

ОРИГИНАЛЬНЫЕ
СТАТЬИ

УДК 630*181.9

ПУЛ УГЛЕРОДА КРУПНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКОВ
В КОРЕННЫХ ЛЕСАХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РУССКОЙ РАВНИНЫ*

© 2012 г. Е. А. Капица, Е. В. Шорохова, А. А. Кузнецов

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

194021 Санкт-Петербург, Институтский пер., 5

E-mail: kapitsa@list.ru

Поступила в редакцию 19.06.2011 г.

Оценивали роль крупных древесных остатков (КДО) в круговороте углерода коренных таежных лесов. Рассчитывали значения запасов углерода, а также баланс углерода КДО: соотношения входящего (отпад древостоя) и исходящего (ксилолиз) потоков в биогеоценозах различных типов леса и сукцессионного статуса в Архангельской и Ленинградской областях и Республике Коми. Значения запасов углерода КДО, потока углерода в связи с отпадом древостоя, потока углерода, связанного с ксилолизом, и баланса потоков углерода отпад древостоя – ксилолиз варьировали от 0.4 до 54.4, 0.088 до 2.494, 0.001 до 0.824 и –0.634 до +2.483 т С га⁻¹ год⁻¹, соответственно. Запас углерода КДО и поток углерода в связи с ксилолизом линейно зависели от запаса КДО. Пул углерода КДО зависел, в первую очередь, от фазы возрастной динамики древостоя.

Отпад древостоя, ксилолиз, возрастная динамика древостоя.

Несмотря на значительный объем экспериментального материала о круговороте углерода в лесах России и разработанные на его основе модели, роль российских лесов в глобальном круговороте углерода остается недостаточно изученной. Основные проблемы, порождающие неопределенность в оценках и требующие дальнейшего исследования, связаны с процессами, происходящими при разложении мертвого органического вещества (в основном, в почве и крупных древесных остатках (КДО)), а также в результате естественных нарушений (пожаров, ветровалов и др.) [8, 16, 20]. В литературе приведены некоторые оценки запасов углерода КДО в коренных и вторичных таежных лесах [10, 11, 15, 23]. Однако для оценки роли КДО в углеродном цикле необходим расчет не только запасов, но и баланса потоков углерода, связанных с КДО, в зависимости от естественных и антропогенных нарушений.

Целью данного исследования являлась характеристика параметров круговорота углерода, связанного с КДО, в биогеоценозах (БГЦ) коренных

средне- и северотаежных лесов. Задачи исследования включали: 1) расчет значений запасов и потоков углерода, связанных с КДО, а также баланса углерода КДО: соотношения входящего (отпад древостоя) и исходящего (ксилолиз) потоков в БГЦ коренных лесов различных типов леса и сукцессионного статуса; 2) количественную оценку влияния различных факторов на пул углерода КДО и определяющие его потоки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные данные собраны в период с 1998 по 2009 г. в среднетаежных ельниках природного парка “Вепский лес” Ленинградской области, национального парка “Кенозерский” Архангельской области, а также в северотаежных ельниках национального парка “Югид Ва” Республики Коми (таблица).

Для оценки пула углерода КДО использовали данные инвентаризации КДО на трансектах. Для валежа и зависших деревьев учитывали породу, класс разложения [15] и диаметр в месте пересечения ходовой линии. Объем КДО по породам и классам разложения рассчитывали по формуле [21]:

$$V = (\pi^2/8 \sum d_i^2 S) / \sum L_j,$$

где V – объем КДО данного класса разложения,

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проекты 09-04-00209-а, 09-04-10100-к), правительства Санкт-Петербурга (гранты для аспирантов вузов Санкт-Петербурга 2009 г.), а также проекта ЕС FP7, Marie-Curie International Incoming Fellowships (236030).

Таблица Обобщенная характеристика пробных площадей

	Природный парк "Вепсский лес" (Ленинградская область)	Национальный парк "Кенозерский" (Архангельская область)	Национальный парк "Югд Ва" (республика Коми)
	Средняя	Средняя	Северная
Подзона тайги	Средняя	Средняя	Северная
Преобладающая в древостое порода	Ель (<i>Picea abies</i>)	Сосна (<i>Pinus sylvestris</i>)	Ель (<i>Picea obovata</i> Ledeb.)
Сопутствующие в древостое породы	Осина (<i>Populus tremula</i>), береза (<i>Betula</i> sp.)	Осина (<i>Populus tremula</i>), береза (<i>Betula</i> sp.), ель (<i>Picea abies</i>)	Пихта (<i>Abies sibirica</i> Ledeb.), кедр (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour), береза (<i>Betula</i> sp.)
Число пробных площадей	44	20	33
Возраст древостоя, лет	40–200	80–200	180–200
Класс бонитета	1, 3, 4, 5	4, 5	3, 4, 5
Средняя высота, м	12–30	16–21	12–20
Средний диаметр, см	14–32	22–37	20–34
Вариант возрастной структуры древостоя	Ар, Ор, Уо	Ор	Ар
Фаза динамики древостоя	1А, 1О, 1У, 2А, 2О, 2У, 3А, 3О, 3У, ветровальные окна 1, 2, 3	10, 20, 30	3А
Обобщенная фаза динамики	Перестойные, свежие ветровальные окна	Перестойные	Перестойные
Группа возраста	чр., хв.-сф., тр.-бол., ч.-сф., баг.	лиш.-зел., баг.	ветровальные окна сф.-ч., хв.-пап., дол.
Тип леса	81–447	107–250	150–266
Запас древостоя, м ³ га ⁻¹	32–328	2–92	11–138
Запас КДО, м ³ м ² га			

Примечание. Варианты возрастной структуры древостоя: Ар – абсолютно-разновозрастные, Ор – относительно-разновозрастные, Уо – условно-однообразные. Фаза динамики: цифрой обозначены обобщенные фазы динамики, буквой – варианты возрастной структуры древостоя. Обобщенная фаза динамики древостоя: 1 – фаза нарастания запаса, 2 – фаза дигрессии, 3 – фаза стабилизации запаса [3, 12]. Типы леса: тр.-бол. – травяно-болотный, хв.-сф. – хвощево-сфагновый, хв.-пап. – хвощево-папоротниковый, сф.-ч. – сфагново-черничный, чр.-черничный, дол. – долгомошниковый, баг. – багульниковый, лиш.-зел. – лишайниково-зеленомошный.

d_i – диаметр i -го объекта в месте пересечения ходовой линии, L_j – длина j -ой ходовой линии, S – площадь, в данном случае равная 1 га. Для сухостой и пней диаметром более 4 см регистрировали породу, класс разложения, диаметры основания и вершины или на высоте 1.3 м и высоту. Объем пней рассчитывали по формуле усеченного конуса, объем сухостойных деревьев – умножением площади сечения на высоте груди на видовую высоту. Для определения массы углерода КДО объем по породам умножали на базисную плотность согласно разработанной системе классов разложения. Массу углерода других фракций (корней, ветвей, коры) вычисляли с помощью конверсионных коэффициентов [4], среднего времени для каждого класса разложения и моделей разложения древесины и коры с учетом фрагментации [5, 6, 13, 14].

Поток углерода, связанный с отпадом древостоя, рассчитывали по данным учетов на постоянных пробных площадях за разные периоды либо с помощью дендрохронологических методов датировкой каждого объекта КДО, образованного в результате отпада за последние 5 лет. Отпад, выраженный в $\text{м}^3/\text{га}$, умножали на базисную плотность древесины по породам. Для вычисления отпада по фитомассе корней и ветвей отпад по запасу по породам умножали на соответствующие конверсионные коэффициенты. Отпад коры по фитомассе получали умножением отпада коры по объему по породам (составляющего определенный процент от прироста по запасу стволовой древесины) на базисную плотность коры. Общий отпад древостоя по фитомассе вычисляли как сумму отпада стволовой древесины, ветвей, корней и коры. При этом фитомассу в Мг га^{-1} переводили в Мг С га^{-1} с коэффициентом 0.5.

Для оценки потока углерода, связанного с ксилолизом, использовали данные о распределении КДО по породам, классам разложения и категориям (сухостой, валеж, зависшие деревья, пни), конверсионные коэффициенты и модели ксилолиза крупных древесных остатков по фракциям [5, 14]. Принимали процент прикрепленных ветвей для 1-го класса разложения равным 100%, для 2-го и 3-го – 50%, для 4-го и 5-го – 0%. Для прикрепленных ветвей использовали модель [6, 13], для остальной части ветвей, разлагающихся в подстилке – экспоненциальную модель с константами, рассчитанными А.Х. Грузковой [2] по данным В.А. Мухина [7]. Поток углерода рассчитывали как разность процента потери массы определенной фракции конкретного класса разложения данной породы, умноженного на запас

углерода, за 1 год, прошедший со среднего времени для данного класса разложения.

Все распределения проверяли на нормальность, и в случае несоответствия приводили к нормальным путем извлечения корня или логарифмирования. Далее данные обрабатывали с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA, программный пакет Statistica 6.0) и теста на гомогенность Дункана с целью установления влияния на запас углерода КДО, потоки углерода в связи с отпадом древостоя и ксилолизом, а также на баланс углерода следующих факторов: подзоны тайги, преобладающей в древостое породы, возраста преобладающего поколения, класса бонитета, типа леса, фазы возрастной динамики и возрастной структуры древостоя.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Значения запаса углерода КДО варьировали от 0.4 до 54.4 т С га^{-1} . Наибольшие значения запасов углерода КДО характерны для фазы возрастной динамики, характеризующей дигрессию условно-однообразных еловых древостоев (резерват “Вепский лес” природного парка “Вепский лес”). Наименьшие значения отмечены для древостоев, находящихся в фазах нарастания и стабилизации запаса, в абсолютно-разновозрастном сосняке лишайниково-зеленомошном (резерват “Ащозерский” природного парка “Вепский лес”) и относительно-разновозрастном ельнике долгомошно-сфагновом (национальный парк “Югыд Ва”), характеризующихся низкими запасом и приростом древостоя. Наиболее значимым фактором, влияющим на запас углерода КДО, являлось сукцессионное состояние древостоя, выраженное как обобщенная фаза динамики древостоя (рис. 1). При этом запас углерода в КДО для БГЦ фаз нарастания и стабилизации запаса достоверно не различался ($F = 3.227, p = 0.076$), а значимыми факторами были подзона тайги и преобладающая в древостое порода. Влияния класса бонитета, типа леса, возраста преобладающей породы и запаса древостоя на запас углерода КДО не выявлено. Запас углерода КДО в древостоях, находящихся в фазе дигрессии, различался для: 1) условно-однообразных древостоев, ветровальных окон; 2) относительно- и абсолютно-разновозрастных древостоев (рис. 1). Запас углерода КДО имел линейную зависимость от запаса КДО ($y = 0.186x, R^2=0.903$, рис. 2).

Влияние фазы динамики древостоя на запасы углерода КДО объясняется тем, что максимальные запасы КДО, а, следовательно, и углерод накапливаются в результате естественных наруше-

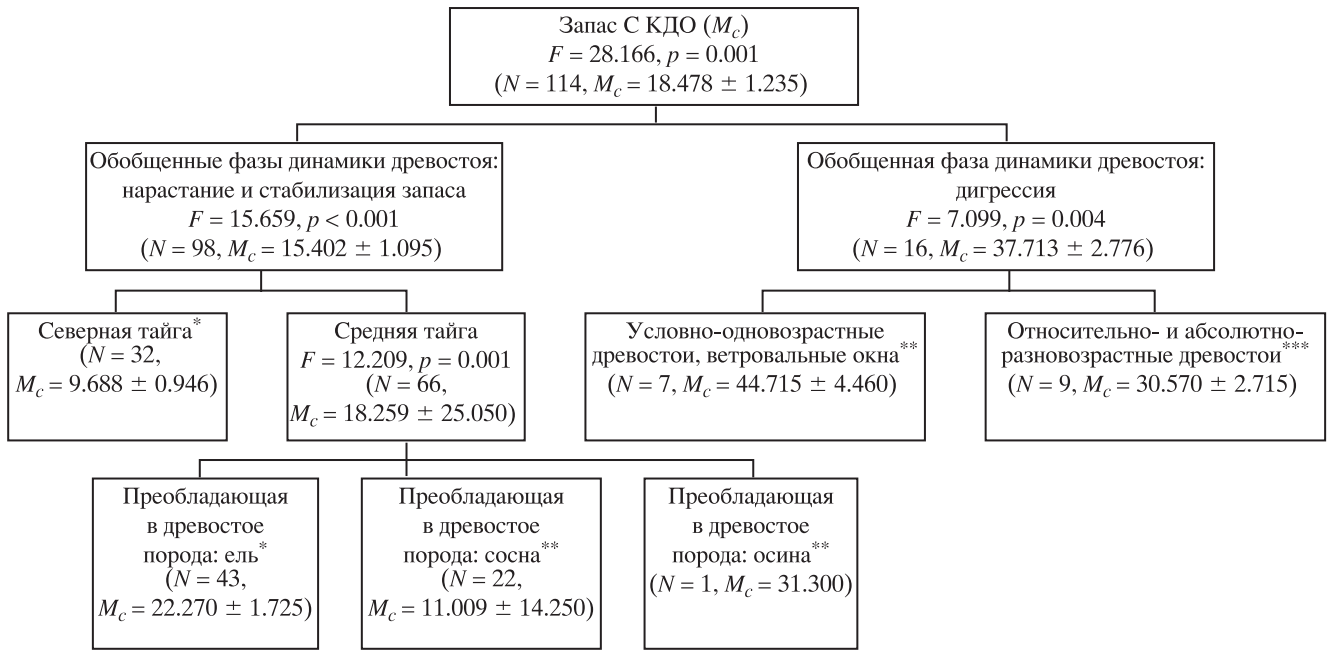


Рис. 1. Ранжирование факторов по степени влияния на запас углерода КДО:

F – критерий Фишера однофакторного дисперсионного анализа; p – уровень значимости; N – число объектов; M_c – средний запас углерода т С га⁻¹; ± SE – стандартная ошибка; * влияние класса бонитета, обобщенного типа леса, фазы динамики не выявлено; ** недостаточно данных для дальнейшего анализа; *** влияния типа леса и класса бонитета не выявлено.

ний (в изучаемых БГЦ, в основном, ветровалов и буреломов). По мере разложения КДО запас углерода снижается. Древостои, находящиеся в фазах нарастания запаса в коренных лесах, восстанавливаются после нарушений; накопление углерода КДО в них незначительно. В древостоях, находящихся в фазе стабилизации, происходят незначительные нарушения, связанные с вывалом одного или нескольких деревьев, не приводящие к массовому накоплению КДО. Различия в запасе углерода в КДО в зависимости от преобладающей породы связаны с биологическими и экологическими особенностями пород, определяющими

различия в скорости отпада и ксилолиза. На запас углерода КДО в БГЦ, находящихся в фазе дигрессии, оказала влияние только возрастная структура древостоя. Наибольшие запасы отмечены в условно-однообразных древостоях и ветровальных окнах, а также в результате усыхания заболоченных ельников. Накопление КДО в относительно- и абсолютно-разновозрастных древостоях не различалось, так как отмирание деревьев не носило массового характера, происходя единично или небольшими группами.

2. Значения *потока углерода, связанного с отпадом древостоя*, варьировали от 0.088 т С га⁻¹ год⁻¹ в условно-однообразном ельнике чернично-сфагнового типа леса в фазе дигрессии запаса (резерват “Вепский лес”) до 2.494 т С га⁻¹ год⁻¹ в абсолютно-разновозрастном ельнике чернично-сфагновом в фазе стабилизации запаса (национальный парк “Югыд Ва”). Наиболее значимым фактором, влияющим на поток углерода в результате отпада, являлась подзона тайги (рис. 3). Тип леса оказал влияние на поток углерода в связи с отпадом как для средней, так и для северной тайги. Влияние преобладающей в древостое породы и ее возраста, запаса и возрастной структуры древостоя на поток не выявлено. В северной тайге статистически достоверно влияние на изучаемый поток класса бонитета древостоя и типа леса. Причем оба фактора в равной степени

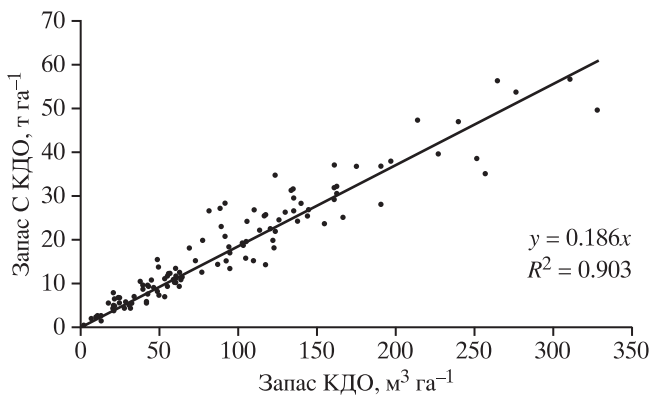


Рис. 2. Зависимость запаса углерода КДО от их объема

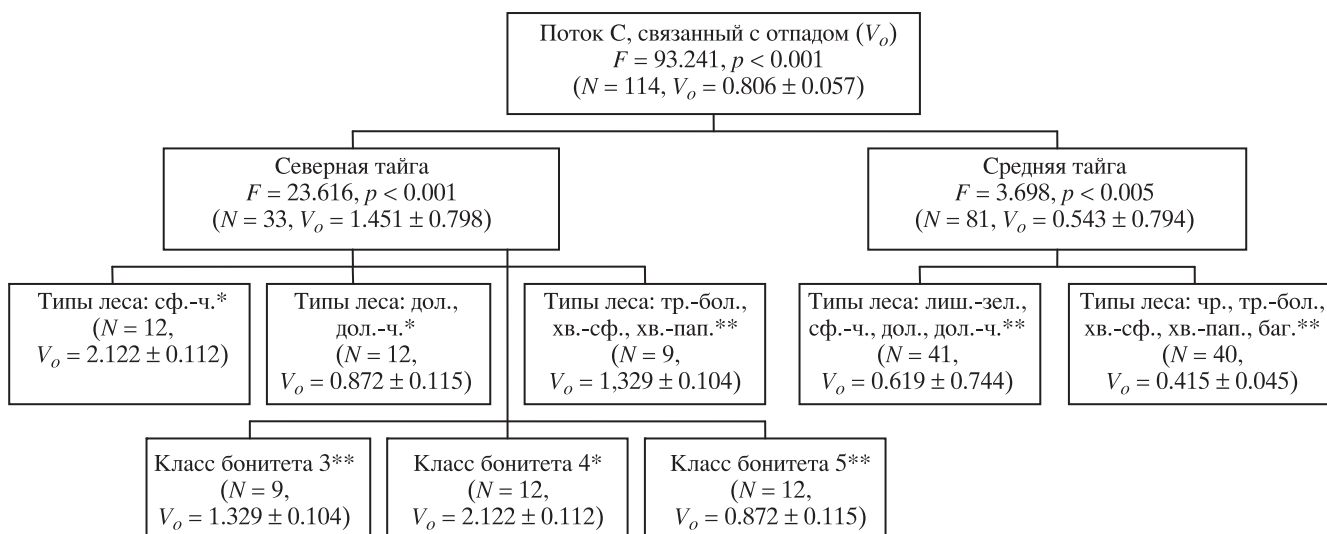


Рис. 3. Ранжирование факторов по степени влияния на поток углерода, связанный с отпадом древостоя

F – критерий Фишера однофакторного дисперсионного анализа; p – уровень значимости; N – число объектов; V_o – средний поток углерода т С га⁻¹ год⁻¹; $\pm SE$ – стандартная ошибка; * недостаточно данных для дальнейшего анализа; ** влияния породы, бонитета, обобщенной фазы динамики и фазы динамики не выявлено.

Типы леса: тр.-бол. – травяно-болотный, хв.-сф. – хвощево-сфагновый, хв.-пап. – хвощево-папоротниковый, сф.-ч. – сфагново-черничный, чр. – черничный, дол. – долгомошный, дол.-ч. – долгомошно-черничный, баг. – багульниковый, лиш.-зел. – лишайниково-зеленомошный, тр.-бол. – травяно-болотный.

значимы для потока углерода, связанного с отпадом ($F = 23.616$, $p < 0.001$) рис. 3). В северной тайге величина отпада оказалась выше по сравнению с таковой в средней, что, по-видимому, связано с особенностями сукцессионной динамики БГЦ. В изучаемых БГЦ северной тайги отмечается начало фазы дигрессии, происходит вывал крупных деревьев.

3. Значения *потока углерода, связанного с ксилолизом*, варьировали от 0.001 до 0.824 т С га⁻¹ год⁻¹. Наименьшие значения потока наблюдались в абсолютно-разновозрастном ельнике долгомошном (0.0003 т С га⁻¹ год⁻¹) (национальный парк “Югыд Ва”) в фазе стабилизации запаса, тогда как максимальный поток характерен для условно разновозрастного ельника-черничника (0.824 т С га⁻¹ год⁻¹) (резерват “Вепский лес”), находящегося в фазе нарастания запаса. Наиболее значимым фактором, влияющим на поток, являлась обобщенная фаза динамики древостоя (рис. 4). Так, среднее значение потока углерода в связи с ксилолизом в фазе дигрессии было практически в 3 раза выше по сравнению со средним значением потока в древостоях, находящихся в фазах стабилизации и нарастания запаса древостоя: 0.513 и 0.168 т С га⁻¹ год⁻¹, соответственно. Предположительно, максимальные значения потока углерода в связи с ксилолизом будут наблюдаться спустя 10 лет с момента нарушения в древостое, по прошествии периода освоения древесного субстрата (лаг-периода) дереворазрушающими грибами [1].

По результатам теста на гомогенность Дункана данные были разделены на две группы: 1) обобщенные фазы динамики древостоя: нарастание и стабилизация запаса; 2) обобщенная фаза динамики древостоя: дигрессия. Значимость факторов по степени своего влияния в первой группе убывала в ряду: преобладающая в древостое порода; подзона тайги (для ельников). Влияние класса бонитета и обобщенного типа леса для ельников первой группы не выявлено. Данных для анализа факторов, влияющих на поток углерода, связанный с ксилолизом, в сосняках и осинниках оказалось недостаточно.

Влияние преобладающей породы на поток углерода в связи с ксилолизом КДО в древостоях, находящихся в фазах накопления и стабилизации запаса, связано с различиями в химическом составе и анатомическом строении ели, сосны и осины и, следовательно, различной скоростью ксилолиза [9]. Для обобщенной фазы динамики дигрессии статистически достоверно влияние типа леса (рис. 4). В богатых лесорастительных условиях (травяно-болотный, хвощево-сфагновый, хвощево-папоротниковый, сфагново-черничный, черничный типы леса) выше скорость ксилолиза (точнее, скорость освоения древесины дереворазрушающими грибами) и запас КДО, что в свою очередь и определяет значительные величины потока углерода в результате ксилолиза, в отличие от более бедных долгомошных и сфагново-долгомошных типов леса.

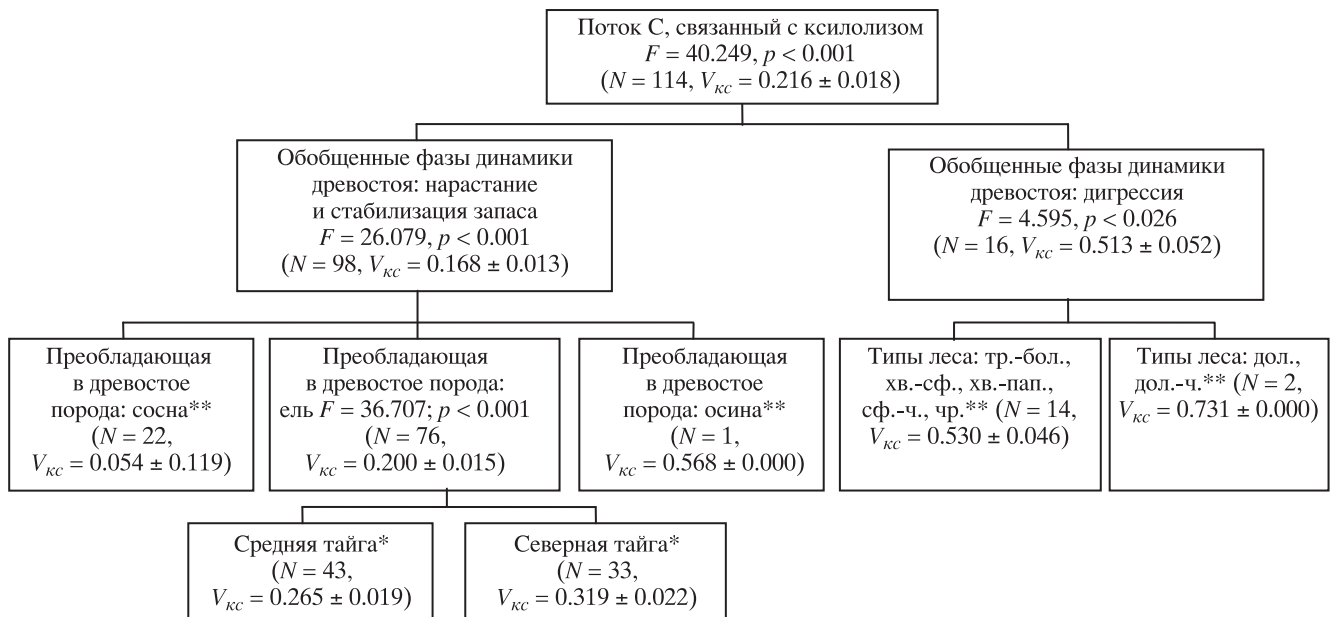


Рис. 4. Ранжирование факторов по степени влияния на поток углерода, связанный с ксилолизом

F – критерий Фишера однофакторного дисперсионного анализа; *p* – уровень значимости; *N* – число объектов; *V_{кс}* – средний поток углерода т С га⁻¹ год⁻¹; ± *SE* – стандартная ошибка; * влияние класса бонитета, обобщенного типа леса, фазы динамики не выявлено; ** недостаточно данных для дальнейшего анализа.

Типы леса: тр.-бол. – травяно-болотный, хв.-сф. – хвошево-сфагновый, хв.-пап. – хвошево-папоротниковый, сф.-ч. – сфагново-черничный, чр. – черничный, дол. – долгомощный, дол.-ч. – долгомощно-черничный, баг. – багульниковый, лиш.-зел. – лишайниково-зеленомощный, тр.-бол. – травяно-болотный.

Поток углерода в связи с ксилолизом КДО линейно зависел от запаса КДО ($y = 0.002x, R^2 = 0.788$).

4. *Баланс потоков углерода: отпад древостоя – ксилолиз* варьировал от -0.634 в окне (резерват “Вепсский лес”) до $+2.483$ т С га⁻¹ год⁻¹ в абсолютно-разновозрастном ельнике сфагново-черничном в фазе стабилизации запаса (национальный парк “Югыд Ва”). На баланс наибольшее влияние оказал фактор подзона тайги (рис. 5). Для северной тайги влияние типа леса и класса бонитета не выявлено, для средней тайги значимыми факторами оказались обобщенная фаза динамики древостоя и преобладающая в древостое порода (рис. 5). Для ельников влияние класса бонитета и обобщенного типа леса на изучаемый баланс потоков не выявлено. Дальнейший анализ данных для сосняков и осинников невозможен из-за недостаточного объема выборки. Зависимости баланса потоков углерода от запаса древостоя и возраста преобладающей породы не выявлено. На баланс потоков, связанных с отпадом и ксилолизом, в большей степени влияло расположение объектов. Так, в северной тайге поток в связи с отпадом превышает поток в связи с ксилолизом, что говорит о накоплении КДО в лесной экосистеме. В средней тайге накопление КДО происходит значительно меньшими темпами, и на баланс потоков углерода отпада и

ксилолиза оказала влияние обобщенная фаза динамики древостоя: в фазах нарастания и стабилизации запаса баланс смещен в сторону отпада, в то время как в фазе дигрессии значение ксилолиза превышает значение отпада. Это связано с тем, что в древостое в фазе дигрессии, подвергшемся естественному нарушению (ветровалу), происходит накопление КДО с его последующим освоением дереворазрушающими грибами и ксилолизом.

В БГЦ средней тайги, находящихся в фазах нарастания и стабилизации запаса, среднее значение баланса близко к нейтральному, теоретически предсказанному для лесов, находящихся в состоянии климакса. В БГЦ, находящихся в фазе дигрессии, среднее значение баланса отрицательно.

Рассчитанные в данной работе характеристики пула углерода КДО в среднем выше и отличаются значительно большей вариабельностью по сравнению с таковыми для вторичных лесов Ленинградской области [18] и России в целом [8]. То же относится к потоку углерода в связи с ксилолизом.

По результатам наших исследований, среди экологических факторов, контролирующих динамику углеродного пула КДО, на первом месте стоит сукцессионное состояние БГЦ. Это отличается от результатов, представленных для вторич-

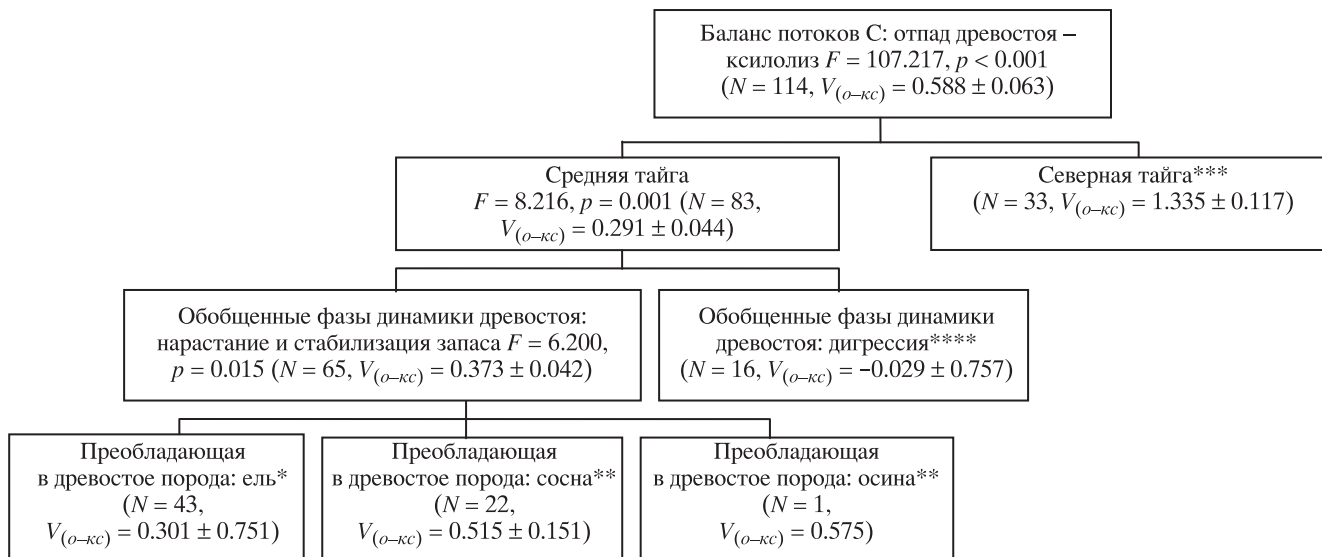


Рис. 5. Ранжирование факторов по степени влияния на баланс потоков углерода: отпад древостоя-ксилолиз

F – критерий Фишера однофакторного дисперсионного анализа; p – уровень значимости; N – число объектов; средний баланс (разница): поток в связи с отпадом – поток в связи с ксилолизом; t C $га^{-1}$ $год^{-1}$; $\pm SE$ – стандартная ошибка; * влияния класса бонитета, обобщенного типа леса, фазы динамики не выявлено; ** недостаточно данных для дальнейшего анализа; *** влияния типа леса и класса бонитета не выявлено; **** влияния породы, бонитета, обобщенного типа леса и фазы динамики не выявлено.

ных лесов таежной зоны [18], умеренного пояса Северной Америки [22] и тропической зоны [17], где наибольшее влияние оказывают преобладающая порода, лесорастительные условия и возраст древостоя. Перестойные леса, в основном исследуемые в нашей работе, в вышеупомянутых публикациях объединены в одну группу.

Заключение. Несмотря на то, что полученные результаты носят предварительный характер, они позволяют оценить роль КДО в круговороте углерода коренных лесов, находящихся в разных ландшафтно-экологических условиях. Нарушения являются ключевым фактором, определяющим роль пула КДО в круговороте углерода коренных лесов. В БГЦ, находящихся в фазах нарастания и стабилизации запаса, независимо от возрастной структуры древостоя, значение годового баланса потоков углерода незначительно выше нуля. Это показывает, что пул углерода КДО медленно растет, а эмиссия не превышает отпад. В БГЦ, находящихся в фазе дигрессии, годовой баланс пула углерода КДО отрицателен, что означает эмиссию углерода в атмосферу. Долговременная роль пула КДО в большей степени зависит от ландшафтно-экологических условий: запас углерода КДО, в отличие от изучаемых потоков, – от подзоны тайги, преобладающей в древостое породы, а в сильнонарушенных древостоях (дигрессия) – от положения в сукцессионном ряду (возрастной структуры древостоя).

Регрессионные модели зависимости запаса углерода КДО от их объема и потока углерода в связи с ксилолизом от запаса углерода КДО применимы для расчета пулов углерода КДО в сходных БГЦ на основании инвентаризации КДО по классам разложения.

Результаты показали огромную вариабельность пула углерода КДО в коренных лесах, что затрудняет распространение оценок, полученных для отдельных БГЦ, на уровне ландшафта и региона и показывает необходимость дальнейших исследований.

* * *

Авторы признательны профессору В.А. Соловьеву за ценные советы и рекомендации, сотрудникам национальных парков “Югыд Ва”, “Кенозерский” и природного парка “Вепсский лес” за помощь в организации полевых работ, а также А. Загидуллиной, А. Кушневской, В. Котковой, И. Казарцеву, Е. Трубицыной, М. Гирфанову, А. Шорохову, О. Чапкевич, Е. Мурадовой, О. Тумасовой, О. Шехаевой, О. Быстрыковой и К. Минину за помощь в сборе и обработке данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вакин А.Т. Хранение круглого леса. М.: Лесн. пром-сть, 1964. 328 с.
2. Грузкова А.Х. Скорость разложения мелких древесных остатков в различных условиях // Матер. 5-й

- междунар. конф. “Проблемы лесной фитопатологии и микологии”. М., 2002. С. 76–80.
3. Дыренков С.А. Структура и динамика таежных ельников. Л.: Наука, 1984. 174 с.
 4. Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.А. Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-объемным коэффициентам // Лесоведение. 1998. № 3. С. 84–93.
 5. Капица Е.А., Шорохова Е.В., Кузнецов А.А. Скорость микогенного ксилолиза крупных древесных остатков основных лесобразующих пород южной тайги // Заповедники России и устойчивое развитие: матер. конф. Труды Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника. Великие Луки, 2007. Вып. 5. С. 346–353.
 6. Кузнецов А.А., Шорохова Е.В., Капица Е.А. Скорость микогенного ксилолиза крупных древесных остатков основных лесобразующих пород в условиях средней подзоны тайги // Изв. Санкт-Петербургской лесотех. академии. СПб.: СПбЛТА, 2009. Вып. 186. С. 49–57.
 7. Мухин В.А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург: Наука, 1993. 231 с.
 8. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / Под. ред. Г.А. Заварзина. М.: Наука, 2007. 315 с.
 9. Рипачек В. Биология дереворазрушающих грибов. М.: Лесн. пром-сть, 1967. 258 с.
 10. Стороженко В.Г. Гнилевые фауны коренных лесов Русской Равнины. М.: Из-во ВНИИЛМ, 2002. 156 с.
 11. Стороженко В.Г. Устойчивые лесные сообщества. М.: Гриф и К, 2007. 190 с.
 12. Федорчук В.Н., Шорохова Е.В., Шорохов А.А., Кузнецова М.Л. Возрастная динамика еловых древостоев северо-западной части Русской равнины // Лесоведение. 2011. № 3. С. 3–13.
 13. Шорохова Е.В., Гирфанов М.И. Ксилолиз крупных древесных остатков в коренных среднетаежных ельниках // Грибные сообщества лесных экосистем / Под ред. Стороженко В.Г., Крутова В.И. М.: Петрозаводск. 2004. Т. 2. С. 255–271.
 14. Шорохова Е.В., Капица Е.А. Фрагментация и разложение еловой коры в лесах средней и южной тайги // Лесоведение. 2007. № 5. С. 22–26.
 15. Шорохова Е.В., Шорохов А.А. Характеристика классов разложения древесного детрита ели, березы и осины в ельниках подзоны средней тайги // Тр. СПбНИИ лесн. хоз-ва. 1999. Вып. 1 (2). С. 17–23.
 16. Cains P.W., McCausland L.J., Fernandes A.R., Dyke P. Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans Formation in Incineration: Effects of Fly Ash and Carbon Source // Environ. Sci. Technol. 1997. V. 31. № 3. P. 776–785.
 17. Eaton J., Lawrence D. Woody debris stocks and fluxes during succession in a dry tropical forest // For. Ecol. & Manag. 2006. V. 232. № 1. P. 46–55.
 18. Krankina O.N., Treyfeld R.F., Harmon M.E. Coarse woody debris in the forests of the St. Petersburg Region, Russia // Ecol. Bull. 2001. V. 49. P. 93–104.
 19. Krankina O. N., Harmon M.E., Kukuev Y.A., Treyfeld R.F., Kashpor N.N., Kresnov V.G., Skudin V.M., Protasov N.A., Yatskov M., Spycher G., Povarov E.D. Coarse woody debris in forest regions of Russia // Can. J. For. Res. 2002. V. 32. P. 768–778.
 20. Schvidenko A., Nilsson S. Dynamics of Russian forests and the carbon budget in 1961–1998: An assessment based on long-term forest inventory data // Climatic Change. 2002. V. 55. P. 5–37.
 21. Ståhl G., Ringvall A., Fridman J. Assessment of coarse woody debris – a methodological overview // Ecol. Bull. 2001. V. 49. P. 57–70.
 22. Sun O., Campbell J., Law B., Wolf V. Dynamics of carbon stocks in soils and detritus across chronosequences of different forest types in the Pacific Northwest, USA // Global Change Biology. 2004. V. 10. № 49. P. 1470–1481.
 23. Wirth C., Czimeczik C., Schulze E. Beyond annual budgets: carbon flux at different temporal scales in fire-prone Siberian Scots pine forests // Tellus B. 2002. V. 54. № 5. P. 611–630.

Carbon Pool of Large Wood Residues in Native Forests “of the Northwestern Russian Plain

E. A. Kapitsa, E. V. Shorokhova, A. A. Kuznetsov

The role of large wood residues (LWR) in the carbon cycle of native taiga forests is assessed. The carbon pool and budget of LWR – the ratio between the input carbon flux (stand dieback) and output flux (xylolysis) in forest biogeocenoses of different types – were calculated. The succession state of forest biocenoses in Arkhangelsk, Leningrad regions, and the Republic of Komi was determined. The carbon reserves in LWR, carbon fluxes related to the dieback, the carbon flux related to xylolysis, and the carbon budget in the stand dieback–xylolysis system varied from 0.4–54.4, 0.088–2.494, 0.001–0.824, and –0.634–2.483 t C ha⁻¹ yr⁻¹ respectively. The carbon pool in LWR and carbon flux related to xylolysis depended linearly on the LWR reserves. The former primarily depended on the phase of age dynamics of the stand.

Stand mortality, xylolysis, age dynamics of stand.