

УДК 630*162.5+547.45(470)

**ОЦЕНКА ПУЛА УГЛЕРОДА КРУПНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКОВ
В ЛЕСАХ РОССИИ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ПОЖАРОВ И РУБОК***

© 2009 г. Д. Г. Замолодчиков

*Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН
117810 Москва, ул. Профсоюзная, 84/32
E-mail: dzamolod@cepl.rssi.ru*

Поступила в редакцию 12.09.2008 г.

Предложена модификация модели накопления крупных древесных остатков (КДО) в лесных насаждениях, связанная с учетом перехода остатков погибших насаждений к восстановившимся лесам и влияния климатических факторов. Согласно уточненным оценкам, полученным применением модели к информации государственного учета лесного фонда по состоянию на 2003 г., для покрытой лесом площади России (733×10^6 га) пул углерода КДО составляет 9504×10^6 т С (13.0 т С га⁻¹), 6630×10^6 т С (69.7%) приходится на новообразованный лесными насаждениями запас КДО, 1509×10^6 т С (15.8%) на послепожарные, 1365×10^6 т С (14.3%) на послерубочные наследуемые остатки. В Европейско-Уральской части России доля послерубочных остатков повышается до 28%, в Азиатской части увеличивается вклад послепожарного КДО (21%). Суммарные эмиссии от разложения КДО на покрытой лесом площади равны 296×10^6 т С год⁻¹ (0.40 т С га⁻¹ год⁻¹), послепожарные эмиссии (включая разложение КДО на горяч) составляют 68×10^6 т С год⁻¹. На Азиатскую часть приходится 90% послепожарных эмиссий. Разработан набор пересчетных коэффициентов, позволяющих рассчитывать пул углерода КДО по объемным запасам насаждений. Уточнена оценка бюджета углерода по пулу КДО управляемых лесов России (542×10^6 га), в среднем за 1990–2005 гг. составившая 18.7×10^6 т С год⁻¹.

Крупные древесные остатки, разложение, углеродный бюджет, динамика лесного фонда, управляемые леса, лесообразующие породы, рубки, пожары, математическое моделирование, Киотский протокол.

Проблема глобального потепления климата, вызванного ростом атмосферного содержания парниковых газов, привела к значительной активизации исследований углеродной функции лесного покрова. В связи с требованиями международных климатических соглашений по построению кадастров парниковых газов особую актуальность приобрели оценки углеродного бюджета лесов крупнорегионального и национального уровней. В последние годы опубликован ряд работ, характеризующих углеродный бюджет лесов Российской Федерации [2, 4, 13–15, 24–26]. Интенсивная проработка научной проблемы обычно приводит к согласованной точке зрения. Так было, например, с оценками пула углерода фитомассы российских лесов, первоначально варьировавшими от 23×10^9 до 74×10^9 т С, а затем сошедшимися в интервале 30×10^9 – 35×10^9 т С [см. обзор в 25]. Оценки поглощения углерода в лесах России по данным разных авторов варьируют в значительных пределах

(100×10^6 – 500×10^6 т С год⁻¹) и пока не демонстрируют тенденции к сходимости.

Одна из причин столь высокой неопределенности оценок бюджета углерода российских лесов связана с характеристикой потоков углерода, охватывающих пул крупных древесных остатков (КДО). В состав этого пула входит сухостой, валяж, отмершие ветви и корни. Формирование пула КДО связано с жизнедеятельностью древостоев, которым свойственна напряженная конкуренция между деревьями одного и того же либо разных видов, приводящая к постоянному отмиранию особей (естественному отпаду). Гибель деревьев также вызывают внешние факторы природного (пожары, вспышки вредителей, ветер, навалы снега, засухи) и антропогенного (рубки, промышленные загрязнения) характера. Отмершая древесина поступает в детритные цепи питания, создавая энергетическую основу для существования разнообразных деструкторов и редуцентов. Эмиссии углекислого газа от биогенного разложения КДО весьма значительны и обязательно должны учитываться при оценке бюджета углерода лесов балансовым методом.

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

Ранее нами [11] была предложена модель, позволяющая рассчитывать запасы КДО в лесном насаждении по сумме остаточных масс когорты отпада. Под когортой понимается совокупность древесных остатков, отпавших в насаждении за определенный год. Остаточную массу когорты отпада определяли как функцию от времени разложения и среднего диаметра остатков. Запас КДО в начальный момент развития лесного насаждения принимали равным нулю, иначе говоря, модель оценивала запасы мертвой древесины, накапливающиеся в лесном насаждении по мере его развития. Однако в молодых насаждениях лесного фонда России присутствуют не только новообразованные КДО, но и мертвая древесина, разлагающаяся в течение длительных сроков после гибели предыдущего насаждения. Поэтому запасы КДО часто оказываются максимальными в молодых и старовозрастных насаждениях, минимальными – в средневозрастных [17, 19, 27]. Еще одно серьезное ограничение модели [11] связано с отсутствием учета климатических факторов. Температура и условия увлажнения контролируют скорость разложения КДО [7], воздействуя на накопление запасов мертвой древесины в лесном насаждении. Цель настоящей работы состояла в модельной оценке пула КДО лесов России с учетом влияния климатических факторов и наследования восстановившимися лесами остатков ранее погибших насаждений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Согласно модели [11], запас КДО в лесном насаждении равен сумме остаточных масс когорты отпада:

$$CWD(A) = \sum_{i=1}^A RMC_i(A), \quad (1)$$

где $CWD(A)$ – запас КДО в насаждении возраста A , $RMC_i(A)$ – остаточная к возрасту A масса когорты отпада, имевшего место в возрасте i .

Остаточная масса когорты отпада к возрасту A рассчитывается по уравнению:

$$RMC_i(A) = TM_i \times P(t), \quad (2)$$

где TM_i – масса отпада, имевшего место в возрасте i , $P(t)$ – доля остаточной массы к концу периода разложения t , равного $A - i$.

В работе [7] детально рассматриваются формы зависимостей P от времени и ряда других факторов. В модели [11] в качестве базовой была выбрана зависимость P от времени разложения и диаметра разлагающихся остатков. Настоящая работа основывается на других зависимостях из работы [7], обеспечивающих учет климатического фактора и представленных для групп лесообразующих пород:

$$\begin{aligned} \text{(хвойные)} \quad P(t) = \exp[-t(0.027H/(H^3 + 1) + \\ + 0.038D^{-0.28})] \end{aligned} \quad (3)$$

$$R^2 = 0.7, \quad n = 240;$$

$$\begin{aligned} \text{(лиственные)} \quad P(t) = \exp[-t(0.031H/(H^3 + 1) + \\ + 0.080D^{-0.30})] \end{aligned} \quad (4)$$

$$R^2 = 0.6, \quad n = 139;$$

где $P(t)$ – доля остаточной древесной массы, H – коэффициент увлажнения, D – диаметр древесных остатков, см, t – период разложения, годы.

Коэффициент увлажнения H [21] является отношением годового количества осадков $PREC$, мм к потенциальному годовому испарению EP , мм:

$$H = PREC/EP. \quad (5)$$

Потенциальное годовое испарение в свою очередь рассчитывается по уравнению:

$$EP = 0.0018(25 + T)^2(100 - RH), \quad (6)$$

где T – температура воздуха, °С, RH – относительная влажность воздуха, %. Значения EP рассчитываются ежемесячно, далее суммируются для оценки годового испарения.

Процедуры реализации модели накопления КДО детально охарактеризованы в работе [11], здесь мы ограничимся кратким изложением подхода, акцентировав внимание на его модификациях. Расчеты осуществляли для лесного фонда России в разрезе субъектов РФ. При этом были использованы следующие источники исходных данных: 1) информация государственного учета лесного фонда (ГУЛФ) по территориям, находившимся в введении МПР РФ по состоянию на 1 января 2003 г.; 2) таблицы хода роста лесных насаждений [3, 6]; 3) созданная в ЦЭПЛ РАН база данных по климату России.

Информация о возрастной структуре насаждений в материалах ГУЛФ дается в формате групп возраста преобладающих древесных пород: молодняков 1-го класса возраста, молодняков 2-го класса возраста, средневозрастных, приспевающих, спелых, перестойных. Для каждого субъекта РФ на основе таблиц хода роста [3, 6] и сведений о преобладающих классах бонитета [1] были рассчитаны доли годичного отпада от наличного запаса древесины по возрастным группам преобладающих древесных пород. Запасы древесины лесных насаждений по данным ГУЛФ сначала пересчитали в углерод фитомассы с использованием системы конверсионных коэффициентов [5], затем по указанным долям оценили величины годичного отпада фитомассы TM в разрезе групп возраста преобладающих пород каждого субъекта РФ. Для пересчета из фитомассы в углерод использовали коэффициент 0.5.

Текущая модификация модели включает учет климатических факторов (температуры воздуха,

относительной влажности воздуха, суммы осадков), используемых при расчете коэффициента увлажнения H . Величины H были определены для каждого субъекта РФ на основе информации базы данных по климату России. Кроме того, была модифицирована процедура оценки среднего диаметра отпадающих деревьев. В модели [11] для этой цели были использованы регрессионные уравнения, построенные по материалам таблиц хода роста и устанавливающие связь среднего диаметра и объемного запаса лесных насаждений. Уравнения были применены к рассчитанным по данным ГУЛФ средним запасам, при этом допускалось, что все насаждения имеют полноту, равную 1. Очевидно, что такой подход приводил к недооценке среднего диаметра в насаждениях с полнотой, меньшей 1. В настоящей работе были использованы сведения ГУЛФ, характеризующие распределение насаждений групп преобладающих пород по полнотам в разрезе групп возраста. При допущении, что возрастные распределения полноты одинаковы для всех пород данной группы (хвойные, твердолиственные, мягколиственные), были оценены полноты каждой возрастной группы преобладающих пород. Затем средние запасы пересчитали на полноту, равную 1, после чего осуществили оценку среднего диаметра по уравнениям [11, с. 47].

Процедура расчетной имитации образования и разложения КДО разработана с учетом представления информации ГУЛФ по группам возраста лесных насаждений. При допущении, что доля годичного отпада фитомассы TM постоянна для всего времени пребывания насаждения в данной возрастной группе, оценивали значения TM для каждого года существования насаждения. Затем по уравнению (2) оценивали остаточную массу когорты отпада к началу, середине и концу данной возрастной группы. Границей перехода когорты отпада в пул органического углерода почвы считали момент времени, в котором остаточная масса составляет 5% от начальной. Остаточная масса когорты отпада к середине пребывания насаждения в данной возрастной группе использовалась для дальнейшего расчета накопленного запаса КДО в этой группе. По отношению разности остаточных масс данной когорты отпада в начале и конце возрастной группы ко времени пребывания в группе определяли годичную эмиссию от разложения. Суммированием остаточных масс либо годичных эмиссий по всем когортам отпада, присутствующим в насаждении к данному моменту времени, определяли соответственно запас КДО и суммарную эмиссию для данной возрастной группы. Суммирование по всем возрастным группам всех преобладающих пород давало оценку накопленного запаса КДО и эмиссии от его разложения в лесных насаждениях данного субъекта РФ.

Принципиальное дополнение к модели [11] связано с учетом запасов КДО, унаследованных от ранее существовавших лесных насаждений. При верховом лесном пожаре выгорает лишь небольшая часть фитомассы древостоя, представленная листвой и тонкими ветвями. Остальная часть фитомассы (стволы, корни, толстые ветви) пополняет пул КДО и подвергается дальнейшему разложению. Площади погибших в результате пожаров лесов учитываются как гари. По прохождении определенного времени гари зарастает восстанавливающимся лесным насаждением, которое наследует неразложившуюся часть КДО предыдущего насаждения. Период разложения унаследованного КДО, таким образом, равен сумме срока зарастания гари и возраста восстановившегося насаждения. Близкая ситуация имеет место и на вырубках, за исключением того, что наследуемый запас КДО складывается из порубочных остатков (корни, пни, ветви), а также из имевшегося в исходном насаждении накопленного к моменту рубки запаса КДО.

В субъектах РФ присутствуют как вырубки, так и гари, однако их соотношение существенно варьирует в зависимости от уровней лесопользования и охраны лесов. Поэтому варьирует и соотношение площадей насаждений, восстанавливающихся после рубок и после пожаров. При реализации расчета запаса унаследованного КДО предполагали, что отношение площадей насаждений, восстанавливающихся после рубок SF_c и после пожаров SF_f , характеризуется следующим выражением:

$$\frac{SF_c}{SF_f} = \frac{S_c t_f}{S_f t_c}, \quad (7)$$

где S_c – площадь вырубок, S_f – площадь гарей, t_c – время зарастания вырубок, t_f – время зарастания гарей. Величины S_c и S_f для субъектов РФ брали из информации ГУЛФ. Времена зарастания вырубок и гарей, найденные при сопоставлении материалов ГУЛФ и данных лесохозяйственной статистики, были предоставлены Г.Н. Коровиным и О.Б. Бутусовым (персональное сообщение).

При расчете начального запаса КДО на гари принимали, что пожары равномерно распределяются по покрытой лесом площади данного субъекта РФ. Поэтому запас КДО, оказывающийся на гари после пожара, равен среднему для покрытых лесом площадей субъекта РФ запасу фитомассы стволов, корней и толстых ветвей (67% от общей фитомассы ветвей). Запас КДО, накопленный насаждением к моменту пожара, считали полностью выгорающим. При оценке начального запаса КДО на вырубках допускали, что рубки равномерно распределяются по площадям спелых и перестойных насаждений субъекта РФ. Начальный запас КДО на вырубке равен средней для

Таблица 1. Исходные данные для расчета накопления и разложения крупных древесных остатков, генерализованные по федеральным округам

Федеральный округ	Площадь, 10 ⁶ га			Запас древесины, 10 ⁹ м ³	Отпад, 10 ⁶ т С год ⁻¹	Средняя полнота	Средний диаметр, см	Средний срок возобновления, лет		Средний коэффициент увлажнения
	покрытые лесом земли	гари и погибшие насаждения	вырубки					гари	вырубки	
Северо-Западный	80.84	0.22	0.77	8.83	32.24	0.62	16	12.9	6.3	0.97
Центральный	14.71	0.03	0.13	2.62	12.24	0.72	22	9.2	4.7	1.58
Приволжский	31.55	0.04	0.25	4.52	19.67	0.69	19	10.8	5.5	1.24
Южный	3.83	0.03	0.02	0.72	3.09	0.66	26	5.3	2.8	0.96
Уральский	65.18	0.37	0.20	7.39	23.43	0.58	19	12.3	5.9	2.24
Сибирский	258.13	5.18	0.87	31.52	88.76	0.60	20	11.7	5.9	1.32
Дальневосточный	278.90	21.32	1.18	20.46	75.64	0.53	16	12.8	5.8	1.07
Россия	733.15	27.19	3.43	76.06	255.07	0.58	18	12.6	5.9	1.27

Примечание. Средние полноты и диаметры приведены для основных лесообразующих пород без прочих пород и кустарников.

спелых и перестойных насаждений сумме фитомассы порубочных остатков (ветви, корни) и запаса накопленного КДО. Остаточную массу наследуемого запаса КДО рассчитывали по уравнению (2) к началу, середине и концу данной возрастной группы, при этом к времени разложения, помимо возраста насаждения, добавляли срок зарастания вырубки либо гари. По разности остаточных масс наследуемого запаса КДО в предыдущий и данный годы определяли эмиссию от его разложения.

Объем настоящей публикации не позволяет поместить детализованные по субъектам РФ численные значения исходных данных, использованных при реализации модели. Представление о величинах ключевых параметров (площади, средние диаметры, сроки зарастания вырубок и гарей, коэффициенты увлажнения) можно получить из суммарных либо средневзвешенных по площади значений для федеральных округов РФ и России в целом (табл. 1).

При осуществлении ретроспективных расчетов бюджета углерода по пулу КДО методом изменения запасов использованы базы данных ГУЛФ по состоянию на 1 января 1988, 1993, 1998–2006 гг. Имеющиеся в нашем распоряжении базы данных для учетов, проведенных ранее 2002 г., не включают информацию по некоторым лесам, находившихся в ведении МПР по состоянию на 1 января 2003 г. Поэтому ретроспективные расчеты выполнены для той части лесов, которая находилась в ведении Рослесхоза по состоянию на 1 января 1998 г. В применении к этой совокупности лесов далее будет использоваться термин “леса

Рослесхоза”, хотя он и не соответствует современной системе управления лесами. Кроме того, ретроспективные расчеты осуществлены для управляемых лесов РФ, основания и подходы к выделению которых детально охарактеризованы в работе [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Верификацию модели проводили путем сравнения с результатами натуральных исследований пула углерода КДО в лесных насаждениях [8–10, 12, 17, 19, 20, 22, 27]. С учетом, что натурные результаты представлены оценками пула КДО на пробных площадях с различными сочетаниями возраста, класса бонитета и истории нарушений, в то время как модельные величины соответствуют средним для субъекта РФ значениям для возрастной группы данной преобладающей породы, соответствие подавляющей части сравниваемых пар следует признать удовлетворительным (рис. 1). Различия средних значений углерода КДО для сопоставляемой части выборки (16.9 т С га⁻¹ по натурным данным и 17.8 т С га⁻¹ по модели) статистически не значимы (парный *t*-тест, *P* = 0.52).

При сравнении также были выявлены пары расходящихся значений (рис. 1), представленные сосновыми молодняками Среднего Заволжья [12] и сосняками Красноярского края [19, 27]. Можно предположить, что в первом случае насаждения были лишены наследуемого КДО, поскольку могли развиваться либо на ранее лишенных леса землях (например, пахотных), либо после осуществления лесовосстановительных мер. Во втором случае, по информации авторов цитирован-

ных работ, насаждения ранее проходились низовыми пожарами, приведшими к выгоранию имевшегося запаса КДО при сохранении жизнеспособности древостоя. Отмеченные расхождения показывают, что текущая модификация модели может несколько переоценивать запасы КДО, поскольку предполагает, что их наследуемая часть присутствует во всех лесных насаждениях России.

Согласно модельной оценке (табл. 2), суммарный запас КДО на покрытой лесом площади России составляет 9504×10^6 т С (13.0 т С га⁻¹). 6630×10^6 т С (69.7%) приходится на новообразованный лесными насаждениями запас КДО, 1509×10^6 т С (15.8%) на послепожарные, 1365×10^6 т С (14.3%) на послерубочные наследуемые остатки. Ранее углерод новообразованного КДО был оценен нами в 5493×10^6 т С [11], что на 17% меньше величины, полученной в настоящей работе. Основной вклад в повышение величины новообразованного запаса КДО внес учет полноты при расчете среднего диаметра отпадающей части древостоя. Независимая оценка углерода КДО в лесах России по состоянию на 1998 г. равна 5382×10^6 т С [25], что заметно меньше найденной нами величины суммарного запаса КДО. Оценка запаса мортмассы (без подстилки) для лесов бывшего СССР [23], составившая 18.3 Гт С, почти в 2 раза превышает полученный нами результат.

Распределение суммарного углерода КДО по федеральным округам (ФО) не в полной мере соответствует соотношению площадей покрытых лесом земель. Так, наибольшими площадями (278.90×10^6 га) обладает Дальневосточный ФО, однако запас КДО в нем почти на треть меньше, чем в Сибирском ФО. В Дальневосточном ФО присутствуют значительные площади малопродуктивных северных лиственничников и зарослей кустарников, характеризующихся небольшими годичными величинами отпада и слабым пополнением пула КДО. По среднему запасу КДО лидирует Центральный ФО (28.0 т С га⁻¹), что связано со значительными средними темпами годичного отпада и его крупным размером (табл. 1). Сходными характеристиками обладает и Южный ФО, однако в нем складываются более благоприятные для разложения КДО климатические условия, потому средний запас КДО оказывается на 27% ниже, чем в Центральном.

Вкладу наследуемых остатков в суммарный запас КДО свойственны закономерные пространственные вариации. В Европейско-Уральской части России доля послерубочных остатков составляет 28%, а на послепожарные приходится лишь 6%. В Азиатской части имеет место обратная ситуация: вклад послепожарного КДО равен 21%, а послерубочного – 7%. Такая картина объясняется пространственным распределением деструк-

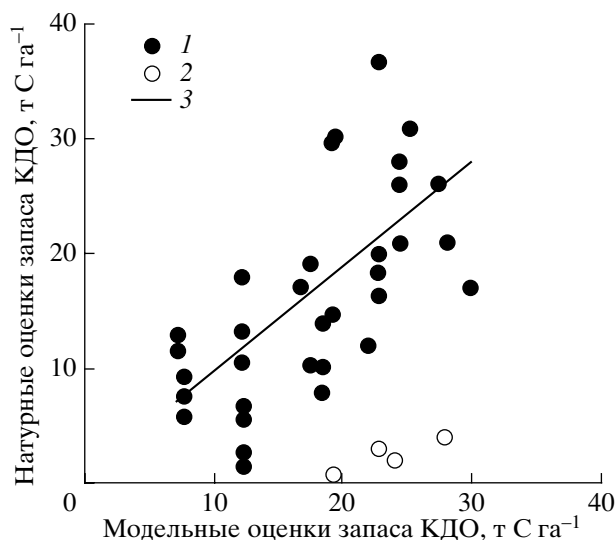


Рис. 1. Сравнение натуральных и модельных оценок углерода КДО в лесных насаждениях. 1 – согласующиеся оценки, 2 – расходящиеся оценки, 3 – линейный тренд по согласующимся оценкам ($y = 0.91x + 0.8$, $R^2 = 0.36$).

тивных воздействий, из которых в Европейской части преобладают рубки, а в Азиатской – пожары.

В возрастном распределении (рис. 2) наибольшими средними запасами КДО (21.0 т С га⁻¹) характеризуются молодняки 1 класса возраста, при этом на долю наследуемого КДО приходится 97%, в то время как вклад новообразованных насаждением древесных остатков составляет всего 3%. У молодняков 2 класса возраста доля новообразованного КДО повышается до 24%, при этом суммарный запас снижается до 12.7 т С га⁻¹ за счет разложения наследуемых остатков. В группе средневозрастных новообразованных КДО начинают преобладать (71%), достигая 100% вклада к группе перестойных. Отметим, что перестойные, согласно модельным результатам, характеризуются наименьшими запасами КДО (9.1 т С га⁻¹) среди остальных возрастных групп лесных насаждений России. Этот результат связан с 2–3-кратным снижением темпов годичного отпада в перестойных насаждениях по сравнению со средневозрастными и припевающими [3, 6]. Эффект снижения запаса КДО в перестойных насаждениях по данным натуральных исследований зарегистрирован лишь в работе [27], в то время другие авторы [8–10, 12] отмечают рост запаса КДО в старовозрастных лесах вплоть до аномально высоких значений, объясняемых в свою очередь распадом перестойных насаждений. Обсуждение реальных масштабов проблемы распада перестойных насаждений и его влияния на углеродный бюджет лесных экосистем можно рассматривать в каче-

Таблица 2. Запасы углерода крупных древесных остатков на покрытых лесом землях федеральных округов Российской Федерации

Группа пород	Площадь, 10 ⁶ га	Запас углерода КДО, 10 ⁶ т С			
		новообразо- ванный	послепожарный	послерубочный	суммарный
Северо-Западный ФО					
Хвойные	61.40	669.62	26.93	198.93	895.48
Твердолиственные	0.05	0.87	0.04	0.62	1.53
Мягколиственные	19.13	129.49	10.42	73.30	213.22
Покрытые лесом земли	80.84	799.98	37.40	272.95	1110.33
Центральный ФО					
Хвойные	6.74	123.49	15.00	125.88	264.36
Твердолиственные	0.96	4.92	2.21	12.39	19.51
Мягколиственные	6.99	81.06	8.07	38.64	127.77
Покрытые лесом земли	14.71	209.47	25.28	176.91	411.65
Приволжский ФО					
Хвойные	14.60	234.88	15.03	177.96	427.86
Твердолиственные	1.83	18.54	3.72	19.07	41.33
Мягколиственные	15.06	129.87	10.53	87.17	227.57
Покрытые лесом земли	31.55	383.32	29.28	284.21	696.82
Южный ФО					
Хвойные	0.50	8.43	1.65	2.27	12.35
Твердолиственные	2.52	37.25	4.43	17.91	59.59
Мягколиственные	0.62	2.23	0.71	1.00	3.94
Покрытые лесом земли	3.83	49.03	6.82	21.58	77.44
Уральский ФО					
Хвойные	47.09	574.69	86.81	124.29	785.79
Твердолиственные	0.03	0.26	0.15	0.07	0.48
Мягколиственные	17.02	123.52	31.49	52.52	207.53
Покрытые лесом земли	65.18	698.99	118.84	176.91	994.74
Сибирский ФО					
Хвойные	190.27	2240.00	561.33	220.08	3021.40
Твердолиственные	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
Мягколиственные	49.48	283.09	117.14	70.11	470.34
Покрытые лесом земли	258.13	2575.55	695.67	309.60	3580.82
Дальневосточный ФО					
Хвойные	194.16	1500.41	506.34	69.82	2076.56
Твердолиственные	12.78	110.95	19.42	13.42	143.78
Мягколиственные	17.61	77.68	34.12	19.25	131.05
Покрытые лесом земли	278.90	1913.83	595.29	123.02	2632.14
Россия в целом					
Хвойные	514.74	5351.50	1213.09	919.21	7483.80
Твердолиственные	18.18	172.79	29.97	63.47	266.24
Мягколиственные	125.92	826.96	212.48	341.99	1381.42
Покрытые лесом земли	733.15	6630.18	1508.59	1365.17	9503.94

Примечание. В табл. 2 и 3 категория "покрытые лесом земли" дополнительно включает насаждения прочих пород и кустарников.

стве перспективного направления будущих исследований.

Суммарная годовая эмиссия от разложения КДО на покрытых лесом землях РФ (табл. 3) равна 296×10^6 т С год⁻¹ (0.40 т С га⁻¹ год⁻¹). Согласно нашей ранней оценке [11], эмиссия от разложения новообразованного КДО составляла 212×10^6 т С год⁻¹, уточненная в настоящей работе оценка равна 204×10^6 т С год⁻¹, следовательно, осуществленные модификации модельного расчета, несколько увеличив значение накопленного КДО, мало сказались на величине эмиссии от его разложения.

Особый интерес представляет оценка эмиссии от разложения послепожарных КДО, поскольку она является одним из важных элементов характеристики влияния пожаров на углеродный цикл лесов России. Приведенные в табл. 3 величины относятся к покрытой лесом площади, для полного учета послепожарной эмиссии следует учесть разложение КДО на горячих, равное 20.0×10^6 т С год⁻¹. Тогда суммарная послепожарная эмиссия от разложения КДО на лесных землях России составит 68.2×10^6 т С год⁻¹. По данным работы [24], эмиссии от разложения послепожарных КДО в лесах России близки к 55×10^6 т С год⁻¹, что неплохо согласуется с нашими оценками.

Пространственное распределение средних эмиссий от разложения послерубочных и послепожарных КДО характеризуется выраженными закономерностями (рис. 3). Эмиссии от разложения послерубочных остатков максимальны в Европейско-Уральской части России. Исключение представляют большинство областей Южного ФО, в которых леса выполняют преимущественно охранные, а не эксплуатационные функции. Послепожарные эмиссии велики в Азиатской части России с локальным максимумом в дальневосточных субъектах РФ. Как и в случае с запасами наследуемых КДО, пространственное распределение эмиссий отражает региональную специфику деструктивных нарушений. В Европейско-Уральской части развита система наземной охраны от пожаров, обеспечивающая их обнаружение и своевременное тушение. Лесопользование здесь является основной причиной ротации лесных насаждений и формирования запаса разлагающихся послерубочных остатков. Некоторую активизацию послепожарных эмиссий по югу Европейской части можно сопоставить с более теплыми и сухими условиями, способствующими возникновению лесных пожаров. В Азиатской части лесные пожары контролируются в меньшей степени и временами охватывают значительные площади. Последующее зарастание образовавшихся гарей сопряжено с масштабными эмиссиями наследуемого запаса послепожарных КДО. Лесопользование здесь не является столь значимым

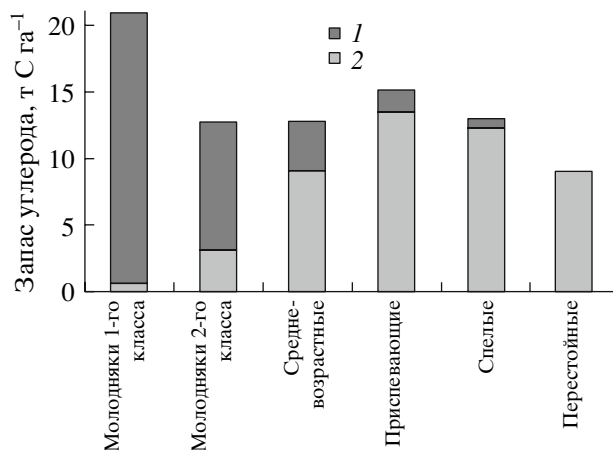


Рис. 2. Средние запасы углерода КДО по возрастным группам лесов России: 1 – наследуемый запас КДО, 2 – новообразованный запас КДО.

фактором, как в Европейско-Уральской части, поэтому малы и средние эмиссии от разложения послерубочных остатков.

При оценке пулов углерода в лесных экосистемах высокую эффективность показали системы конверсионных коэффициентов, представляющих собой отношения запасов фитомассы к объемным запасам насаждений [2, 4]. Этот подход рекомендуется в качестве одного из базовых при построении национальных кадастров парниковых газов [16]. В работе [4] был предложен набор пересчетных коэффициентов, позволяющих оценивать углерод КДО в лесах России по объемным запасам насаждений. Указанный набор базировался на модельных результатах [11] и обеспечивал оценку лишь новообразованного насаждениями запаса КДО. Для расчетов суммарного углерода КДО, включающего и наследуемые древесные остатки, предлагается использовать модифицированный набор коэффициентов (табл. 4). Подчеркнем, что предложенные коэффициенты в полной мере справедливы для совокупности лесных насаждений России, а их применение к локальным лесным насаждениям или регионам может привести к значительному смещению оценок. К примеру, согласно табл. 4, коэффициент для расчета запаса КДО в сосновых молодняках 1-го класса возраста равен 1.414 т С м⁻³. По федеральным округам эта величина варьирует от 0.664 т С м⁻³ (Южный ФО) до 1.649 т С м⁻³ (Сибирский ФО). Объем настоящей публикации не позволяет привести коэффициенты для расчета запаса КДО в разрезе лесорастительных районов, что могло бы решить проблему универсальности их использования.

Р.Ф. Трейфельдом с соавт. [18] предложены переводные коэффициенты для расчета запасов сухостоя и валежа по данным лесоустройства. С

Таблица 3. Эмиссии от разложения крупных древесных остатков на покрытых лесом землях федеральных округов Российской Федерации

Группа пород	Площадь, 10 ⁶ га	Эмиссия от разложения КДО, 10 ⁶ т С			
		новообразо- ванного	послепожарного	послерубочного	суммарная
Северо-Западный ФО					
Хвойные	61.40	20.36	0.81	5.85	27.01
Твердолиственные	0.05	0.03	0.00	0.02	0.05
Мягколиственные	19.13	6.16	0.51	3.68	10.35
Покрытые лесом земли	80.84	26.55	1.32	9.55	37.42
Центральный ФО					
Хвойные	6.74	3.24	0.38	3.29	6.90
Твердолиственные	0.96	0.15	0.06	0.32	0.52
Мягколиственные	6.99	3.47	0.33	1.66	5.46
Покрытые лесом земли	14.71	6.85	0.77	5.26	12.89
Приволжский ФО					
Хвойные	14.60	6.22	0.40	4.80	11.42
Твердолиственные	1.83	0.52	0.10	0.50	1.12
Мягколиственные	15.06	5.79	0.47	3.92	10.18
Покрытые лесом земли	31.55	12.53	0.97	9.22	22.73
Южный ФО					
Хвойные	0.50	0.23	0.05	0.06	0.34
Твердолиственные	2.52	1.49	0.16	0.58	2.23
Мягколиственные	0.62	0.12	0.04	0.05	0.20
Покрытые лесом земли	3.83	1.89	0.24	0.72	2.85
Уральский ФО					
Хвойные	47.09	13.08	1.91	2.84	17.83
Твердолиственные	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01
Мягколиственные	17.02	5.02	1.26	2.19	8.47
Покрытые лесом земли	65.18	18.14	3.20	5.03	26.37
Сибирский ФО					
Хвойные	190.27	60.73	14.96	5.94	81.62
Твердолиственные	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Мягколиственные	49.48	13.26	5.52	3.32	22.09
Покрытые лесом земли	258.13	75.72	21.14	9.95	106.81
Дальневосточный ФО					
Хвойные	194.16	45.93	15.98	2.13	64.04
Твердолиственные	12.78	4.91	0.73	0.48	6.11
Мягколиственные	17.61	3.99	1.80	1.02	6.81
Покрытые лесом земли	278.90	62.43	20.01	4.37	86.81
Россия в целом					
Хвойные	514.74	149.78	34.48	24.90	209.17
Твердолиственные	18.18	7.10	1.05	1.89	10.05
Мягколиственные	125.92	37.80	9.93	15.83	63.57
Покрытые лесом земли	733.15	204.12	47.65	44.10	295.87

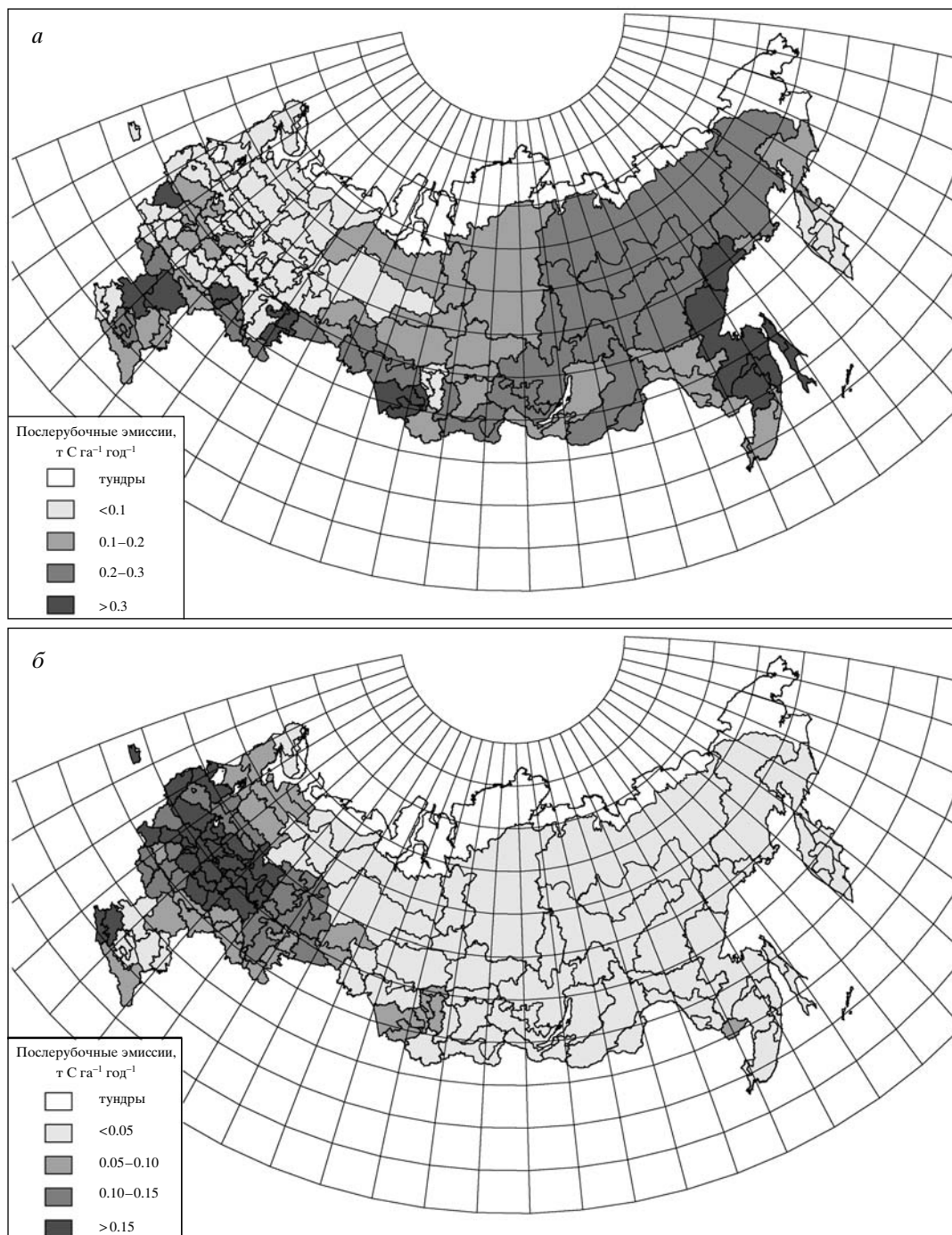


Рис. 3. Схема пространственного распределения послерубочных (а) и послепожарных (б) эмиссий углерода от разложения КДО на лесных землях России.

учетом приводимых авторами данных по базисной плотности КДО среднее значение коэффициента в пересчете на углерод составляет 0.019 т С м^{-3} при вариациях от 0.003 до 0.067 т С м^{-3} . Эти величины значительно уступают представленным в табл. 4. По-видимому, источником расхождений является отсутствие в цитируемой работе учета запасов КДО сильной степени разложения.

Для любого пула углерода лесов можно использовать два альтернативных метода оценки бюджета: 1) по балансу потоков; 2) по изменению запасов. Первый метод состоит в учете всех потоков, входящих либо исходящих из данного пула. При составлении баланса потоков КДО необходимо учитывать: 1) пополнение пула КДО естественным отпадом; 2) пополнение за счет оста-

Таблица 4. Переводные коэффициенты для расчета запаса углерода крупных древесных остатков в насаждениях древесных и кустарниковых пород по объемному запасу древесины

Преобладающая порода	Отношение углерода КДО к объемному запасу насаждения, т С м ⁻³					
	молодняки 1-го класса возраста	молодняки 2-го класса возраста	средневозрастные	приспевающие	спелые	перестойные
Сосна	1.414	0.262	0.155	0.140	0.118	0.063
Ель	1.667	0.366	0.192	0.177	0.126	0.072
Пихта	1.480	0.316	0.145	0.141	0.101	0.067
Лиственница	2.006	0.369	0.151	0.120	0.105	0.071
Кедр	1.479	0.227	0.067	0.047	0.032	0.033
Дуб						
высокоствольный	1.287	0.267	0.120	0.104	0.065	0.050
низкоствольный	2.140	0.631	0.254	0.206	0.181	0.142
Каменная береза	2.188	0.292	0.135	0.131	0.100	0.090
Прочие твердолиственные	0.847	0.217	0.111	0.071	0.045	0.032
Береза	1.717	0.376	0.117	0.080	0.062	0.049
Осина	1.670	0.347	0.142	0.100	0.058	0.033
Прочие мягколиственные	1.155	0.268	0.097	0.088	0.060	0.043
Прочие породы	0.633	0.190	0.083	0.070	0.045	0.043
Кедровый стланик	1.336	0.676	0.256	0.228	0.271	0.259
Прочие кустарники	0.480	0.190	0.132	0.099	0.066	0.026

точного КДО при переходе зарастающих гарей и вырубок в состав покрытых лесом земель; 3) потери от эмиссий при разложении (включая послепожарные и послерубочные); 4) переход остатков длительного разложения в пул углерода почвы. Допуская, что годовые темпы перехода вырубок и гарей в состав покрытых лесом земель равны отношению их площадей к срокам зарастания, и используя расчетные значения остаточного запаса КДО к моменту перехода, годовое пополнение пула КДО за счет перехода гарей и вырубок в покрытые лесом площади оценивается в 60.4×10^6 т С год⁻¹. Годичная трансформация КДО в пул почвенной органики по достижении остаточной массой границы в 5% от начальной составляет 11.5×10^6 т С год⁻¹. Оценки годовых потоков углерода, связанных с отпадом (255.1×10^6 т С год⁻¹) и суммарной эмиссией от разложения (295.9×10^6 т С год⁻¹), обсуждались выше. Сопоставив указанные величины потоков, среднегодовалное приращение пула КДО в лесах России можно оценить в 8.1×10^6 т С год⁻¹ (0.011 т С год⁻¹ га⁻¹).

Альтернативный способ расчета бюджета углерода по изменению запасов может быть осуществлен в применении найденных переводных коэффициентов к информации последовательных ГУЛФ. Рассматривались леса Рослесхоза и управляемые леса РФ, в 2003 г. составлявшие от площади лесов МПР соответственно 98 и 74%.

Детальное описание методики расчета бюджета КДО по разности запасов приведено в работе [4]. Здесь отметим, что расчеты запаса КДО проводили по суммарным для рассматриваемой категории лесов объемным запасам древесины с дифференциацией по возрастным группам преобладающих пород. Информационные лакуны 1989–1992 и 1994–1997 гг., объясняемые отсутствием ежегодных ГУЛФ, заполнены при допущении линейного изменения площадей и объемных запасов древесины в соответствующие межучетные периоды. Бюджет углерода оценивали по разности оценок пула КДО в последующий и данный годы.

Бюджет углерода по пулу КДО лесов Рослесхоза (табл. 5) варьирует от -25.9×10^6 т С год⁻¹ до 62.0×10^6 т С год⁻¹ (отрицательная величина означает потерю углерода пулом). Средний за 1988–2005 гг. бюджет углерода равен 7.7×10^6 т С год⁻¹, что очень близко к величине 8.1×10^6 т С год⁻¹, найденной балансовым методом. Годичные величины бюджета углерода по пулу КДО управляемых лесов РФ изменяются от -17.9×10^6 до 50.1×10^6 т С год⁻¹ при среднем значении 18.7×10^6 т С год⁻¹, что составляет 24% от среднего стока углерода в пул фитомассы управляемых лесов (77.6×10^6 т С год⁻¹) [2]. Расчет бюджета углерода при использовании переводных коэффициентов, учитывающих лишь новообразованный насаждениями запас КДО [4], привел к результа-

Таблица 5. Запасы и бюджет углерода по пулу крупных древесных остатков (КДО) в лесах Рослесхоза и управляемых лесах Российской Федерации

Год	Площадь покрытых лесом земель, 10 ⁶ га		Запас древесины, 10 ⁹ м ³		Запас углерода КДО, 10 ⁶ т С		Бюджет по пулу КДО, 10 ⁶ т С год ⁻¹	
	леса Рослесхоза	управляемые леса РФ	леса Рослесхоза	управляемые леса РФ	леса Рослесхоза	управляемые леса РФ	леса Рослесхоза	управляемые леса РФ
1988	713.6	534.6	74.65	59.3	9206.2	7543.4	-25.9	13.9
1989	712.0	534.8	74.32	59.5	9180.3	7557.2	-25.9	13.9
1990	710.4	535.0	74.00	59.7	9154.3	7571.1	-25.9	13.9
1991	708.9	535.3	73.68	59.9	9128.4	7584.9	-25.9	13.9
1992	707.3	535.5	73.35	60.0	9102.5	7598.8	-25.9	13.9
1993	705.8	535.8	73.03	60.2	9076.5	7612.6	39.6	29.6
1994	708.4	537.5	73.29	60.5	9116.1	7642.3	39.6	29.6
1995	710.9	539.2	73.55	60.7	9155.7	7671.9	39.6	29.6
1996	713.5	540.8	73.80	61.0	9195.3	7701.5	39.6	29.6
1997	716.1	542.5	74.06	61.2	9235.0	7731.1	39.6	29.6
1998	718.7	544.2	74.32	61.5	9274.6	7760.8	-13.9	-7.0
1999	719.4	545.4	74.23	61.5	9260.7	7753.8	62.0	50.1
2000	722.1	547.2	74.57	61.8	9322.7	7803.9	2.6	-2.8
2001	722.2	546.8	74.54	61.7	9325.4	7801.1	4.7	4.6
2002	721.9	547.1	74.51	61.7	9330.1	7805.7	3.7	23.0
2003	721.8	549.1	74.58	62.1	9333.7	7828.8	4.2	26.0
2004	722.6	551.6	74.81	62.5	9338.0	7854.7	15.8	43.5
2005	724.0	553.3	75.21	62.9	9353.8	7898.2	-8.6	-17.9
2006	725.3	553.9	75.38	63.0	9345.2	7880.3		
1988–2005	715.5	542.0	74.1	61.0	9227.2	7706.8	7.7	18.7

ту 7.8×10^6 т С год⁻¹, таким образом, рассмотрение вклада наследуемых послепожарных и послеуборочных остатков выразилось в более чем двукратном повышении оценки.

Значительные вариации оценок бюджета углерода связаны с сильной изменчивостью масштабов лесных пожаров [2]. Эта изменчивость сказывается не только на потерях КДО покрытыми лесом землями в результате интенсивных пожаров (как, например, в период интенсивных пожаров 1998 г.), но и на последующей неравномерности пополнения пула КДО при возвращении зарастающих гарей в состав покрытых лесом земель. Если вариации бюджета по пулу КДО связаны с лесными пожарами, то в основном положительные значения бюджета (увеличение запаса КДО) определяются резким падением уровня лесопользования с первой половины 1990-х годов [4]. При снижении уровня деструктивных воздействий лесная территория увеличивает запасы углерода не только в КДО, но и других пулах. Тесная привязка пространственного распределения остаточных запасов КДО и эмиссий от их разложения (рис. 3) в очередной раз доказывают опре-

деляющее влияние лесохозяйственной деятельности на бюджет углерода лесов России.

Пул КДО по своему размеру составляет около 29% от углерода фитомассы и лишь 8% от углерода почвы. Однако его учет принципиально важен при составлении углеродного бюджета лесов России. Для иллюстрации рассмотрим результаты недавно опубликованной работы [14], в которой бюджет углерода оценен по балансу потоков, а именно, чистой продукции экосистемы (*NPP*), гетеротрофного дыхания почвы и потерь, вызванных нарушениями и смывом водными потоками. Эмиссии углерода от разложения КДО в цитируемой работе не рассматривались в связи с тем, что они, по мнению авторов, значительно уступают почвенному дыханию. Для лесного биома (883.1×10^6 га) балансовая оценка бюджета углерода составила 528×10^6 т С год⁻¹. На основании этой величины авторы работы делают вывод, что накопление углерода растительным покровом России выше, чем национальные промышленные эмиссии. Однако, если учесть эмиссии от разложения КДО, равные по нашим расчетам 324×10^6 т С год⁻¹, то балансовая оценка бюджета понизится до $204 \times$

× 10⁶ т С год⁻¹. Вполне очевидно, что вывод работы [14] о громадном стоке углерода в леса России обусловлен методическими погрешностями, связанными с неполным рассмотрением расходных статей углеродного бюджета лесов.

Заключение. Роли пула КДО и связанных с ним потоков в исследованиях углеродного цикла лесов России до недавнего времени уделялось не столь уж большое внимание. Опубликованные за последние 40 лет многочисленные натурные работы по биопродуктивности лесных экосистем зачастую игнорировали процессы отпада, давая завышенные оценки чистой экосистемной продукции. Проблема глобального потепления привела к всплеску работ по бюджету углерода в наземных экосистемах России, в большинстве своем базирующихся на балансе чистой первичной продукции и дыхания почвы. Хотя эмиссии от разложения КДО не столь велики по сравнению с дыханием почвы, их учет необходим для построения корректного баланса. Более того, КДО вместе с фитомассой оказываются в числе пулов лесного углерода, наиболее быстро реагирующих на изменения режимов нарушающих и контролируемых воздействий. Потому значим и вклад пула КДО в общий бюджет углерода лесов.

* * *

Автор благодарен Н.В. Зукерт и Д.В. Карелину (ЦЭПЛ РАН) за помощь в идентификации климатических зависимостей скорости разложения мертвой древесины, Г.Н. Коровину (ЦЭПЛ РАН) и О.Б. Бутусову (МосГУ) за информацию о временах зарастания вырубок и гарей в лесном фонде России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас лесов СССР. М.: ГУГК, 1973. 222 с.
2. Гитарский М.Л., Замолотчиков Д.Г., Коровин Г.Н., Карabanь Р.Т. Эмиссия и поглощение парниковых газов в лесах России в связи с выполнением обязательств по климатической конвенции ООН // Лесоведение. 2006. № 6. С. 34–44.
3. Загреев В.В., Сухих В.И., Швиденко А.З., Гусев Н.Н., Мошкaлев А.Г. Общесоюзные нормативы для таксации лесов. М.: Колос, 1992. 495 с.
4. Замолотчиков Д.Г., Коровин Г.Н., Гитарский М.Л. Бюджет углерода управляемых лесов Российской Федерации // Лесоведение. 2007. № 6. С. 23–33.
5. Замолотчиков 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. Захаров В.К., Труль О.А., Мирошников В.С., Ермаков В.Е. Лесотаксационный справочник. Минск: Гос. изд-во БССР, 1962. 368 с.
7. Карелин Д.В., Уткин А.И. Скорость разложения крупных древесных остатков в лесных экосистемах // Лесоведение. 2006. № 2. С. 26–33.
8. Климченко А.В. Аккумуляция углерода в валежнике лиственничников северной тайги и Средней Сибири // Лесное хоз-во. 2005. № 5. С. 33–34.
9. Климченко А.В. Параметры углеродного цикла в восстановительном ряду лиственничников кустарниковых зеленомошных северной тайги Средней Сибири. Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Красноярск, 2007. 21 с.
10. Кошурикова Н.Н. Бюджет углерода в темнохвойных лесах южной тайги. Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Красноярск, 2007. 20 с.
11. Кудеяров В.Н., Заварзин Г.А., Благодатский С.А., Борисов А.В., Воронин П.Ю., Демкин В.А., Демкина Т.С., Евдокимов И.В., Замолотчиков Д.Г., Карелин Д.В., Комаров А.С., Курганова И.Н., Ларионова А.А., Лопес де Гереню В.О., Уткин А.И., Чертов О.Г. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России. М.: Наука, 2007. 315 с.
12. Курбанов Е.А., Кранкина О.Н. Древесный детрит в сосновых насаждениях Среднего Заволжья // Лесной журнал. 2001. № 4. С. 28–32.
13. Моисеев Б.Н. Баланс органического углерода в лесах и растительном покрове России // Лесное хоз-во. 2007. № 7. С. 13–16.
14. Моисеев Б.Н., Алябина И.О. Оценка и картографирование составляющих углеродного и азотного балансов в основных биомсах России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2007. № 5. С. 1–12.
15. Нильссон С., Ваганов Е.А., Швиденко А.З., Столбовой В., Рожков В.А., Мак-Каллум И., Йонас М. Углеродный бюджет растительных экосистем России // Докл. РАН. 2003. Т. 393. № 4. С. 541–543.
16. Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. МГЭИК, 2003.
17. Тарасов М.Е. Роль крупного древесного детрита в балансе углерода лесных экосистем Ленинградской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. СПб., 1999. 21 с.
18. Трейфельд Р.Ф., Кранкина О.Н., Поваров Е.Д. Методика определения запасов и массы древесного детрита на основе данных лесоустройства. Пушкино: ВНИИЛМ, 2002. 44 с.
19. Трефилова О.В. Формирование запасов грубых древесных остатков на поверхности и в толще почвы сосняков средней тайги Приенисейской Сибири // Природная и антропогенная динамика наземных экосистем: матер. Всерос. конф. Иркутск: Изд-во Иркутского гос. техн. ун-та, 2005. С. 249–252.
20. Трефилова О.В. Годичный цикл углерода в сосняках средней тайги Приенисейской Сибири. Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Красноярск, 2006. 19 с.
21. Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. М.: Изд-во МГУ, 1980. 464 с.

22. *Karjalainen L., Kuuluvainen T.* Amount and diversity of coarse woody debris within a boreal forest landscape dominated by *Pinus sylvestris* in Vienansalo Wilderness, Eastern Fennoscandia // *Silva Fennica*. 2002. V. 36. № 1. P. 147–167.
23. *Kolchugina T.P., Vinson T.S.* Carbon sources and sinks in forest biomes of the former Soviet Union // *Global Biogeochemical Cycles*. 1993. V. 7. № 2. P. 291–304.
24. *Nilsson S., Shvidenko A., Stolbovoi V., Gluck V., Mattias J., Obersteiner M.* Full carbon account for Russia. IIASA Interim Report, 1R-00-021. Luxemburg, Austria: IIASA, 2000. 181 p.
25. *Shvidenko A., Nilsson S.* Dynamics of Russian forests and the carbon budget in 1971–1998: an assessment based on long-term forest inventory data // *Climatic change*. 2002. V. 55. P. 5–37.
26. *Sohnngen B., Andrasko K., Gytarsky M., Korovin G., Laestadius L., Murray B., Utkin A., Zamolodchikov D.* Stocks and flows: carbon inventory and mitigation potential of the Russian forest and land base. Washington: World Resources Institute, 2005. 52 p.
27. *Wirth C., Czimczik C.I., Schulze E.-D.* Beyond annual budgets: carbon flux at different temporal scales in fire-prone Siberian Scots pine forests // *Tellus*. 2002. № 54B. P. 611–630.

The Assessment of Carbon Pool in Coarse Woody Debris in Forests of Russia with Account of the Influence of Fires and Fellings

D. G. Zamolodchikov

A modification of the model for the accumulation of coarse woody debris (CWD) in forest stands is presented with account of the restoration of forests from the remained forest fragments and the influence of climatic factors. According to the refined estimates, in the forested area of Russia (733×10^6 ha), the CWD carbon pool amounts to 9.50×10^6 t C. The CWS stock in the newly developed forest stands contain 6630×10^6 t C (69.7%); post-fire CWD, 1509×10^6 t C (15.8%), and logging slash, 1365×10^6 t C (14.3%). In the European-Ural part of Russia, the share of logging slash increases up to 28%. In the Asian part, the introduction of post-fire CWD is higher (21%). The total emission from the CWD on the forested area amounts to 296×10^6 C yr⁻¹; post-fire emissions (including CWD decomposition on burnt areas) are 68×10^6 t C yr⁻¹. 90% of the post-fire emissions fall on the Asian part. A set of conversion coefficients was elaborated that allow calculating the CWD carbon pool according to the volume stock of stands. The carbon budget was corrected according to the CWD pool in managed forests of Russia (542×10^6 ha); for 1999–2005, it amounted, on the average, to 18.7×10^6 t C yr⁻¹.