	IV-IX	годовая	января	июля
Ханты-Мансийск	494	180	314	-2.9	-21	17.8

Характеристика пробных площадей представлена в табл. 2. Описание растительных сообществ проводилось по общепринятым методикам в наиболее типичных участках болота с учетом характера микрорельефа. На выделенных площадках послойно отбирались пробы растительного вещества до глубины 30 см. Кустарнички и травы срезались с площадок 40×40 см, мхи вместе с корневыми системами трав и кустарничков вырезались квадратом 10×10 см на глубину 10 см от поверхности головок мха. В лабораторных условиях отобранные образцы разделялись на следующие фракции: фотосинтезирующие части трав, кустарничков, мхов (апикальные верхушки и стебли), однолетние, многолетние побеги кустарничков, живые и мертвые подземные органы трав и кустарничков, погребенные стволы. Во всех фракциях определялись концентрации химических элементов.

Таблица 2

Характеристика пробных площадей и экосистем олиготрофных болот на ключевом участке «Ханты-Мансийск»

Пробная площадь	Экосистемы	Растительное сообщество	Доминанты
Выпуклое олиготрофное болото «Кукушкино» (61° с.ш.; 69° в.д.)	Гряда	Кустарничково-сфагновое с сосной	<i>Andromeda polifolia</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Oxycoccus microcarpus</i> , <i>S.fuscum</i> .
	Мочажина олиготрофная	Осоково-сфагновое	<i>Carex limosa</i> , <i>Scheuchzeria palustris</i> , <i>Sphagnum lindbergii</i> , <i>S.balticum</i> .

Результаты и обсуждение

Общие запасы растительного вещества в разные годы на болотах средней тайги колеблются в пределах 6400 – 10530 г/м² сух.вещества. В болотных экосистемах, из-за замедленного разложения растительных остатков и их захоронения в толще торфа, происходит многократное преобладание мортмассы над фитомассой даже в верхнем деятельном слое, в котором и происходят основные биологические процессы. Во всех экосистемах преобладает **мертвое растительное вещество или мортмасса (М)**, образующая 70–90% общих запасов. Мортмасса

образуется при разложении мха или погребенных в нем отмерших растительных остатков сосудистых растений. Состав мортмассы может сильно варьировать в разных экосистемах болот. Запасы надземной мортмассы, состоящие из ветоши, сухостоя и подстилки сосудистых растений, составляют от 22 до 123 г/м², в зависимости от видового состава растительного сообщества. Минимальные запасы ее образуются в олиготрофных мочажинах из-за малого габитуса цветковых растений (*Carex limosa*, *C. magellanica*, *Eriophorum russeolum* и др.), причем часто подстилка быстро минерализуется в экосистемах и исчезает с поверхности мха или переходит в приземный моховой слой. Фракция надземной мортмассы на повышенных элементах рельефа, таких как гряды и рямы, формируется из листьев вечнозеленых кустарничков, медленно разлагается, и может накапливаться в течение нескольких сезонов, что отражается в максимальных величинах запасов растительного вещества. Запасы общей мортмассы в деятельном слое 0-30 см от поверхности мхов, состоящие из торфа и растительных остатков мхов и сосудистых растений отражают тип биологического круговорота. Ведущими факторами, влияющими на скорость круговорота и накопление мортмассы, являются климатические условия, тип водно-минерального питания в экосистеме, уровень болотных вод и наличие мерзлоты. **Живое растительное вещество или фитомасса (Ф)** исследуемых экосистем может изменяться в несколько раз от 800 до 2600 г/м², в зависимости от типа растительности и микротопографии. Минимальные запасы формируются в экосистемах олиготрофных мочажин и составляют от 800 до 1609 г/м²; на повышенных элементах рельефа в экосистемах гряд запасы фитомассы колеблются от 1100 до 2300 г/м².

В экосистемах гряд запасы живой фитомасса достигают 1550-1860 г/м². Большая часть фитомассы (60–80%) на повышенных элементах рельефа (гряды) создается подземными органами кустарничков, значительная часть которых формируется погребенными стволиками. Запасы мхов, формирующих особый приземный слой, который является средообразующим и диктует условия выживания для других групп растений, достигают значительной величины: от 300 до 440 г/м², что составляет 25% от общих запасов фитомассы. Надземная фитомасса сосудистых растений образует от 10 до 20% фитомассы.

На пониженных элементах рельефа в олиготрофных мочажинах с недостатком минерального питания, структура фитомассы меняется. Лидирующие позиции часто занимают исключительно сфагновые мхи, или же мхи наравне с подземными органами сосудистых растений. Надземная фитомасса сосудистых растений составляет всего 5%.

Отдельные фракции фитомассы в разных экосистемах на болотах отличаются качественно и количественно. Запасы зеленой фитомассы трав

и кустарничков повышенных элементов микрорельефа изменяются от 12 до 85 г/м² на болотах в районе г. Ханты-Мансийска. Минимальную величину надземных запасов сосудистых растений (12-41 г/м²) дают растительные сообщества олиготрофных мочажин с доминированием *Carex limosa* и *Scheuchzeria palustris*. На повышенных элементах рельефа (грядах) запасы, которые в основном формируются кустарничками и кустарниками, могут отличаться в два раза (43 и 73 г/м²). В рямах почти всегда запасы повышаются, они увеличиваются до 95 г/м².

Запасы фитомассы многолетних частей кустарничков изменяются от 7 г/м² (олиготрофные мочажинны) до 90-170 г/м² (гряды и рямы). Однолетние побеги могут составлять 10-20% от фитомассы многолетних частей кустарничков. Запасы зеленой фитомассы мхов изменяются в пространстве и времени. Наибольшие запасы наблюдаются на пониженных элементах рельефа, в мочажинах. Минимальные запасы наблюдаются на гряде (353 г/м²), в олиготрофной мочажине они сильно колеблются от 420 до 590 г/м². Вклад этой группы растений в экосистеме может сильно меняться при незначительном изменении массы.

Запасы живой фитомассы формируются на разных элементах рельефа разными группами растений: на повышенных элементах рельефа, на грядах, рямах – кустарничками и кустарниками (табл. 3). Для формирования 1860 г/м² живой фитомассы на грядах достаточно 905 г/м² углерода, который в основном запасается в корнях и ветках кустарничков, на мхи приходится до 20% С. В зеленый листья запасается всего 5% углерода. Достаточно много углерода идет на создание корней морошки – 12%. Наибольшее значение для формирования растительного вещества в экосистеме имеют азот, фосфор, калий и другие элементы. Всего для функционирования запасов живой фитомассы в экосистеме гряды необходимо около 0,75% азота, 0,06% фосфора, 0,46% калия, 0,33% кальция, 0,16% магния. При переходе во фракцию ветоши и мортмассы, происходит отток этих элементов, и концентрация их уменьшается в несколько раз: азота – в 2 раза, калия – в 3 раза, магния – в 2,5 раза, концентрация кальция и фосфора изменяется незначительно.

В понижениях, в мочажинах растительное вещество создается осоками, пушицами и шейхцерией (табл. 4). При формировании 1608 г/м² вещества живой фитомассы необходимо 790 гС/м², что составляет 49%. Гораздо меньшее количество элементов, по сравнению с грядой, необходимо для функционирования экосистемы олиготрофной мочажинны; так, азота – около 0,44%, фосфора – 0,04%, калия – 0,36%, кальция – 0,25%, магния – 0,12%.

Отношение С/Н увеличивается от 65 (запасы живой фитомассы) до 158 во фракции мортмассы в экосистеме гряды, 111 в запасах фитомассы олиготрофной мочажинны. Широкое отношение С:Н во фракции мортмассы

олиготрофной мочажины приводит к затормаживанию разложения ее микроорганизмами и это отношение достигает максимальной величины - 190.

Таблица 3

Запасы химических элементов растительного вещества в экосистеме
гряды, г/м² (в слое 0-30 см, без учета древесного яруса)

Виды	Фракции	Растительное вещество	Элементы						
			C	N	P	K	Ca	Mg	
<i>Andromeda polifolia</i>	листья	7,4	3,563	0,072	0,002	0,030	0,075	0,021	
	ветви	8,4	4,032	0,043	0,003	0,038	0,055	0,021	
	корни	24,4	12,124	0,168	0,010	0,044	0,046	0,024	
<i>Betula nana</i>	листья	6,9	3,331	0,153	0,020	0,036	0,029	0,019	
	ветви	10,0	4,800	0,086	0,005	0,015	0,026	0,009	
	корни	23,0	11,387	0,117	0,012	0,037	0,037	0,009	
<i>Chamaedaphne calyculata</i>	листья	39,2	19,067	0,412	0,047	0,110	0,188	0,039	
	ветви	184,1	88,368	0,939	0,074	0,313	0,626	0,092	
	корни	143,2	71,142	0,644	0,086	0,200	0,229	0,057	
<i>Ledum palustre</i>	листья	14,3	6,911	0,100	0,004	0,060	0,092	0,027	
	ветви	282,3	135,50	4	2,061	0,085	1,045	1,299	0,536
	корни	47,4	23,529	0,303	0,014	0,085	0,114	0,019	
<i>Oxycoccus palustris</i>	листья	15,5	7,487	0,129	0,005	0,119	0,082	0,043	
	ветви	329,6	158,20	8	2,538	0,198	2,044	1,285	0,824
	корни	92,7	46,128	0,705	0,065	0,315	0,176	0,083	
<i>Vaccinium uliginosum</i>	листья	4,4	2,121	0,040	0,002	0,029	0,030	0,007	
	ветви	6,9	3,312	0,037	0,002	0,026	0,024	0,005	
	корни	14,6	7,226	0,072	0,010	0,058	0,025	0,006	
<i>Eriophorum vaginatum</i>	листья	1,1	0,531	0,017	0,001	0,008	0,002	0,001	
	корни	0,5	0,243	0,004	0,001	0,001	0,002	0,001	
<i>Rubus chamaemorus</i>	листья	25,4	12,217	0,376	0,015	0,452	0,320	0,234	
	корни	226,7	111,74	0	2,516	0,204	1,632	0,861	0,635
	зеленая фитомасса	353,3	172,76	4	2,473	0,177	1,837	0,565	0,212
Фитомасса		1861,3	905,73	4	14,005	1,041	8,533	6,188	2,924
Ветошь		7,6	3,760	0,038	0,003	0,038	0,107	0,049	
Подстилка		35,2	17,248	0,246	0,018	0,070	0,229	0,070	
Сухостой		7,1	3,408	0,028	0,002	0,011	0,028	0,007	
Очес мхов		8614,7	4245,3	24	26,706	3,446	12,06	24,98	5,169
Мортмасса		8664,6	4269,7	4	27,018	3,469	12,18	25,34	7
Растительное вещество		10525,9	5175,4	74	41,023	4,509	20,71	31,53	8,220

Таким образом, результат анализа элементного состава в двух экосистемах показал разницу между ними по всем параметрам. В более олиготрофных условиях мочажин запасы всех элементов ниже, чем в экосистеме гряд в 1,5-2 раза во всех фракциях.

Сообщества гряд и мочажин значительно отличаются по концентрациям элементов в фитомассе и мортмассе. Сравнение показывает, что в двух рассматриваемых экосистемах концентрации N, K, Ca нарастают в ряду: олиготрофные мочажины → гряды. Запасы элементов в большей степени определяются концентрацией и величиной массы и снижаются в ряду: гряды → мочажины. Так, например, ряды запасов выглядят следующим образом: гряды – 14,0 г/м² N, 8,5 г/м² K, 6,2 г/м² Ca; олиготрофные мочажины – 7,1 N, 5,8 K и 4,1 Ca. Таким образом, запасы химических элементов в фитомассе разных сообществ зависят от типа экосистемы.

Запасы элементов определяются их концентрацией в фитомассе и мортмассе. В болотных экосистемах концентрации N, K, Mg снижаются в 2-3 раза при переходе из фитомассы в мортмассу, а P и Ca накапливаются в мортмассе. Степень различия в концентрациях элементов в фитомассе высока для различных типов экосистем. Запасы же элементов в большей степени определяются величиной фитомассы, чем концентрацией, и увеличиваются в ряду экосистем: олиготрофные мочажины → гряды.

Запасы растительного вещества (фитомасса + мортмасса) в слое 30 см варьируют незначительно, от 9850 до 10530 т/га. Доля фитомассы составляет 16-18% и увеличивается в экосистеме гряды. Запасы N и Ca увеличиваются на 12-13 г/м² в экосистеме гряды; остальные три элемента варьируют незначительно: P на 1 г/м², K на 2 г/м² и Mg на 3 г/м². Запасы химических элементов в отдельных экосистемах зависят от общих запасов растительного вещества, от соотношения величин фитомассы и мортмассы и концентрации элементов в этих компонентах. Все отмеченные особенности зависят от видового состава сообществ и химического состава растений - доминантов.

Работа выполнена при финансовой поддержке 08-05-92501-НЦНИЛ-а.

ELEMENT COMPOSITION OF PLANT MATERIAL ON BOGS OF THE MIDDLE TAIGA IN WEST SIBERIA

Kosykh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P., Parshina E.K.

In the article are given the experimental data of phytomass and mortmass and their element composition in the bogs ecosystems of the middle taiga.

Таблица 4

Запасы химических элементов растительного вещества в экосистеме
мочажины, г/м² (в слое 0-30 см)

Виды	Фракции	Растительное вещество	Элементы					
			C	N	P	K	Ca	Mg
<i>Andromeda polifolia</i>	листья	11,8	5,682	0,1	0,0			0,0
	ветви		184,03	14	04	0,047	0,119	33
	корни	383,4	2	1,9	0,1			0,9
				55	53	1,725	2,492	59
		108,5	53,914	0,7	0,0			0,1
				49	43	0,195	0,206	09
<i>Oxycoccus palustris</i>	листья	1,0	0,483	0,0	0,0			0,0
	ветви			08	01	0,008	0,005	03
	корни	0,6	0,288	0,0	0,0			0,0
				05	01	0,004	0,002	02
		12,2	6,071	0,0	0,0			0,0
				93	09	0,041	0,023	11
<i>Carex limosa</i>	листья	1,1	0,534	0,0	0,0			0,0
	корни			13	01	0,010	0,005	02
				04	00			0,0
		52,3	25,779	18	16	0,126	0,199	26
<i>Scheuchzeria palustris</i>	листья	20,2	9,837	0,2	0,0			0,0
	корни		211,27	97	22	0,147	0,040	87
		430,3	7	1,4	0,1			0,2
				63	29	1,678	0,301	58
<i>Sphagnum balticum</i>	зеленая фитомасса		291,94	1,9	0,2			0,4
	а	587,3	7	97	94	1,879	0,705	70
Фитомасса		1608,7	789,84	7,1	0,6	5,861	4,098	1,9
			3	12	71			58
Ветошь		8,0	3,888	0,0	0,0			0,0
				72	06	0,016	0,048	16
Подстилка		11,1	5,372	0,0	0,0			0,0
			4085,9	89	04	0,028	0,072	20
Очес мхов		8219,5	13	21,37	3,2	13,15	13,97	3,2
				1	88	1	3	88
Мортмасса		8238,6	4095,1	21,53	3,2	13,19	14,09	3,3
			74	2	98	5	3	24
Растительное вещество		9847,3	4885,0	28,64	3,9	19,05	18,19	5,2
			17	4	69	6	1	82