

**ЗАПАС КРУПНЫХ ОСТАТКОВ ДРЕВЕСИНЫ В ЛЕСАХ СРЕДНЕЙ И  
СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТАЙГИ**

**Кузнецов А. А.<sup>1</sup>, доц., к.б.н, Соколова В. А.<sup>1</sup>, доц., к.т.н, Войнаш С. А.<sup>2</sup>, инж.,  
Арико С. Е.<sup>3</sup>, доц., к.т.н.**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
(Санкт-Петербург, Россия), e-mail: detrit@mail.ru, sokolova\_vika@inbox.ru

<sup>2</sup>Новосибирский государственный аграрный университет  
(Новосибирск, Россия), e-mail: sergey\_voi@mail.ru

<sup>3</sup>Белорусский государственный технологический университет  
(Минск, Республика Беларусь), e-mail: sergeyariko@mail.ru

**SUPPLY LARGE WOOD RESIDUES IN FORESTS OF MIDDLE AND  
NORTHERN TAIGA**

**Kuznetsov A. A.<sup>1</sup>, Assoc. Prof., PhD (Biology), Sokolova V. A.<sup>1</sup>, Assoc. Prof., PhD (Engineering),  
Voinash S. A.<sup>2</sup>, Engineer, Ariko S. Ye.<sup>3</sup>, Assoc. Prof., PhD (Engineering)**

<sup>1</sup>Saint Petersburg State Forest Technical University  
(Saint Petersburg, Russia)

<sup>2</sup>Novosibirsk State Agrarian University  
(Novosibirsk, Russia)

<sup>3</sup>Belarusian State Technological University  
(Minsk, Republic of Belarus)

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований, целью которых являлось оценка запасов углерода в крупных древесных остатках (КДО) на природных территориях, которые развиваются без хозяйственной деятельности человека на примере коренных лесов средней и северной подзон тайги. В задачи исследования входили расчеты пулов углерода КДО, в биогеоценозах различных типов леса и сукцессионного состояния. Исследования проводились в период 2005–2009 гг. в среднетаежных ельниках резервата «Вепсский лес» природного парка «Вепсский лес» Ленинградской области, национального парка «Кенозерский», Архангельской области, а также в северотаежных ельниках Национального парка «Югыд Ва» Республики Коми. Научная новизна заключается в определении значений пулов углерода, связанных с КДО, в БГЦ (биогеоценоз) различных типа леса и сукцессионного состояния для лесов, развивающихся без воздействия хозяйственной деятельности человека. При этом впервые количественно оценено влияние различных факторов (лесорастительных условий, типа леса и сукцессионного состояния БГЦ, естественных нарушений) на пул углерода КДО и статистически оценено влияние различных факторов на запасы углерода КДО в коренных лесах, проведена сравнительная оценка роли КДО в круговороте углерода коренных лесов, находящихся в разных ландшафтно-экологических условиях. Результатом исследований стало получение значений запасов крупных древесных остатков, которые можно использовать при получении продуктов деревообработки и основных расчетах в лесной экологии.

**Ключевые слова:** запас; крупные древесные остатки; экология; древесиноведение; рациональное использование; низкосортная древесина

**Abstract.** The article presents the results of studies aimed at estimating carbon reserves in large wood residues (LWR) in natural areas that develop without human activity using the example of indigenous forests of the middle and northern taiga subzones. The objectives of the study included the calculation of carbon pools of LWR in the biogeocenoses of various types of forests and succession states. The researches were conducted in the period 2005-2009 in the middle taiga spruce forests of the Veps forest reserve of the Veps forest natural park of the Leningrad region, the Kenozersky national park, the Arkhangelsk region, as well as in the north taiga spruce forests

of the Yugyd Va National Park of the Komi Republic. The scientific novelty lies in determining the values of the carbon pools associated with LWR in the BGC (biogeocenosis) of various types of forests and succession states for forests that develop without the impact of human activities. The first quantitatively evaluated the influence of various factors (forest conditions, forest type and succession state of BGC, natural disturbances) on the LWR carbon pool and statistically evaluated the effect of various factors on LWR carbon reserves in indigenous forests, made a comparative assessment of the role of the LWR carbon of indigenous forests, located in different landscape and environmental conditions. The result of the research was to obtain reserve values of large wood residues that can be used to obtain wood products and basic calculations in forest ecology.

**Key words:** reserve; large wood residues; ecology; wood science; rational use; low-grade wood

**Введение.** Интерес к изучению КДО с каждым годом неуклонно растет. Это связано с недостаточной изученностью их роли в круговороте веществ в лесных биогеоценозах, биологическим разнообразием видов и биологической продуктивности лесов. Интерес со стороны научного сообщества к изучению КДО обострился в связи с несколькими фундаментальными проблемами: высвобождение в атмосферу большого количества углерода из ископаемого топлива при сжигании, увеличение продуктивности и устойчивости лесов с вовлечением КДО в биологический круговорот, накопление в лесах крупных древесных остатков и перспективы их использования в получении продуктов из низкосортной древесины. Лесные и другие природные экосистемы стали рассматриваться в совершенно новом для них аспекте. Сохранение и разведение лесов как способ связывания (депонирования) атмосферного углерода позволяет сбалансировать выбросы углекислого газа в атмосферу при сжигании природного топлива. Суммарные объемы депонирования углерода лесами России оцениваются в 261,64 миллиона тонн в год.

Количественная характеристика параметров круговорота углерода в лесных экосистемах необходима для оценки их роли в глобальном углеродном цикле, что особенно актуально в связи с широко обсуждаемыми в настоящее время проблемами сохранения биологической продуктивности и биосферных функций лесов [1].

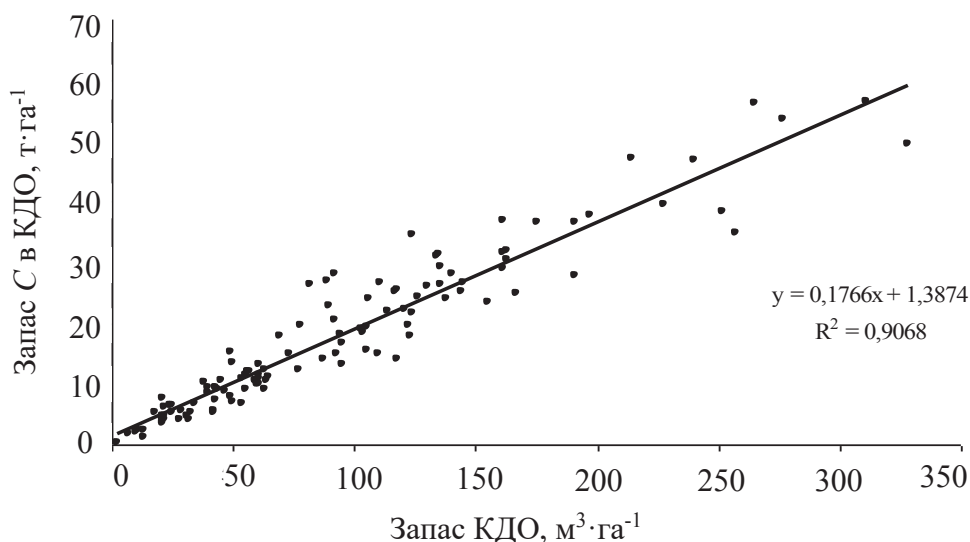
**Материалы и методы.** При исследовании резервата «Вепский лес» была использована база простых пробных площадей (ППП), заложенная С.А. Дыренковым и С.С. Савицким (1984). В национальных парках «Югыд Ва» (2008) и «Кенозерский» (2006) были заложены временные пробные площади (ВПП). Всего было обследовано 114 пробных площадей (2637 объектов КДО). Для определения запасов КДО на одной ПП было заложено по 4 трансекты длиной 50 метров и шириной 4 метра во взаимно перпендикулярных направлениях (крестом, направление С-Ю, З-В, место пересечения – центр выдела). Для исследования подбирались участки леса (БГЦ), характеризующиеся различными типами леса, преобладающей древесной породой, возрастной структурой и сукцессионным состоянием. При инвентаризации крупные древесные остатки учитывали по породам, классам разложения и категориям (валеж, зависшие деревья, сухостой, пни и фрагменты КДО) на трансекте.

Для определения массы углерода крупных древесных остатков их объем по породам умножался на базисную плотность согласно разработанной системе классов разложения. Далее проводилась камеральная обработка и статистический анализ данных с использованием ковариационного анализа (ANCOVA), теста на гомогенность Дункана и непараметрического теста Краскела-Уоллиса (пакет программ Statistica 6.0) с целью установления влияния различных факторов (обобщенная фаза динамики, подзона тайги, фаза динамики, обобщенный тип леса, класс бонитета, порода) на запас КДО [2].

Запасы углерода связанные с КДО рассчитывались на основании инвентаризации 114 пробных площадей (2637 объектов КДО), расположенных в северной и средней подзонах тайги, приуроченным к различным лесорастительным условиям, типам леса и различным сукцессионным состояниям БГЦ, с естественными нарушениями, таким, как по-

жары, ветровалы и др. Во избежание субъективности при выборе пробных площадей в работе был использован метод трансект.

**Результаты.** Рассчитанные значения запасов углерода КДО варьировали от 0,4 до 54,4 тСга<sup>-1</sup> (рисунки 1–3). Наибольшие значения запасов углерода КДО характерны для фазы оконной динамики, характеризующей дигрессию условно-одновозрастных древостоев (резерват «Вепский лес»). Наименьшие значения отмечены для древостоев, находящихся в фазах нарастания и стабилизации запаса, в абсолютно-разновозрастном лишайниково-зеленомошниковом (резерват «Вепский лес») и относительно-разновозрастном долгомошно-сфагновом (национальный парк «Югыд Ва») типах леса, характеризующихся низким запасом и крайне низким приростом.

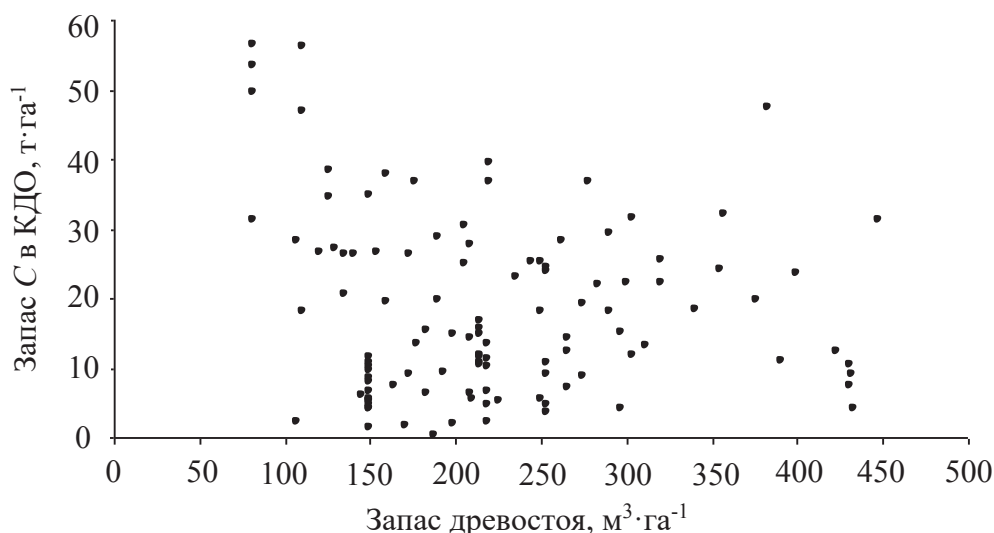


**Рисунок 1 – Зависимость запасов чистого углерода от объемов древесины КДО**

Распределение запаса углерода КДО не отличалось от нормального (критерий Колмогорова-Смирнова варьировал от 0,092 до 0,186,  $p = n.s.$ ); Статистический анализ данных показал, что наиболее значимым фактором, влияющим на запас углерода КДО являлось сукцессионное состояние древостоя, выраженное как обобщенная фаза динамики древостоя ( $F = 28,167$ ;  $p < 0,001$ ). При этом запас углерода в КДО для фаз нарастания и стабилизации запаса достоверно не различался ( $F = 3,227$ ;  $p = 0,076$ ), а значимость факторов убывала в ряду: 1) природная зона; 2) преобладающая в древостое порода. Влияние класса бонитета, обобщенного типа леса, фазы динамики не выявлено.

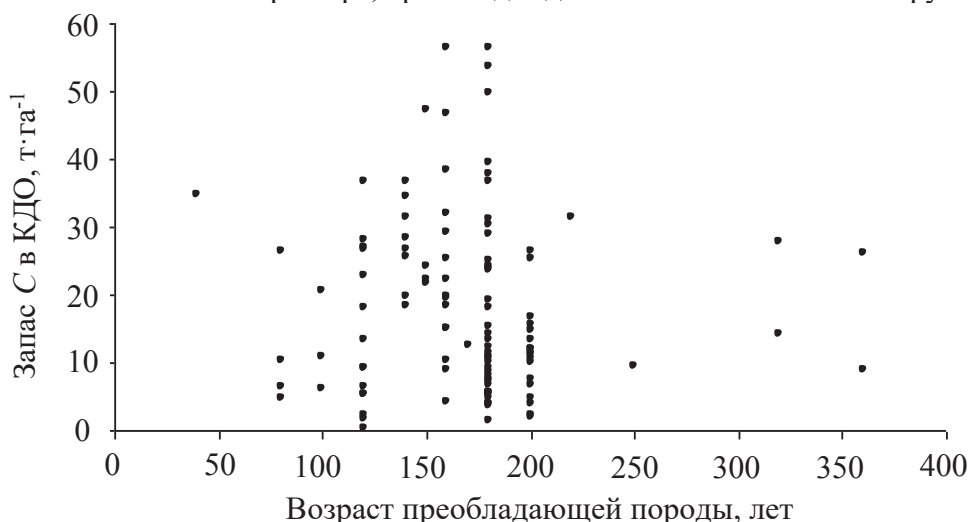
Запас углерода КДО в древостоях, находящихся в фазе дигрессии, различался для: 1) условно-одновозрастных древостоев, ветровальных окон; 2) относительно- и абсолютно-разновозрастных древостоев, заболоченных участков. Влияние типа леса и класса бонитета не выявлено, а также возраста преобладающей породы и запаса древостоя на запас углерода КДО не выявлено. Запас углерода КДО имел линейную зависимость от запаса КДО в м<sup>3</sup> ( $y = 0,177x + 1,387$ ,  $R^2 = 0,907$ ).

Наибольшее влияние фазы динамики древостоя на запасы углерода КДО объясняется тем, что максимальные запасы КДО, а, следовательно, и углерод накапливаются в результате естественных нарушений (в изучаемых БГЦ, в основном ветровалов и буреломов и т.д.), в старовозрастных древостоях, находящихся в фазе дигрессии. 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 (рисунок 2). 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.



**Рисунок 2 – Зависимость запасов чистого углерода от запасов древесины**

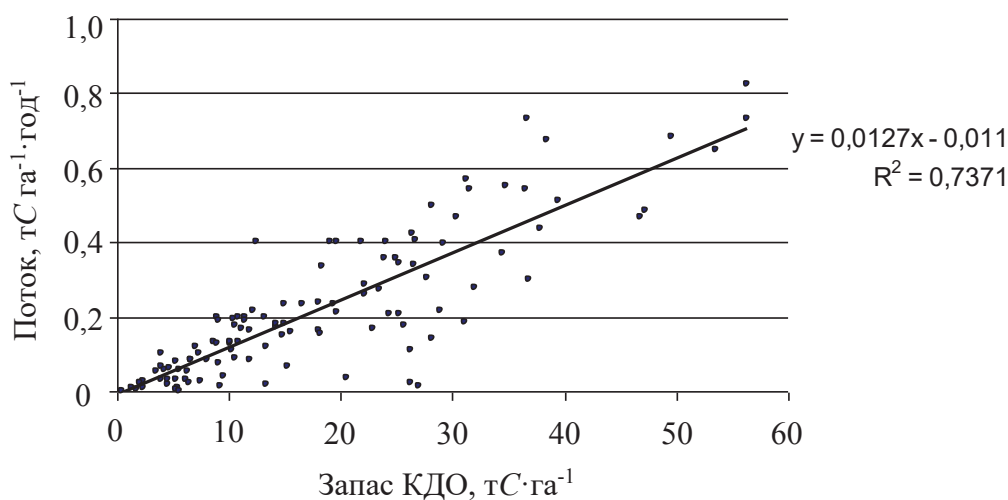
На запас углерода КДО в древостоях, находящихся в фазе дигрессии, оказывала влияние только фаза динамики древостоя с учетом возрастной структуры (рисунок 3). Наибольшее количество углерода КДО наблюдалось в условно-одновозрастных древостоях и ветровальных окнах, а также в результате усыхания заболоченных ельников. Накопление КДО в относительно- и абсолютно-разновозрастных древостоях не различалось, т.к. отмирание деревьев не носило массового характера, происходя единично или небольшими группами.



**Рисунок 3 – Зависимость запаса углерода КДО от возраста преобладающей породы**

Зависимость потока  $S$  от запаса КДО в связи с ксилолизом показана на рисунке 4. Линейная модель достаточно хорошо описывает данную взаимосвязь, об этом свидетельствует коэффициент корреляции ( $R^2 = 0,7371$ ). Следует отметить, что наибольший объем пробных площадей имел запас КДО до 40 т углерода на один гектар. При этом характер зависимости потока углерода от КДО при его значениях более 40 т углерода один гектар не изменялся, а область разброса полученных значений становилась уже.

Анализ полученных данных позволил установить, что наиболее значимыми факторами, влияющими на поток углерода в связи с ксилолизом, являются запас углерода КДО и обобщенная фаза динамики древостоя. При этом запас углерода КДО равный 38,0 тС га<sup>-1</sup> является пограничным значением, до которого преобладает процесс накопления КДО (отпада), а при превышении этого значения, доминируют процессы ксилолиза.



**Рисунок 4 – Зависимость потока С от запаса КДО в связи с ксиллизом**

**Обсуждение.** В литературе имеется довольно весомое количество публикаций на тему изучения КДО, однако, большинство из них представляют собой работы, в основании которых лежат математические модели, не проверенные эмпирическим путем. Данные, полученные прямыми измерениями, чрезвычайно фрагментарны, они покрывают незначительную площадь и касаются ограниченного количества регионов. В связи с этим рассчитанные на основании экспериментальных данных значения потоков углерода, связанных с КДО в различных БГЦ, позволяют составить углеродный баланс на уровне биогеоценоза, а также установить динамику древесного детрита в лесах таежной зоны.

**Заключение.** В настоящее время исследование запасов КДО является важнейшей задачей в связи со значительным дефицитом древесины в условиях транспортной доступности, высоким развитием технологий глубокой переработки низкокачественной древесины и биоэнергетики. В этих условиях КДО рассматривается как ценное сырье для деревоперерабатывающей промышленности и элемент для устойчивого функционирования лесных экосистем, однако достоверное распределение в лесах таежной зоны этого ресурса до сих пор остается малоизученным [3, 4].

Рассчитанные на основании экспериментальных данных значения пулов углерода, связанных с КДО, позволяет установить запасы древесного детрита в лесах таежной зоны.

Данная работа позволяет осуществить прогноз по количественным характеристикам древесного детрита в различных условиях, наличие которого влияет на биоразнообразие, поэтому результат работы (фактическое нахождение детрита на ПП) может быть оценен как один из параметров, связанных с биоразнообразием.

Полученные результаты могут использоваться при планировании различных лесохозяйственных мероприятий в лесах высокой биологической ценности и эксплуатационных лесах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Боровиков, А.М. Справочник по древесиноведению / А.М.Боровиков, Б.Н.Уголев. – М.: Лесн. пр-ть, 1989. 296 с.
2. Кузнецов, А.А. Изучение физико-механических свойств древесины ольхи с целью ее рационального использования / А.А.Кузнецов, В.А.Соколова // Известия Санкт-петербургской лесотехнической академии. 2015. Вып. 213. С. 191-203.
3. Полубояринов, О. И. Древесиноведение. Таблицы. Формулы. Графики / О.И.Полубояринов. – СПб: ГЛТА, 1997. 405 с.
4. Соколова, В.А. Проблема лесохимического и биоэнерготехнологического использования биомассы дерева / В.А.Соколова, В.И.Ягодин // Известия Санкт-Петербургской Лесотехнической академии. Выпуск 188, СПб, СПбГЛТА, 2009. С. 246-252.