



DOI 10.21178/2079-6080.2022.1.72
УДК 630*182.21; 574.4

Запасы углерода в древесных растениях березово-елового молодняка послерубочного происхождения в условиях средней тайги Республики Коми

© Т.А. Пристова

Carbon reserves in woody plants of birch-spruce young stock of post-harvest origin of the middle taiga of the Komi Republic

T.A. Pristova (Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences)

The dynamics of phytomass and carbon reserves in woody plants of birch-spruce young forest of post-harvest origin in the middle taiga of the Komi Republic is considered. Data on the carbon concentration in various species and parts of woody plants are presented. It is shown that the carbon concentration in woody plants of young forest, depending on the species and part of the plant, varies from $45,3 \pm 1,2$ to $50,1 \pm 1,6$ % of absolutely dry matter. The total carbon reserves in the stand, underwood and undergrowth of birch-spruce young have increased from 17 to 23 t/ha over 10 years, while carbon reserves in the stand increase by 2 times, decrease by 1,6 times in the adolescent, decrease by 1,8 times in the undergrowth. The leading role in the accumulation of carbon in the stand and underwood to birch and spruce, in the undergrowth – rowan and willow. It is shown that as a stand is formed, its contribution to carbon accumulation by woody vegetation increases, underwood and undergrowth decrease. The share of the forest stand in the accumulation of the total carbon stock by woody plants of birch-spruce young forest increases from 50 to 78 % in 10 years, decreases from 26 to 13 in the underwood, decreases from 24 to 9 % in the undergrowth. Analysis of the dynamics of carbon stocks over 10 years in woody plants of birch-spruce young forest showed that changes in its distribution by phytomass components are not pronounced. The data obtained on carbon stocks in woody plants can be used to assess the carbon cycle in deciduous young forest of post-harvest origin.

Keywords: middle taiga, birch-spruce young forest, carbon reserves

Запасы углерода в древесных растениях березово-елового молодняка послерубочного происхождения в условиях средней тайги Республики Коми

Т.А. Пристова

Рассмотрена динамика запасов углерода в древесных растениях березово-елового молодняка послерубочного происхождения в средней тайге Республики Коми. Представлены данные по концентрации углерода в различных древесных породах. Установлено, что концентрация углерода в исследуемых растениях в зависимости от видовой принадлежности и их части изменяется от $44,3 \pm 1,8$ до $50,1 \pm 1,6$ % абсолютно сухого вещества. Общие запасы углерода в древостое, подросте и подлеске березово-елового молодняка за 10 лет увеличились с 17 до 24 тС/га, при этом аккумуляция углерода в древостое возрастает в 2 раза, в подросте снижаются в 1,6 раза, в подлеске уменьшаются в 2 раза. Ведущая роль в накоплении углерода в древостое и подросте принадлежит березе и ели, в подлеске – рябине и иве. Показано, что по мере формирования древостоя исследуемого насаждения его вклад в аккумуляцию углерода древесной растительностью возрастает, а подроста и подлеска – снижается. Доля участия древостоя в накоплении общего запаса углерода древесными растениями березово-елового молодняка за 10 лет возрастает с 50 до 78 %, в подросте снижается с 26 до 13 %, в подлеске уменьшается с 24 до 9 %. Анализ динамики запасов углерода за наблюдаемый период в древесных растениях березово-елового молодняка выявил, что изменения в его распределении по компонентам фитомассы не выражены. Полученные данные по запасам углерода в древесных растениях могут быть использованы при оценке углеродного цикла в лиственных молодняках послерубочного происхождения.

Ключевые слова: средняя тайга, березово-еловый молодняк, запасы углерода

Пристова Татьяна Александровна – научный сотрудник, канд. биол. наук

E-mail: pristova@ib.komisc.ru

Институт биологии Коми научного центра Уральского Отделения Российской академии наук

167000, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28

Телефон: (8212) 24-50-03

Факс: (8212) 24-01-63

В настоящее время изучению углеродного цикла в лесных экосистемах таежной зоны уделяют много внимания, прежде всего в связи с глобальным потеплением климата [21]. Леса России играют значительную роль в круговороте углерода. Значению лесов в депонировании углерода придается важная роль, в связи с тем, что лесные экосистемы переводят углерод атмосферы в неактивное состояние и выводят его из круговорота. Для оценки углеродного цикла в лесных экосистемах необходимы данные по содержанию, накоплению и распределению углерода в отдельных структурных элементах биогеоценозов [10, 18].

Рубки лесов являются одним из главных факторов воздействия на таежные экосистемы Севера, которые за счет увеличения площади лиственных и смешанных лиственно-хвойных лесов, приводят к изменениям основных параметров углеродного цикла. Потери запасов углерода лесами в результате рубок могут быть как обратимыми, так и необратимыми. Восстановление молодых лесов на вырубках относится к обратимым потерям запасов углерода. В результате естественного лесовосстановления происходит постепенная компенсация запасов углерода за счет увеличения фитомассы и других пулов. Изучение динамики основных параметров в цикле углерода в процессе восстановления естественной структуры таежных лесов является актуальной задачей современных научных исследований [4, 18].

Запасы углерода в фитомассе определены для лесов РФ в целом [6, 10]. Оценка запасов

углерода для Республики Коми приводится для древостоев особо охраняемых природных территорий [3], хвойных [1, 9, 13], смешанных лиственно-хвойных и хвойно-лиственных лесов [1, 16], на вырубках [12, 13] и в 36-летнем березняке разнотравного типа [13]. Данных по запасам углерода в древесных растениях лиственных молодняков и его динамике при послерубочных сукцессиях в условиях средней тайги Республики Коми в литературе не обнаружены. Цель проведенных нами исследований состояла в изучении динамики запасов углерода в древесных растениях березово-елового молодняка послерубочного происхождения в условиях средней тайги Республики Коми.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились в 2005–2015 гг. в подзоне средней тайги на базе Ляльского лесозоологического стационара Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН Княжпогостского района Республики Коми. Постоянные пробные площади (ППП) были заложены в березово-еловом молодняке разнотравного типа. Перечет проводили по общепринятой в лесной таксации методике [14]. Материалы анализировали в соответствии с методическими указаниями [11].

Исследуемые фитоценозы развиваются после рубок, проведенных в 90-е годы XX в., в ельнике чернично-долгомошного типа. Лесоводственно-таксационная характеристика древостоев приведена в таблице 1.

Таблица 1

Лесоводственно-таксационная характеристика древостоя и подроста березово-елового молодняка

Год учета	Состав древостоя*	Порода	Число деревьев, экз./га	Возраст, лет	Запас древесины, м ³ /га	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Количество подроста, тыс. экз./га
2005	5Б5Еед.Сед.Ос	Ель	211	12	8,0	6	8	3,00
		Береза	256	12	7,0	7	9	13,00
		Всего	467	-	15,0	-	-	16,00

2015	6Б4Е+С+Ос	Ель	300	22	18,3	8	11	2,00
		Береза	777	22	30,9	9	9	7,00
		Осина	33	20	1,0	10	10	0,04
		Сосна	22	20	1,5	11	12	0,01
		Всего	1132	-	51,7	-	-	13,14

Примечание. *Состав древостоя рассчитан по запасу

Для характеристики живого напочвенного покрова применяли общепринятую методику учета растений, на каждой ППП определяли общее проективное покрытие растений травяно-кустарничкового и мохового ярусов, а также проективное покрытие каждого вида.

Древесный ярус березово-елового молодняка сложный и представлен доминирующими *Betula pendula* Roth., *B. pubescens* Ehrh., *Picea obovata* Ledeb., а также единичными экземплярами *Populus tremula* L. и *Pinus sylvestris* L.

Подрост представлен *B. pendula*, *B. pubescens*, *Picea obovata*, *Populus tremula* L., *Abies sibirica* разной высоты. Численность подлеска, состоящего из *Salix caprea* L., *S. pentandra* L., *S. philicifolia* L., *Sorbus aucuparia* L., *Rosa acicularis* Lindl. и единичных экземпляров *Lonicera pallasii* Ledeb. в 2005 г. составила 14 тыс. шт./га, в 2015 – 8 тыс. шт./га.

Напочвенный покров березово-елового молодняка, произрастающего на торфянисто-подзолисто-глееватой почве, отличается большой мозаичностью и насчитывает 28 видов. Общее проективное покрытие составляет 90 %, из них трав – 30, кустарничков – 5, мхов – 55 %. На месте трелевочных волоков в исследуемом фитоценозе развивается моховой покров – преимущественно из *Sphagnum magelanicum* Brid. и *Polytrichum commune* Hedw. (общее проективное покрытие – 80 %). Из кустарничков доминируют *Vaccinium myrtillus* L. и *V. vitis-idaea* L., из трав – *Juncus filiformis* L. и *Agrostis tenuis* Sibth., среди мхов – *Polytrichum commune*, *Sphagnum magelanicum*, *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al.

Растительные образцы для химического анализа отбирали в 5–10-кратной повторности для каждого вида древесного растения и

его частей. Содержание углерода в смешанных образцах определены в экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН по аттестованной методике измерений № 88-17641-94-2009 (ФР.1.31.2014.17663) «Методика выполнения измерений содержания углерода и азота в твердых объектах методом газовой хроматографии на элементном анализаторе EA 1110 (CHNS-O) (фирма CE Instruments, Италия)». Концентрация углерода приведена в процентах абсолютно сухого вещества (а.с.в.). Границы интервала абсолютной погрешности концентрации углерода при $P = 0,95$ составили 1,2–2,4 %.

Для определения запасов углерода проведены расчеты фитомассы древесных растений с использованием метода модельных деревьев с последующим применением аллометрических уравнений для оценки отдельных фракций деревьев и фитомассы в целом [17, 19, 22]. Проанализировано 22 модельных дерева основных лесообразующих пород и 8 – подлесочных пород. Регрессионные уравнения связи морфометрических и продукционных показателей деревьев были получены на основании биометрических данных модельных деревьев. Для отдельных фракций фитомассы использовалось простое линейное уравнение вида $y = a + b \cdot x$, связывающее ступень толщины ствола (x) с фитомассой фракции дерева (y) или степенное вида $y = a \cdot b^x$, для подраста и подлесочных пород использованы зависимости от высоты. На основании полученных данных по фитомассе древесных растений проведен расчет запасов углерода (т/га) путем перемножения массы структурных компонентов каждого вида на концентрацию в них углерода.

Результаты и их обсуждение

Запасы углерода в древесных растениях непосредственно связаны с аккумуляцией органического вещества в фитомассе. Общая фитомасса древесных растений березово-елового молодняка за 10 лет возросла с 33 до 52 т/га, в том числе древостоя с 15 до 41 т/га. В литературе приводятся довольно близкие данные по фитомассе древостоев в лиственных молодняках послерубочного происхождения: для 12-летнего березняка разнотравно-черничного типа в Республике Карелия – 18,6 т/га [7], для 17-летнего березово-елового насаждения Вологодской области – 57,8 т/га [15]. С возрастом

насаждения имеют более высокие показатели: для 36-летнего березняка разнотравного в Республике Коми – это 108,4 т/га [13], для 45-летнего лиственно-хвойного насаждения – 167,2 т/га [16]. Увеличение фитомассы исследуемого молодняка определяется активным ростом березы и ели и ростом запаса и количества деревьев, связанное с переходом из подроста в древостой (табл. 1).

Концентрация углерода в древесных растениях березово-елового молодняка в зависимости от видовой принадлежности и части растения изменяется от $44,3 \pm 1,8$ до $50,1 \pm 1,6$ % а. с. в. (табл. 2).

Таблица 2
Средняя концентрация углерода в доминирующих видах древесных растений березово-елового молодняка

Древесная порода	Концентрация углерода в разных фракциях фитомассы, % а. с. в.			
	Стволовая древесина	Ветви	Листья (хвоя)	Корни
Береза	$45,7 \pm 1,2$	$47,8 \pm 1,5$	$47,2 \pm 1,5$	$46,2 \pm 1,5$
Ель	$47,4 \pm 1,3$	$49,7 \pm 1,6$	$50,1 \pm 1,6$	$47,5 \pm 1,1$
Осина	$44,3 \pm 1,8$	$47,9 \pm 2,4$	$48,9 \pm 2,4$	$46,4 \pm 1,8$
Ива	$46,1 \pm 1,5$	$48,9 \pm 1,6$	$47,5 \pm 1,5$	$47,9 \pm 1,4$
Рябина	$45,3 \pm 1,2$	$46,2 \pm 1,5$	$45,5 \pm 1,5$	$45,8 \pm 1,2$

Для древесных растений таежных лесов Республики Коми диапазон концентрации углерода находится в таких же пределах: 44,6–50,3 % [2]. Наиболее высоким содержанием углерода среди исследуемых растений отличаются хвоя и ветви ели, низким – стволовая древесина осины. Довольно близкие значения

этого показателя приводятся для хвои ели (49,93 %) и листьев березы (47,16 %) в средневозрастных березняках Аляски [21].

Древесные растения березово-елового молодняка аккумулируют от 17 до 24 тС/га за исследуемый период, в том числе 8–19 тС/га – в древостое (рис. 1).

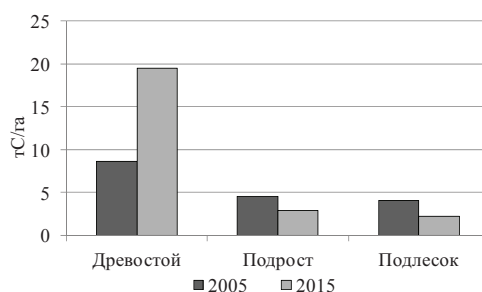


Рис. 1. Запасы углерода в древостое, подросте и подлеске березово-елового молодняка в 2005 и 2015 гг.

Схожие показатели запасов углерода приведены для древесных растений на вырубках ельников черничных – 16–18 тС/га [12, 13]. В древостое исследуемого березово-елового молодняка накапливается в 6–8 раз меньше углерода, чем в древостое среднетаежного ельника черничного Республики Коми [9], в 3–6 раз меньше, чем в 36-летнем березняке разнотравном [13] и в 3–8 раз меньше, чем в 45-летнем лиственно-хвойном насаждении [16]. Таким образом, исследуемый молодняк по запасам углерода в древостое более близок к вырубке, чем к ельнику и средневозрастным лиственным насаждениям.

В древостое исследуемого молодняка за 10 лет запас углерода возрос вдвое, в подросте снизился в 1,5 раза, в подлеске уменьшился в 2 раза (рис. 1). В 12-летнем возрасте доля участия древостоя в общем запасе углерода, на-

капливаемого древесными растениями, составляла 50 %, к 22 годам она возросла до 78 %, по подросту снизилась с 26 до 13 %, по подлеску – с 24 до 9 %. Таким образом, по мере формирования древостоя, его вклад в общую аккумуляцию углерода древесной растительностью возрастает, а подрост и подлесок – снижается.

За 10-летний период изменения в соотношении общих запасов углерода в компонентах фитомассы древесных растений березово-елового молодняка незначительны (не более 5 %) и распределяются следующим образом: в стволах около 40 %, в ассимилирующих органах – 15–16 %, в корнях и ветвях – приблизительно по 20 %.

Древостой. За исследуемый период в древостое накапливается 8–19 тС/га (рис. 1), при этом 96–97 % запасов углерода приходится на березу и ель, 3–4 % на осину и сосну (рис. 2).

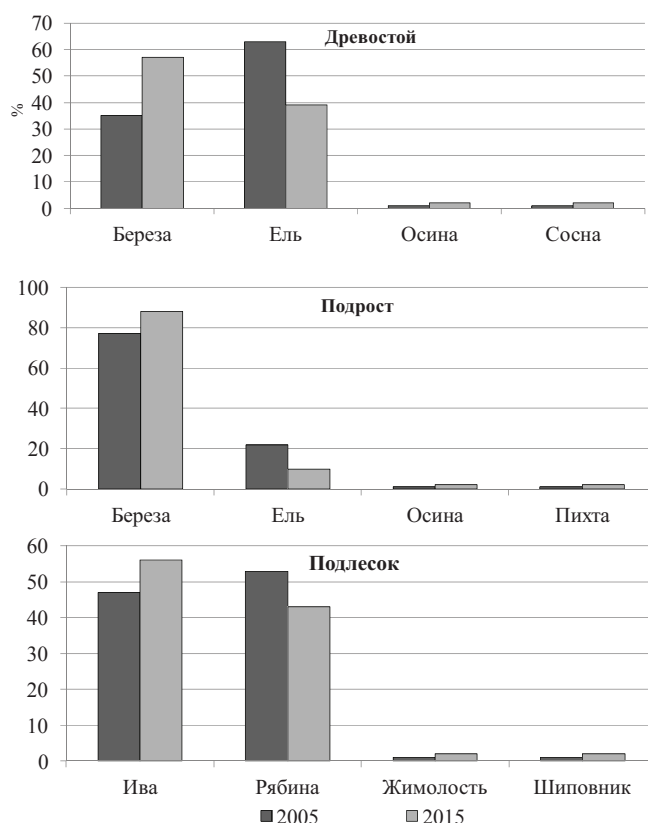


Рис. 2. Доля участия древесных растений в накоплении углерода в древостое, подросте и подлеске березово-елового молодняка в 2005 и 2015 гг.

Следует отметить, что в соотношении запасов углерода между елью и березой за 10 лет происходят существенные изменения: доля березы в древостое увеличивается с 35 до 57 %, а ели, напротив, снижается с 63 до 39 %. Это обусловлено увеличением количества березы в древостое в 3, а ели в 1,4 раза (табл. 1). Рост численности происходит за счет перехода деревьев из подроста в основной ярус.

В древостое молодняка в течение исследуемого периода 51–52 % углерода сосредоточено в стволах, 16–17 % – в корнях, 17–18 % – в ветвях, 14–15 % – в листьях и хвое. Соотношение запасов углерода в древостое ельников черничных в условиях средней тайги Республики Коми отличается от исследуемого молодняка: на стволы приходится около 60 %, на ветви – около 10, на корни – 20, на листья и хвою – 7 % от общего запаса углерода [9], в 45-летнем лиственно-хвойном насаждении – 69, 19, 8 и 4 % соответственно [16]. Следовательно, в исследуемом молодняке в стволах содержится меньше запасов углерода, аккумулируемых древостоем в целом, чем в ельнике и средневозрастном лиственно-хвойном насаждении. Можно предположить, что эти различия связаны с составом и возрастом этих древостоев. Значительных изменений в распределении запасов углерода по фракциям в древостое исследуемого насаждения, за десятилетний период не наблюдаются. Это обусловлено тем, что соотношение между фитомассой стволов и остальных фракций деревьев в древостое достаточно устойчивы для каждой древесной породы и рано стабилизируются в возрастной динамике [5].

Подрост. За исследуемый период в подросте накапливается 2,9–4,5 тС/га (рис. 1), при этом 77–89 % от запаса углерода приходится на березу, на ель – 10–22 %, на осину и пихту – менее 1 % (рис. 2). В подросте единично присутствует сосна, запасы углерода которой не превышают 0,01 тС/га. В 36-летнем березняке разнотравного запасы углерода в подросте ниже и составляют 0,99 тС/га [13]. За 10 лет запасы углерода, аккумулируемого в

подросте исследуемого молодняка, снижаются в 1,5 раза, при этом доля участия березы увеличивается, ели – снижается, пихты и осины – практически не меняется (рис. 2). Это связано с уменьшением численности подроста, обусловленное сокращением количества экземпляров березы и ели за счет перехода крупного подроста в состав древостоя, а также естественного изреживания (табл. 1). Осина и сосна в подросте имеют семенное происхождение и накапливают незначительные запасы углерода. Эти древесные породы представлены в подросте в небольшом количестве и за 10-летний период только единичные крупные деревья перешли в древостой. Следует отметить, что немногочисленные экземпляры сосны и осины расположены в окнах, где условия для их выживания наиболее благоприятны. Участие пихты в накоплении углерода в подросте очень небольшое (рис. 2), так как она представлена в молодняке единичными мелкими экземплярами вегетативного происхождения, источником которых стали деревья, оставленные на вырубке.

В подросте распределение углерода в стволах, листьях и хвое за 10-летний период изменяется незначительно, в пределах 1 %, в корнях увеличивается, а в ветвях снижается на 6 %. Более половины запасов углерода, сосредоточенных в подросте, накапливаются в стволах, около четверти – в корнях, в листьях – 6–7 %, в ветвях – 9–14 %.

Подлесок. В подлеске за 10-летний период аккумулируются 2–4 тС/га (рис. 1), из них 43–58 % накапливаются в рябине, 47–56 % – в иве, в жимолости и шиповнике – не более 2 % (рис. 2) Довольно близкие показатели запаса углерода в подлеске приводятся для 36-летнего березняка разнотравного в условиях Республики Коми – 3,3 тС/га [13]. В целом запасы углерода в подлеске исследуемого насаждения за период наблюдения уменьшаются вдвое. Это обусловлено снижением общей численности подлеска с 14 до 8 тыс. шт./га, которое связано с существенным отпадом сухих и усыхающих особей ивы и рябины. Динамика распределе-

ния углерода между этими подлесочными породами имеет тенденцию к увеличению доли участия его запасов в подлеске для ивы и снижению для рябины (рис. 2). Это связано с более интенсивным по сравнению с ивой уменьшением численности рябины и ее фитомассы, что обусловлено рядом ее биологических особенностей. Как известно, рябина хорошо размножается корневыми отпрысками и первые 3–5 лет после рубки происходит увеличение ее численности, которое к 10 годам достигает максимума, однако, через 10–12 лет она вытесняется более долговечными и быстрорастущими листовыми породами – березой и осинкой [8, 20].

Распределение запасов углерода по фракциям фитомассы подлеска довольно стабильно и различия между годами не превышают 1–2 %. В подлеске около 70 % запасов углерода сосредоточено в стволах (стволиках) древесных растений, в листьях, ветвях и корнях накапливается приблизительно по 10 % в каждом компоненте.

Таким образом, аккумуляция углерода в древесных растениях березово-елового молодняка послерубочного происхождения дифференцирована. Распределение углерода, накапливаемого в исследуемом молодняке, определяется древесной породой, ее численностью и фракцией фитомассы. Динамика общих запасов углерода древесных растений и их распределение в целом для исследуемого молодняка за 10-летний период проявляется в увеличении для древостоя и снижении для подроста и подлеска.

Выводы

1. Выявлено, что общие запасы углерода, аккумулируемые в древесных растениях березово-елового молодняка за 10-летний период,

увеличиваются с 17 до 24 тС/га, при этом запасы углерода в древостое возрастают в 2 раза, в подросте снижаются в 1,6 раза, в подлеске уменьшаются в 2 раза. Ведущая роль в накоплении углерода в древостое и подросте принадлежит березе и ели, в подлеске – рябине и иве.

2. Показано, что концентрация углерода в древесных растениях березово-елового молодняка в зависимости от видовой принадлежности и части растения изменяется от $45,3 \pm 1,2$ до $50,1 \pm 1,6$ % а. с. в.

3. Динамика распределения запасов углерода за 10-летний период в компонентах фитомассы древостоя, подроста и подлеска относительно стабильна. Установлено, что за 10 лет доля участия древостоя в общем запасе углерода, накапливаемого древесными растениями исследуемого молодняка возросла с 50 до 78 %, подростка снизилась с 26 до 13 %, подлеска уменьшилась с 24 до 9 %.

4. Полученные данные могут использоваться при оценке запасов углерода и его динамики в древостоях листовых молодняков послерубочного происхождения.

Работа выполнена при финансовой поддержке темы госзадания Института биологии Коми научного центра УрО РАН № 1021051101417-8-1.6.19 «Зональные закономерности динамики структуры и продуктивности первичных и антропогенно измененных фитоценозов лесных и болотных экосистем европейского северо-востока России».

Автор статьи выражает искреннюю благодарность сотрудникам отдела лесобиологических проблем Севера ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН К.С. Бобковой, А.В. Манову, А.И. Патову, В.В. Тужилкиной за помощь в проведении исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобкова, К.С. Динамика содержания углерода органического вещества в среднетаежных ельниках на автоморфных почвах / К.С. Бобкова, А.В. Машика, А.В. Смагин. – СПб.: Наука, 2014. – 270 с.
2. Бобкова, К.С. Содержание углерода и калорийность органического вещества в лесных экосистемах Севера / К.С. Бобкова, В.В. Тужилкина // Экология. – 2001. – № 1. – С. 69–74.

3. Бобкова, К.С. Углерод в лесных и болотных экосистемах особо охраняемых природных территорий Республики Коми. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН / К.С. Бобкова, А.В. Манов, В.М. Осипов, А.Ф. Осипов, М.А. Кузнецов, Н.В. Торлопова, А.Л. Федорков, А.С. Комаров, В.Н. Шанин, Н.Н. Гончарова, С.В. Загирова, О.А. Михайлов, М.Н. Мигловец; отв. ред. К.С. Бобкова, С.В. Загирова. – Сыктывкар: ИБ Коми НЦ УрО РАН, 2014. – 202 с.
4. Замолодчиков, Д.Г. Системы оценки бюджета углерода в лесах. Научно-образовательный курс / Д.Г. Замолодчиков. – М.: ФГБУН Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, 2012. – 60 с.
5. Замолодчиков, Д.Г. Система конверсионных отношений для расчета чистой первичной продукции лесных экосистем по запасам насаждений / Д.Г. Замолодчиков, А.И. Уткин // Лесоведение. – 2000. – № 6. – С. 54–63.
6. Исаев, А.С. Оценка запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесных экосистем России / А.С. Исаев, Г.Н. Коровин, А.И. Уткин, А.А. Пряжников, Д.Г. Замолодчиков // Лесоведение. – 1993. – № 5. – С. 3–10.
7. Казимиров, Н.И. Органическая масса и потоки веществ в березняках средней тайги / Н.И. Казимиров, Р.М. Морозова, В.К. Куликова. – Л.: Наука, 1978. – 216 с.
8. Ковалев, Н.В. Ресурсный потенциал и ценотическая роль рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) в лесных экосистемах Ленинградской области: специальность 06.03.02 «Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация»: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.В. Ковалев; Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия им. С.М. Кирова. – СПб., 2012. – 20 с.
9. Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции. СПб.: Наука, 2006. – 337 с.
10. Кудеяров, В.Н. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / В.Н. Кудеяров, Г.А. Заварзин, С.А. Благодатский и др. (отв. ред. Заварзин Г.А.). – М.: Наука, 2007. – 315 с.
11. Лесотаксационный справочник для Северо-Востока европейской части СССР (нормативные материалы для Архангельской, Вологодской областей и Коми АССР). – Архангельск: АИЛНЛХ, 1986. – 558 с.
12. Лиханова, Н.В. Пулы и потоки углерода в экосистемах вырубki ельников средней тайги Республики Коми / Н.В. Лиханова, К.С. Бобкова // Теоретическая и прикладная экология. – 2019. – № 2. – С. 91–100.
13. Осипов, А.Ф. Запасы фитомассы и органического углерода среднетаежных ельников при восстановлении после сплошнолесосечной рубки / А.Ф. Осипов, В.В. Тужилкина, А.А. Дымов, К.С. Бобкова. // Известия РАН. Серия биологическая. – 2019. – № 2. – С. 215–224.
14. ОСТ 56–69–83. Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки. М.; ЦБНТИ гослесхоза СССР, 1983. – 60 с.
15. Паршевников, А.Л. Круговорот азота и зольных элементов в связи со сменой пород в лесах средней тайги / А.Л. Паршевников // Типы леса и почвы северной части Вологодской области: Тр. ин-та леса и древесины СО АН СССР, под ред. Г.П. Мотовилова. – М.-Л.: изд-во АН СССР. 1962. – Т. 52. – С. 196–209.
16. Пристова, Т.А. Компоненты углеродного цикла в лиственно-хвойном насаждении средней тайги / Т.А. Пристова // Лесоведение. – 2010. – № 6. – С. 12–19.
17. Родин, Л.Е. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах / Л.Е. Родин, Н.В. Ремезов, Н.И. Базилевич. – Л.: Наука, 1968. – 143 с.
18. Сергиенко, В.Г. Влияние ожидаемого изменения климата на баланс углерода и продуктивность экосистем в лесном секторе Российской Федерации / В.Г. Сергиенко // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2018. – № 1. – С. 74–90.

19. Усольцев, В.А. Методы определения биологической продуктивности насаждений / В.А. Усольцев, С.В. Залесов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2005. – 147 с.
20. Korsmo, H. Weight equations for determining biomass fractions of young hardwoods from natural regenerated stand / H. Korsmo // *Scandinavian Journal of forest Research*. – 1995. – № 10. – pp. 333–346.
21. Melvin, A.M. Differences in ecosystem carbon distribution and nutrient cycling linked to forest tree species composition in a mid-successional boreal forest / A.M. Melvin, C.M. Michelle, J.F. Johnstone, A.D. McGuire, H. Genet, E.A.G. Schuur // *Ecosystems*. – 2015. № 18. – pp. 1472–1488. DOI: 10.1007/s 1007-015-9912-7.
22. Repola, J. Biomass Equations for Scots pine and Norway spruce in Finland / J. Repola // *Silva Fennica*. – 2009. – № 42 (4). – pp. 605-624. DOI: 10.14214/sf.184.

REFERENCES

1. Bobkova K.S., Mashika A.V., Smagin A.V. Dinamika sodержaniya ugleroda organicheskogo veshhestva v srednetaezhnyh el'nikah na avtomorfnyh pochvah. St. Petersburg, 2014, 270 p. (In Russian)
2. Bobkova K.S., Tuzhilkina V.V. Soderzhanie ugleroda i kalorijnost' organicheskogo veshchestva v lesnyh ekosistemah Severa Bobkova. *Ekologiya*. 2001. no. 1, pp. 69–74. (In Russian)
3. Bobkova K.S., Manov A.V., Osipov V.M., Osipov A.F., Kuznetsov M.A., Torlopova N.V., Fedorkov A.L., Komarov A.S., Shanin V.N., Goncharova N.N., Zagirova S.V., Mikhajlov O.A., Miglovets M.N. Uglerod v lesnyh i bolotnyh jekosistemah osobo ohranjaemyh prirodnyh territorij Respubliki Komi. *Otv. red. K.S. Bobkova, S.V. Zagirova*. Syktyvkar, IB Komi NTS UrO RAN, 2014, 202 p. (In Russian)
4. Zamolodchikov D.G. Sistemy ocenki bjudzhetu ugleroda v lesah. Nauchno-obrazovatel'nyj kurs. Moscow, 2012, 60 p. (In Russian)
5. Zamolodchikov D.G., Utkin A.I. Sistema konvercionnyh otnoshenij dlya rascheta chistoj pervichnoj produkcii lesnyh ekosistem po zapasam nasazhdenij. *Lesovedenie*. 2000, no. 6, pp. 54–63. (In Russian)
6. Isaev A.S., Korovin G.N., Utkin A.I., Prjazhnikov A.A., Zamolodchikov D.G. Ocenka zapasov i godichnogo deponirovaniya ugleroda v fitomasse lesnyh jekosistem Rossii. *Lesovedenie*, 1993, no. 5, pp. 3–10. (In Russian)
7. Kazimirov N.I., Morozova R.M., Kulikova V.K. Organicheskaja massa i potoki veshhestv v bereznjakah srednej tajgi. Leningrad, 1978, 216 p. (In Russian)
8. Kovalev N.V. Resursnyj potencial i cenoticheskaja rol' rjabiny obyknovennoj (*Sorbus aucuparia* L.) v lesnyh jekosistemah Leningradskoj oblasti: special'nost' 06.03.02 «Lesovedenie, lesovodstvo, lesoustrojstvo i lesnaja taksacija»: Extended abstract of candidate's thesis. Sankt Peterburskaja gosudarstvennaja lesotehnicheskaja akademija im. S.M. Kirova. St. Petersburg, 2012, 20 p. (In Russian)
9. Korennye elovye lesa Severa: bioraznoobrazie, struktura, funkcii. St. Petersburg, 2006, 337 p. (In Russian)
10. Kudejarov V.N., Zavarzin G.A., Blagodatskij S.A. Puly i potoki ugleroda v nadzemnyh jekosistemah Rossii. Moscow, 2007, 315 p. (In Russian)
11. Lesotaksacionnyj spravocnik dlja Severo-Vostoka evropejskoj chasti SSSR (normativnye materialy dlja Arhangel'skoj, Vologodskoj oblasti i Komi ASSR). Arhangel'sk, 1986, 558 p. (In Russian)
12. Lihanova N.V., Bobkova K.S. Puly i potoki ugleroda v jekosistemah vyrubki el'nikov srednej tajgi Respubliki Komi. *Teoreticheskaja i prikladnaja jekologija*. 2019, no. 2, pp. 91–100. (In Russian)
13. Osipov A.F., Tuzhilkina V.V., Dymov A.A., Bobkova K.S. Zapasy fitomassy i organicheskogo ugleroda srednetaezhnyh el'nikov pri vosstanovlenii posle sploshnolesosechnoj rubki. *Izvestiya RAN. Seriya biologicheskaya*. 2019, no. 2, pp. 215–224. (In Russian)
14. OST 56–69–83. Probnye ploshhadi lesoustroitel'nye. Metod zakladki. Moscow, 1983, 60 p. (In Russian)

15. Parshevnikov A.L. Krugovorot azota i zol'nyh elementov v svyazi so smenoi porod v lesah srednej tajgi. Tipy lesa i pochvy severnoj chasti Vologodskoj oblasti: *Tr: in-ta lesa i drevesiny SO AN SSSR*. Moscow-Leningrad, 1962. T. 52, pp. 196–209. (In Russian)
16. Pristova T.A. Komponenty uglerodnogo cikla v listvenno-hvojnomy nasazhdenii srednej tajgi. *Lesovedenie*, 2010, pp. 12–19. (In Russian)
17. Rodin L.E., Remezov N.V., Bazilevich N.I. Metodicheskie ukazaniya k izucheniju dinamiki i biologicheskogo krugovorota v fitocenoze. Leningrad, 1968, 143 p. (In Russian)
18. Sergienko V.G. Vlijanie ozhidaemogo izmenenija klimata na balans ugleroda i produktivnost' jekosistem v lesnom sektore Rossijskoj Federacii. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozjajstva*, 2018, no. 1, pp. 74–90. (In Russian)
19. Usol'cev V.A., Zalesov S.V. Metody opredelenija biologicheskoi produktivnosti nasazhdenij. Ekaterinburg, 2005, 147 p. (In Russian)
20. Korsmo H. Weight equations for determining biomass fractions of young hardwoods from natural regenerated stand. *Scandinavian Journal of forest Research*, 1995, no. 10, pp. 333–346.
21. Melvin A.M., Michelle C.M., Johnstone J.F., McGuire A.D., Genet H., Schuur E.A.G. Differences in ecosystem carbon distribution and nutrient cycling linked to forest tree species composition in a mid-successional boreal forest. *Ecosystems*, 2015, no. 18, pp. 1472–1488. DOI: 10.1007/s 1007-015-9912-7.
22. Repola J. Biomass Equations for Scots pine and Norway spruce in Finland. *Silva Fennica*, 2009, no. 42 (4), pp. 605–624. DOI: 10.14214/sf.184.

Статья поступила в редакцию 15.12.2021