

АККУМУЛЯЦИЯ УГЛЕРОДА В ВАЛЕЖНИКЕ ЛИСТВЕННИЧНИКОВ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ И СРЕДНЕЙ СИБИРИ¹

А. В. КЛИМЧЕНКО (Институт леса СО РАН)

Лесные экосистемы бореальной зоны представляют собой огромный резервуар аккумуляции атмосферного углерода в надземной и подземной фитомассе и почве. Вследствие естественных процессов отмирания и отпада деревьев образуются сухостой и валежник, которые составляют значительную часть общей фитомассы. Пожары, ветровалы, аномально низкие температуры и другие неблагоприятные антропогенные и стихийные воздействия служат дополнительными причинами появления отпавших стволов деревьев [5].

Запасы валежника в составе мертвого растительного материала - важный компонент динамики органического вещества, значение которого недооценивается, что является дополнительной причиной неопределенности роли лесных экосистем в круговороте углерода [6-8]. Запасы древесного детрита часто вычисляются по таблицам хода роста либо как постоянный процент по отношению к живой биомассе [3]. Как правило, запасы мертвой древесины при таксации лесов определяются только в местах ее высокого скопления (т. е. на объектах лесохозяйственной деятельности) либо игнорируются, либо определяются лишь частично, что существенно снижает точность оценки суммарных запасов органического вещества [5].

Древесный отпад как элемент лесной подстилки является частью органического вещества почвенного блока, представляющего собой наиболее мощный резервуар аккумуляции углерода в лесных экосистемах [2, 4].

Необходимо отметить, что если углерод, закрепленный в стволовой древесине живых деревьев, выпадает из круговорота на время их жизни, то органическое вещество отпавших деревьев под действием процессов биохимической трансформации снова вовлекается в углеродный цикл. Однако отпавшая древесина разлагается намного медленнее, чем другие составляющие подстилки, поэтому ее наличие в экосистеме в некоторой степени сдерживает возврат углерода в атмосферу, что позволяет считать валежник специфическим компонентом органического вещества (ОВ) почвы.

По устойчивости к биоразложению различают две фракции органического вещества: легкоминерализуемое (ЛМОВ) и устойчивое (стабильное). Фракция ЛМОВ представлена двумя формами: лабильное (ЛОВ) и подвижное (ПОВ) органическое вещество. Основными компонентами ЛОВ в лесных экосистемах являются лесная подстилка на поверхности почвы, специфическим компонентом которой служат отпавшие стволы деревьев, и мертвый корневой материал в

минеральном профиле. Подвижные формы ОВ объединяют органические продукты растительных остатков и гумуса, легко переходящие в растворимое состояние. ЛМОВ - источник формирования минерализационного потока углерода в атмосферу и синтеза нового гумуса. Это наиболее динамичный компонент ОВ лесных почв, который при прогнозируемом изменении гидротермических условий будет играть важную роль в цикле углерода [1, 4].

Большое значение в углеродном балансе биосферы имеют лесные экосистемы Севера, которые мало задействованы в хозяйственном обороте и в основном выполняют биосферные и средообразующие функции. Для понимания роли северотаежных экосистем в углеродном цикле атмосферы требуется оценка количества запасов органического вещества, а также его структуры и динамики. В связи с недостаточностью сведений о древесном детрите как компоненте органического вещества почвы и его значимости в круговороте углерода необходимы региональные оценки запасов углерода в валежнике (особенно в экосистемах северной тайги), которые в отношении грубых древесных остатков в настоящее время остаются малоизученными.

Цель настоящих исследований заключается в определении структуры и запасов органического вещества, аккумулярованного в валежнике разных классов разложения в лиственничниках северной тайги Средней Сибири.

Исследования проводились в Туруханском округе северотаежных темнохвойных и лиственничных лесов. По термическим условиям это умеренно холодный агроклиматиче-

Таблица 1

Таксационная характеристика пробных площадей

№ пр. пл.	Состав древостоя	Тип леса	Класс бонитета	Полнота	Запас, м ³ /га
3	5Лц(110)2К(200)3Б(110)	Лц змш.	V	0,68	118,1
2	7Лц(380)1Лц(110)2К(200)ед. Е, Б	То же	V	0,34	69,3
4	7Лц(110)2К(110)1Б(110)ед. Е	Лц лш.	Va	0,26	30,6
5	7Лц(380)3К(200)ед. Е, Б	То же	Va	0,35	60,2

Таблица 2

Содержание углерода в валеже в классах разложения

№ пр. пл.	Лиственничник	С, %, по классам		
		I	II	III
3	Кустарничково-зеленомошниковый	48,9	48,6	51,1
2	То же	53,15	51,85	55,55
4	Кустарничково-лишайниковый	48,75	48,4	54,4
5	То же	49,55	50,55	48,6

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 02-04-49938 и Интеграционного проекта СО РАН № 56.

Таблица 3

Содержание легкоминерализуемого органического вещества (С), т/га (в абс. сух. состоянии), в компонентах почвы лиственничников северной тайги

Компонент	№ пр. пл.			
	3	2	4	5
Валеж по классам:				
I	1,61	2,55	0,45	0,73
II	0,46	1,40	0,34	0,91
III	0,92	1,33	0,31	0,52
Подстилка	17,10	19,84	18,04	21,35
Корневой детрит в слое почвы 0-20 см	7,35	5,03	6,0	4,59

Таблица 4

Запасы С в легкоминерализуемой фракции ОВ валежа, т/га (в абс. сух. состоянии)

№ пр. пл.	Класс разложения	ГОВ	ЛОВ
Лиственничник зеленомошниковый, 110 лет			
3	I	0,226	1,384
	II	0,079	0,381
	III	0,163	0,76
Лиственничник зеленомошниковый, 380 лет			
2	I	0,117	2,433
	II	0,126	1,274
	III	0,288	1,042
Лиственничник лишайниковый, 110 лет			
4	I	0,031	0,419
	II	0,082	0,258
	III	0,082	0,228
Лиственничник лишайниковый, 380 лет			
5	I	0,212	0,518
	II	0,100	0,81
	III	0,216	0,304

ский район, расположенный в поясе субарктического климата. Четыре пробные площади были заложены в бассейне р. Нижняя Тунгуска (65°46' с.ш., 89°25' в.д.) в однородных разновозрастных перестойных 380-летних и спелых 110-летних послепожарных насаждениях, зеленомошниковой и лишайниковой групп типов леса V-Va классов бонитета. Доля лиственницы в них достигает 61-77 % (31-118 м³/га) общего запаса при относительной полноте 0,26-0,68 [1]. Таксационная характеристика пробных площадей дана в табл. 1.

Почвенный покров представлен группой криомезоморфных почв, развивающихся в условиях хорошего дренажа на элювиальных и элювиально-делювиальных продуктах выветривания основных пород. В структуре почвенного покрова пробных площадей преобладают подбуры охристые [1].

На пробных площадях проведен сплошной учет отпавших стволов деревьев (n=327) с определением классов разложения. Выделено три класса: I - древесина не утратила своей твердости, на стволах сохраняются кора и ветви; II - древесина частично утратила твердость, кора довольно легко отслаивается, присутствуют крупные и мелкие ветви; III - древесина почти полностью утратила свою твердость, на стволах в незначительном количестве имеются кора и крупные ветви.

Для определения запасов углерода, аккумулированного в валеже, по стадиям разложения были взяты образцы древесины. По массе образца и объему вытесненной им жидкости установлена плотность древесины. Чтобы вычислить долю участия углерода валежа в общих запасах мертвого органического вещества почвы, потребовалось определить запасы подстилки, корневого материала в ней и в слое почвы 0-20 см.

Валежник разных классов разложения отчетливо различается не только по сохранности морфологического строения, но и по плотности древесины. Для I класса разложения плотность составила 0,491±0,013 г/см³, для II - 0,319±0,007, для III класса - 0,226±0,012 г/см³. Коэффициент вариации древесного отпада для I и II классов показал значительную изменчивость плотности (13-15 %), для III - большую (29 %).

Содержание углерода в древесине мертвых стволов деревьев по мере их разложения изменяется незначительно, увеличиваясь от I класса к III в среднем на 2 % (табл. 2). Это связано, по-видимому, с относительным увеличением доли лигнина в органическом веществе на более поздних стадиях разложения, заселением гниющей древесины грибами, ресинтезом углеродсодержащих продуктов микробным населением.

Аккумуляция углерода в почве спелых и перестойных сервотаежных лиственничников - от 38 до 73 (в среднем 55,5) т/га. На древесину отпавших стволов приходится от 1,1 до 5,3 т/га углерода (в среднем - 2,9), что представляет собой около 5,2 % общих запасов. По отношению к растительным остаткам на поверхности и в толще (0-20 см) почвы количество углерода, приходящегося на валеж, в лиственничниках зеленомошниковых составляет 10,8-17,5, в лишайниковых - 4,4-7,7 % запаса (табл. 3). Запасы валежа в 380-летних лиственничниках в 1,8-2 раза выше, чем в 110-летних, что, вероятно, связано с естественным распадом перестойных древостоев (табл. 4). Разница обусловлена, главным образом, различиями запасов валежа II класса разложения (в перестойных лиственничниках они в 2,7-3 раза выше, чем в спелых).

Подвижные продукты ОВ легкоминерализуемой фракции характеризуют степень изменения древесины в процессах разложения. Они составляют 15,6-10 и 17,7-24,4 % запаса фракции соответственно в лиственничниках зеленомошникового и лишайникового типов (см. табл. 4). Как правило, в древесине III класса разложения накапливается 18-22 % продуктов гумификации в лиственничниках зеленомошникового типа и 26,5-41,5 % - в лиственничниках лишайникового, тогда как в древесине I и II классов спелых и перестойных древостоев накапливается соответственно 14-5 и 6,9-29 %.

Таким образом, аккумуляция углерода в валежнике сервотаежных спелых лиственничников зеленомошникового и лишайникового типов составляет соответственно 2,99 и 1,1 т/га, а в перестойных древостоях - 5,28 и 2,16 т/га. По сравнению с запасами лесной подстилки это равно 18-27 % в зеленомошниковых лиственничниках и 6-10 % - в лишайниковых. Морфологически диагностируемые три класса разложения древесины валежа различаются по плотности (I, II и III классы - соответственно 491, 319 и 226 г/см³) и накоплению органических продуктов биохимической трансформации древесины.

Список литературы

1. Ведрова Э. Ф., Мухортова Л. В., Безкоровайная И. Н. и др. Органическое вещество почв лиственничников северной тайги // Почвоведение. 2002. № 8. С. 967-974.
2. Исаев А. С., Коровин Г. Н. Углерод в лесах северной Евразии / Круговорот углерода на территории России. М., 1999. С. 63-95.
3. Кобак К. И., Кукуев Ю. А., Трейфельд Р. Ф. Роль лесов в изменении содержания углерода в атмосфере (на примере Ленинградской области) // Лесное хозяйство. 1999. № 2. С. 43-45.
4. Плешиков Ф. И., Ваганов Е. А., Ведрова Э. Ф. и др. Лесные экосистемы Енисейского меридиана. Новосибирск, 2002. 356 с.
5. Углерод в экосистемах лесов и болот России / Под ред. В. А. Алексеева и Р. А. Бердси. Красноярск, 1994. 170 с.
6. Уткин А. И. Углеродный цикл и лесоводство // Лесоведение. 1995. № 5. С. 3-20.
7. Franklin J. F., Shugart H. N., Harmon M. E. Tree Death as an Ecological Process // BioScience. 1987. V. 37. P. 550-556.
8. Yatskov M., Harmon M. E., Krankina O. N. A Chronosequence of Wood Decomposition in the Boreal Forests of Russia // Canadian Journal of Forest Research. 2003. V. 33. P. 1211-1226.