

БИОЛОГИЯ

УДК 547.45(470.6)

ЗАПАСЫ И ПОТОКИ УГЛЕРОДА В ЛЕСАХ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

© 2009 г. З.М. Бакаева, Д.Г. Замолодчиков

Московский государственный университет,
д. 1, стр. 12, Ленинские горы, ГСП-1, г. Москва, 119991,
msubf@mail.ru

Moscow State University,
Leninskye gory, 1/12, Moscow, 119991,
msubf@mail.ru

Проведена оценка запасов и потоков углерода в лесах республик Северного Кавказа: Кабардино-Балкарии, Карачаево-Черкесии, Чеченской, Ингушской, Северной Осетии и Дагестана. Суммарный запас углерода на покрытых лесом землях Северного Кавказа ($1429,8 \cdot 10^3$ га) равен $254,1 \cdot 10^9$ кг С. Общий запас лесного углерода подразделяется на пулы фитомассы (39,3 %), мертвой древесины (6,5), подстилку (3,5) и органическое вещество почвы (50,7 %). Чистый прирост фитомассы составляет $591,2 \cdot 10^6$ кг/год, потери фитомассы с рубками и пожарами равны $8,6 \cdot 10^6$ и $10,3 \cdot 10^6$ кг/год соответственно. Пул фитомассы лесов Северного Кавказа обеспечивает сток $493,3 \cdot 10^6$ кг/год атмосферного углерода. Высокий потенциал поглощения углерода в лесах Северного Кавказа определяется предшествующей динамикой лесопользования. На площадях масштабных рубок 1945–1975 гг. к настоящему времени образовались молодые и средневозрастные лесные насаждения, активно поглощающие углерод атмосферы. Стабилизировавшиеся на уровне $200 \cdot 10^3$ м³/год размеры лесопользования и малые масштабы деструктивных лесных пожаров приводят к потерям углерода, заметно меньшим по сравнению с чистым приростом фитомассы.

Ключевые слова: леса, запасы углерода, бюджет углерода, фитомасса, мертвая древесина, подстилка, почва, рубки, лесные пожары, Северный Кавказ.

Carbon pools and fluxes in forests are estimated for next republics of Northern Caucasia: Kabardino-Balkaria, Karachi-Cherkessia, Chechnya, Ingushetia, North Ossetia, and Dagestan. Total carbon pool in forests of Northern Caucasia is $254,1 \cdot 10^9$ C for area $1429,8 \cdot 10^3$ ha. The total carbon pool in forests is combined from phytomass (39,3 %), dead wood (6,5 %), litter (3,5 %) and organic matter of soil (50,7 %). Net phytomass increment is $591,2 \cdot 10^6$ kg/year, losses of phytomass carbon with forest cuts and fires are $87,6 \cdot 10^6$ и $10,3 \cdot 10^6$ kg/year respectively. The phytomass pool of forests of Northern Caucasia provides a sink of $493,3 \cdot 10^6$ kg/year atmospheric carbon. High carbon sequestration potential of forests of Northern Caucasia is explained by previous dynamics of forest exploitation. Young and premature forest stands appeared presently in areas of massive clear cuts in 1945–1975. Present level of the forest exploitation, stabilized at level $200 \cdot 10^3$ m³/year, and low level of forest fires lead to carbon losses, that are low comparing with the net phytomass increment.

Keywords: forests, carbon pools, carbon fluxes, carbon budget, phytomass, dead wood, litter, soil, forest cuts, forest fires, Northern Caucasia.

Индустриальный тип развития современной цивилизации привел к возникновению большого числа кризисных ситуаций, связанных с деградацией окружающей природной среды. Актуальный пример кризисной ситуации глобального масштаба представлен нарастающим потеплением климата. Главной причиной глобального потепления является увеличение содержания углекислого и других парниковых газов в атмосфере, вызванное ростом их эмиссий от сжигания ископаемого топлива. Концентрация CO₂ в атмосфере увеличилась с 280 мкл/л в доиндустриальную эпоху до 379 в 2005 г., а рост средней глобальной температуры за последние 100 лет составил около 0,7 °C [1].

Углекислый газ, внесший основной вклад в современное изменение энергобаланса атмосферы, является важным компонентом биогеохимического цикла углерода. Он поглощается зелеными растениями в процессе фотосинтеза и выделяется при авто- и гетеротрофном дыхании. Фитомасса и мертвое органическое вещество (фитодетрит, гумус, торф) наземных экосистем формируют мощные пулы углерода, которые могут быть как стоком, так и источником углекислого газа атмосферы. Так, продолжающееся сведение тро-

пических лесов в развивающихся странах приводит к ежегодному выбросу в атмосферу $8,5 \cdot 10^{12}$ кг O₂, что составляет около 30 % от индустриальных эмиссий этого газа [1].

Роль лесов как важного регулятора содержания CO₂ атмосферы признана международными климатическими соглашениями. В частности, Киотский протокол к Рамочной конвенции ООН об изменении климата допускает учет эффекта лесопользования в национальном бюджете парниковых газов. Сведения по бюджету углерода управляемых лесов России приводятся в документах официальной климатической отчетности [2]. При введении в действие новой редакции Лесного кодекса [3] полномочия по управлению лесами были переданы субъектам Российской Федерации. Сохранение и увеличение запасов углерода в лесах, вероятно, станет вскоре одним из важных приоритетов деятельности региональных органов управления лесами. В этой связи особую актуальность приобретают работы по составлению региональных бюджетов углерода лесов. Цель настоящей статьи состоит в оценке запасов и потоков углерода в лесах республик Северного Кавказа.

Материалы и методика

В последнее десятилетие при оценке запасов углерода на лесных территориях широкое распространение получили методы, связанные с экологической интерпретацией материалов национальной инвентаризации лесов. В нашем случае информационной основой служили данные государственного учета лесного фонда (ГУЛФ) по состоянию на 1 января 2003 г. [4]. Они характеризуют распределение площадей и объемных запасов древесины по преобладающим древесным породам в разрезе групп возраста (молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые и перестойные).

В лесном насаждении 50–75 % фитомассы древостоя приходится на стволовую древесину, сведения об объемном запасе которой приводятся в материалах ГУЛФ. Для расчета фитомассы стволов достаточно располагать информацией по плотности древесины данной древесной породы. Этот факт послужил основой для активного использования конверсионно-объемного метода, при котором объемный запас древесины конвертируется в фитомассу с помощью коэффициентов, имеющих размерность плотности. Доля остальных фракций фитомассы древостоя (ветви, листва, корни) зависит от дендрометрических характеристик древостоя и, как правило, выше в молодых насаждениях. В научных публикациях имеются различные наборы коэффициентов, обеспечивающие конверсию объемного запаса насаждений в фитомассу с учетом преобладающей породы и возраста насаждения. В нашей работе использованы коэффициенты [5] для южной широтной полосы России.

Пул мертвой древесины в лесном насаждении представлен сухостоем и валежом. Масса мертвой древесины определяется балансом, с одной стороны, поступления с естественным отпадом, с другой – разложением за счет деятельности организмов-деструкторов. Расчет размера пула в лесах Северного Кавказа проводили при помощи математической модели [6], позволяющей оценивать запас мертвой древесины на основе информации по объемным запасам древесины групп возраста преобладающих пород с учетом климатической характеристики региона. При этом в модель была введена дополнительная модификация, позволяющая учитывать мертвую древесину, наследуемую восстанавливающимися молодыми насаждениями от прежних, погибших в результате нарушающих воздействий (рубки, лесные пожары).

В отличие от фитомассы и мертвой древесины размеры пулов подстилки и почвы мало связаны с объемными запасами насаждений. Масса подстилки зависит от преобладающей породы, определяющей состав опада, и климатических факторов, контролирующих процессы разложения. Для пула почвы, помимо указанных факторов, имеет значение географическое положение и тип подстилающих горных пород. Оценка пулов подстилки и почвы базируется на информации по площадям насаждений преобладающих древесных пород из данных ГУЛФ. Расчет пулов проводили с использованием средних на единицу площади значений углерода подстилки [7] и почвы в

слое 0–100 см [8] для южной полосы Европейской части России.

Бюджет углерода оценивали лишь для пула фитомассы. Пополнение пула определяется чистым приростом фитомассы растущих лесных насаждений. Нами был использован метод оценки чистого прироста фитомассы по данным ГУЛФ, предложенный в [9], где рассматриваемый поток именуется «депонированным углеродом». Мы предпочитаем использовать термин «чистый прирост фитомассы». Сначала по разности средних запасов насаждений в последовательных возрастных группах из данных ГУЛФ рассчитывается увеличение запаса за время пребывания в группе. Далее с использованием информации по продолжительности пребывания насаждений в данной возрастной группе оценивается среднее годовое изменение запаса древесины в данной группе, которое, в свою очередь, конвертируется в углерод фитомассы. Суммарное значение чистого прироста фитомассы в данной возрастной группе преобладающей породы равно произведению среднего значения на соответствующую площадь. Чистый прирост фитомассы в наиболее старшей возрастной группе (перестойные) принимается равным нулю.

Потоки, приводящие к потере углерода пулом фитомассы, связаны с нарушающими воздействиями на леса, представленными рубками и лесными пожарами. Для оценки этих потоков были использованы материалы лесохозяйственной статистики, имеющиеся в информационных архивах Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, информация по рубкам, представленная объемами древесины, заготовленной в лесах республик Северного Кавказа. Для пересчета в углерод по полученным ранее величинам фитомассы были оценены средние конверсионные коэффициенты для всех спелых насаждений данной республики. Оценку влияния пожаров проводили на основе информации по потерям объемных запасов древесины. Пересчет на углерод в этом случае осуществляли по среднему конверсионному коэффициенту для всех лесных насаждений республики. При расчете бюджета углерода связанные с рубками и пожарами потери углерода усредняли для 2000–2005 гг.

Расчеты были проведены для 6 республик Северного Кавказа: Кабардино-Балкарии, Карачаево-Черкессии, Чеченской, Ингушской, Северной Осетии и Дагестана. Запасы углерода по всем пулам, а также прирост фитомассы были оценены по группам возраста преобладающих пород, затем суммированы для получения республиканских значений. Потери пула углерода фитомассы с рубками и пожарами рассчитаны для республик в целом.

Результаты и обсуждение

Суммарный запас углерода на покрытых лесом землях Северного Кавказа равен $254,1 \cdot 10^9$ кг; $99,8 \times 10^9$ кг (39,3 %) приходится на пул фитомассы; $16,6 \times 10^9$ кг (6,5 %) – на мертвую древесину; $8,8 \cdot 10^3$ кг (3,5 %) – на подстилку; $128,9 \cdot 10^3$ кг (50,7 %) – на пул углерода почвы. Средний для лесов Северного Кавказа запас углерода фитомассы равен 69,8 кг/га, что на

60 % выше аналогичной величины (43,7 кг/га) по лесам России в целом [10]. Указанное различие определяется более благоприятными по сравнению со среднероссийскими лесорастительными условиями Северного Кавказа, способствующими развитию продуктивных лесных насаждений с высокими запасами древесины. С учетом пулов мертвого органического вещества средний запас углерода в лесах Северного Кавказа равен 177,7 кг/га.

Распределение запасов лесного углерода по республикам Северного Кавказа (табл. 1) близко к распределению площадей покрытых лесом земель; 30,9 % лесного

углерода приходится на Карачаево-Черкесию, 21,5 – на Дагестан, 18,2 – на Чеченскую республику, 13,3 – на Северную Осетию, 10,7 – на Кабардино-Балкарию, 5,4 % – на Ингушетию. Максимальен средний запас углерода ($194,3 \cdot 10^3$ кг/га) в Кабардино-Балкарии, минимален – в Дагестане ($150,3 \cdot 10^3$ кг/га), что приводит к увеличению вклада Кабардино-Балкарии и уменьшению вклада Дагестана в суммарный запас углерода лесов Северного Кавказа по сравнению с долями по площади. По остальным республикам средние запасы углерода лесов изменяются в пределах ($66,4-77,8 \cdot 10^3$ кг/га).

Таблица 1

Запасы углерода на покрытых лесом землях Северного Кавказа

Республика	Площадь, 10^3 га	Запас углерода, 10^9 кг				
		Фитомасса	Мертвая древесина	Подстилка	Почва	Итого
Карачаево-Черкесия	403,6	34,17	2,10	2,68	39,48	78,43
Кабардино-Балкария	146,3	10,34	2,74	0,87	13,20	27,15
Чеченская	261,4	18,41	4,88	1,47	21,45	46,20
Ингушская	77,4	5,14	1,13	0,46	7,08	13,82
Северная Осетия	177,2	13,78	4,15	1,02	14,80	33,76
Дагестан	363,9	18,01	1,59	2,28	32,83	54,71
Итого	1429,8	99,84	16,59	8,78	128,85	254,06

Объем настоящей работы не позволяет привести подробный анализ распределения запасов углерода по преобладающим породам и возрастным группам лесных насаждений в пределах каждой республики. Мы ограничимся рассмотрением указанных распределений для лесов Северного Кавказа в целом. На долю хвойных пород приходится 17,3 % общего запаса углерода, твердолиственных – 56,7, мягколиственных – 23,0 % (табл. 2). Такое распределение кардинально отличается от общероссийского, в котором доминируют хвойные породы (70,5 %), в то время как на долю твердолиственных и мягколиственных пород приходится

всего 3,3 и 15,2 % соответственно [10]. Из преобладающих древесных пород наиболее высок вклад бука (35,3 %), березы (14,0), сосны (12,0) и дуба (11,4 %). По средним запасам углерода доминируют мало представленные в лесах Северного Кавказа ель ($381,3 \cdot 10^3$ кг/га) и пихта ($325,8 \cdot 10^3$ кг/га), что связано с высокими средними запасами древесины в насаждениях этих древесных пород (593 и $587 \text{ м}^3/\text{га}$ соответственно). Из распространенных пород наиболее высокие средние запасы углерода в насаждениях бука ($205,3 \cdot 10^3$ кг/га) и сосны ($172,4 \cdot 10^3$ кг/га).

Таблица 2

Распределение запасов углерода по преобладающим древесным породам лесных насаждений Северного Кавказа

Преобладающая порода	Площадь, 10^3 га	Запас углерода, 10^9 кг				
		Фитомасса	Мертвая древесина	Подстилка	Почва	Итого
Сосна	176,4	11,12	1,32	1,58	16,39	30,41
Ель	12,5	2,70	0,19	0,14	1,74	4,77
Пихта	26,7	4,38	0,24	0,17	3,92	8,70
Итого хвойные	215,6	18,19	1,75	1,89	22,05	43,88
Дуб	197,9	10,76	2,50	1,07	14,71	29,03
Бук	436,9	45,15	9,73	2,36	32,47	89,70
Граб	123,2	8,05	0,55	0,66	9,16	18,42
Прочие твердолиственные	52,2	2,34	0,33	0,28	3,88	6,83
Итого твердолиственные	810,2	66,30	13,10	4,37	60,21	143,97
Береза	233,6	7,93	0,65	1,44	25,55	35,58
Осина	24,1	1,31	0,12	0,12	2,42	3,97
Ольха серая	22,5	0,97	0,20	0,15	2,29	3,61
Прочие мягколиственные	91,4	4,73	0,70	0,61	9,30	15,33
Итого мягколиственные	371,6	14,94	1,68	2,32	39,55	58,49
Прочие породы и кустарники	32,4	0,42	0,07	0,21	7,03	7,72
Итого покрытых лесом земель	1429,8	99,84	16,59	8,78	128,85	254,06

Отметим, что величина среднего запаса углерода в насаждениях данной древесной породы определяется не только биологическими особенностями породы и типом условий местопроизрастания, но и возрастом древостоя. Молодые насаждения имеют малые запасы углерода фитомассы, при этом активно поглощая его из атмосферы в процессе роста. Старовозрастные насаждения обладают высокими накоплениями углерода фитомассы, но далее их уже не увеличивают. В северокавказских насаждениях ели и пихты преобладают старшие возрастные группы (приспевающие, спелые, перестойные), составляя соответственно 76,0 и 80,9 % от общей площади породы. В насаждениях бука доля старших возрастных групп равна лишь 36,9 %. Запас углерода в спелых насаждениях бука достигает $345,1 \times 10^3$ кг/га, что вполне соответствует приведенным выше средним значениям для ели и пихты.

Отмеченные выше закономерности проявляются и при рассмотрении распределения запасов углерода по возрастным группам лесных насаждений (табл. 3). Запасы углерода фитомассы минимальны в молодняках ($34,2 \cdot 10^3$ кг/га), максимальны в спелых и перестойных насаждениях ($89,2 \cdot 10^3$ кг/га). Различия в общем запасе углерода ($148,5 \cdot 10^3$ кг/га в молодняках и $193,8 \cdot 10^3$ кг/га в спелых и перестойных) менее выражены за счет консервативности пула углерода почвы. На молодые насаждения, составляющие 7,1 % от площади лесов, приходится 5,9 % запаса углерода лесов Северного Кавказа, в то время как спелые и перестойные (25,9 % от площади) сохраняют 28,2 % углерода. Как по площади (54,1 %), так и по запасу углерода (53,0 %) максимален вклад средневозрастных насаждений. В лесах всей России максимальный вклад по площади (46,1 %) и запасу углерода (49,4 %) приходится на спелые и перестойные насаждения [10].

Таблица 3

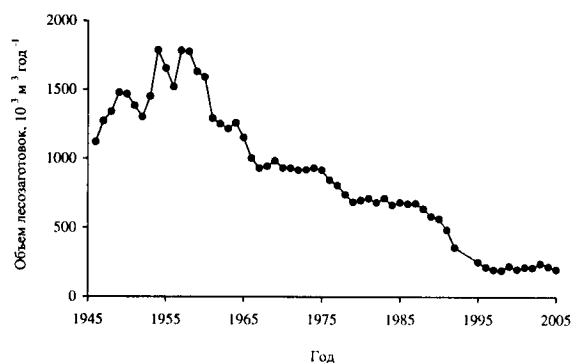
Распределение запасов углерода по группам возраста лесных насаждений Северного Кавказа

Группа возраста	Площадь, 10^3 га	Запас углерода, 10^9 кг				
		Фитомасса	Мертвая древесина	Подстилка	Почва	Итого
Молодняки	101,2	3,46	1,99	0,61	8,97	15,03
Средневозрастные	773,4	50,48	10,72	4,70	68,75	134,65
Приспевающие	184,9	12,88	1,76	1,14	16,84	32,61
Спелые и перестойные	370,3	33,03	2,13	2,33	34,29	71,77
Итого	1429,8	99,84	16,59	8,78	128,85	254,06

Чистый прирост фитомассы в лесах Северного Кавказа составляет $591,2 \cdot 10^6$ кг/год, по среднему значению ($0,41 \cdot 10^3$ кг/га/год) почти вдвое превосходя леса России ($0,24 \cdot 10^3$ кг/га/год) в целом [9]. Здесь сказывается специфика возрастной структуры лесов Северного Кавказа, характеризующихся преобладанием активно растущих молодых и средневозрастных насаждений. По республикам Северного Кавказа средние значения чистого прироста фитомассы варьируют от 0,28 (Северная Осетия) до $0,61 \cdot 10^3$ кг/га/год (Ингушетия). Указанные вариации определяются различиями породно-возрастной структуры лесных насаждений республик.

Лесопользование является одним из важнейших факторов, определяющих знак и величину углеродного бюджета лесов. Средний объем лесозаготовок в лесах Северного Кавказа за 2000–2005 гг. составлял $215 \cdot 10^3$ м³/год, причем 86,8 % древесины заготовлено при рубках промежуточного пользования (прореживания, рубки обновления и переформирования, выборочные санитарные рубки). В настоящее время лишь 30,5 % площади лесов Северного Кавказа относится к эксплуатационным категориям, остальная часть представлена охраняемыми и защитными лесными насаждениями. В недавнем прошлом лесопользование на Северном Кавказе было значительно более масштабным (рисунок): в 1950-х гг. заготавливалось по 1500×10^3 м³/год, в 1960-е – по $1100 \cdot 10^3$ м³/год [11].

При заготовках из леса вывозится стволовая древесина, в то время как прочие фракции (ветви, листья, корни) переходят из пула фитомассы в пулы мертвой древесины и подстилки.



Динамика масштабов заготовки древесины в лесах Северного Кавказа (по [11] и сведениям лесохозяйственной статистики)

По республикам Северного Кавказа (табл. 4) потери углерода пулом фитомассы при рубках варьируют от $1,3 \cdot 10^6$ кг/год (Ингушетия) до $35,7 \cdot 10^6$ кг/год (Карачаево-Черкесия), в сумме составляя $87,6 \cdot 10^6$ кг/год.

За 2000–2005 гг. ежегодные размеры пройденной огнем площади лесов Северного Кавказа варьировали от 15 (2005 г.) до 2 554 га (2000 г.). На долю деструктивных верховых пожаров пришлось всего 3 %, остальные пожары были низовыми. Оценку потерь пула фитомассы при лесных пожарах проводили на основе сведений по потерям древесины, составлявшим от $0,4 \cdot 10^3$ (2005 г.) до $116,8 \cdot 10^3$ м³/год (2000 г.) при средней величине $25,1 \cdot 10^3$ м³/год. В среднем за 2000–2005 гг. потери углерода пулом фитомассы в результате пожаров равны $10,3 \cdot 10^6$ кг/год, таким образом, влияние лесных пожаров на углеродный бюджет пула фитомассы почти на порядок меньше по сравнению с лесопользованием.

Бюджет углерода по пулу фитомассы лесов Северного Кавказа

Республика	Прирост фитомассы, 10 ³ т/год	Потери, 10 ⁶ кг/год		Бюджет углерода, 10 ⁶ кг/год
		При рубках	При пожарах	
Карачаево-Черкесия	148,3	35,7	6,3	106,3
Кабардино-Балкария	56,7	12,2	0,2	44,3
Чеченская	118,1	8,0	0,0	110,1
Ингушская	47,3	1,3	2,8	43,3
Северная Осетия	51,3	9,4	0,3	41,6
Дагестан	169,6	21,1	0,7	147,8
Итого	591,2	87,6	10,3	493,3

Пополнение пула углерода фитомассы лесов Северного Кавказа существенно превышает потери с рубками и пожарами (табл. 4), в результате сток углерода в пул фитомассы составляет $493,3 \cdot 10^6$ кг/год. Наибольший вклад в сток углерода вносят леса Дагестана (29,9 %), которые характеризуются наибольшей долей молодых и средневозрастных насаждений (80,6 %). Средняя величина стока углерода ($0,34 \cdot 10^3$ кг/га/год) в лесах Северного Кавказа значительно превышает аналогичное значение ($0,16 \cdot 10^3$ кг/га/год) для управляемых лесов Российской Федерации [2].

Высокий потенциал поглощения углерода в лесах Северного Кавказа определяется предшествующей динамикой лесопользования. На площадях масштабных рубок 1945–1975 гг. (рис. 1) к настоящему времени образовались молодые и средневозрастные лесные насаждения, активно поглощающие углерод атмосферы. Современные размеры лесопользования, стабилизировавшиеся на уровне $200 \cdot 10^3$ м³/год, и малые масштабы деструктивных лесных пожаров приводят к потерям углерода, существенно меньшим по сравнению с чистым приростом фитомассы.

Подавляющее большинство научных работ, рассматривающих углеродный бюджет лесов России, выполнено либо для локального уровня эталонных лесных насаждений, либо для федерального и зонального уровней. Лишь в последнее время стали появляться работы [12–14], характеризующие региональный уровень, на котором и принимаются практические решения по управлению лесами. Предшествующие изменения характера лесопользования на Северном Кавказе непреднамеренно сформировали благоприятные условия для поглощения парниковых газов атмосферы. Полномочия по сохранению и возможному увеличению стока углерода в леса Северного Кавказа принадлежат ныне региональным органам лесного управления.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (08-04-01619).

Литература

1. Изменение климата, 2007 г. Обобщенный доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата. Женева, 2007. 104 с.
2. Четвертое национальное сообщение Российской Федерации. М., 2006. 163 с.
3. Лесной кодекс Российской Федерации. М., 2007. 92 с.
4. Лесной фонд России: справочник. М., 2003. 640.
5. *Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Честных О.В.* Коэффициенты конверсии запасов насаждений в фитомассу основных лесообразующих пород России // Лесная таксация и лесоустройство. 2003. Вып. 1, № 32. С. 119–127.
6. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / В.Н. Кудеяров [и др.]. М., 2007. 315 с.
7. *Честных О.В., Лыжин В.А., Кошкирова А.В.* Запасы углерода в подстилке лесов России // Лесоведение. 2007. № 6. С. 114–121.
8. *Честных О.В., Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И.* Общие запасы биологического углерода и азота в почвах лесного фонда России // Лесоведение. 2004. № 4. С. 30–42.
9. Оценка запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесных экосистем России / А.С. Исаев [и др.]. // Лесоведение. 1993. № 5. С. 3–10.
10. Леса России как резервуар органического углерода биосферы / А.И. Уткин [и др.]. // Лесоведение. 2001. № 5. С. 8–23.
11. Лесопользование в Российской Федерации в 1946–1992 гг. М., 1996. 313 с.
12. *Бакаева З.М., Замолодчиков Д.Г.* Оценка бюджета углерода лесов Ингушетии по данным актуализации учета лесного фонда // Лесоведение. 2008. № 3. С. 66–70.
13. Эколого-экономический потенциал и углеродный кредит лесов лесохозяйственных предприятий Саратовской области / В.И. Заикин [и др.]. Саратов, 2007. 473 с.
14. *Усольцев В.А., Залесов С.В.* Депонирование углерода в насаждениях некоторых экотонных и на лесопокрытых площадях Уральского федерального округа. Екатеринбург, 2005. 223 с.