

**Всероссийская научная конференция
«Научные основы устойчивого управления лесами»**

О ВЛИЯНИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛЕСОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ НА БАЛАНС CO₂ В АТМОСФЕРЕ

Геннадий Александрович Булаткин

Лаборатория Ландшафтной Экологии
Институт фундаментальных проблем биологии РАН, г. Пущино

28 апреля 2022 г., ЦЭПЛ РАН, Москва

В течение вегетации **управляемые лесные насаждения** поглощают огромное количество CO_2 , в десятки раз превосходящее выбросы за счёт затрат технической энергии. Общепринятый расчёт потоков C- CO_2 в лесах приводит к выводу, что с увеличением площади посадок и их продуктивности резко возрастает сток углекислого газа из атмосферы.

В Парижском соглашении по климату управляемым лесным насаждениям отводится основная роль в снижении содержания CO_2 в атмосфере Земли.

В Методических указаниях Минприроды России по определению объёма поглощения парниковых газов лесами (Распоряжение Минприроды России от 30.06. 2017) рекомендуется учитывать только прямые затраты различных видов ископаемого топлива в двигателях внутреннего сгорания при работе в лесных насаждениях.

Однако в управляемых лесах используется большое количество машин, орудий, транспортных средств для выращивания саженцев, подготовки почвы, ухода за насаждениями, рубки главного пользования. Для увеличения продуктивности лесов систематически вносят минеральные удобрения.

Поэтому в лесных насаждениях при расчёте баланса CO_2 , по нашему мнению, необходимо оценивать **совокупные затраты технической энергии:**

прямые – углеводородное топливо в тракторах, автотранспорте, затраты труда и т.д.

косвенные – вложения технической энергии на производство и капитальные ремонты используемой в лесных насаждениях техники, минеральных удобрений и пестицидов.

Имеются отдельные публикации по анализу потоков технической энергии в лесонасаждениях.

Иванова М.М. (2010) провела эколого-энергетический анализ трёх способов восстановления сосны на вырубках: посадкой саженцев, посевом семян и естественным зарращиванием в условиях Томской области. Минеральные удобрения в эксперименте не использовались.

Таблица 1. Техногенные энергетические затраты на создание 1 га культур сосны посадкой саженцев и выбросы CO₂ в атмосферу

Наименование используемого ресурса	Единица измерения	Расход ресурса на 1 га	Затраты энергии		Выбросы CO ₂ в атмосферу, кг/га*
			МДж	%	
техника	кг	5,35	761	8,1	55,6
дизельное топливо	кг	33,26	1253	13,3	91,6
моторные масла	кг	5,48	333	3,5	24,4
бензин	кг	99,38	1755	18,7	128,3
затраты труда	чел.-час	102,88	4465	47,5	326,4
сеянцы	тыс. шт.	4,80	843	9,0	61,6
Итого			9410	100	687,9
в том числе:					
прямые затраты			7806	82,9	570,7
косвенные затраты			1604	17,1	117,2

* данные автора

Работа М.М. Ивановой выявила, что при посадке саженцами косвенные затраты энергии достигают 17,1 % суммарных затрат энергии на выращивание лесов.

При лесовосстановлении сосны непосредственно посевом семян (табл. 2) прямые и косвенные затраты технической энергии сближаются и соотношение составляет 1,0:1,4.

Таблица 2. Энергетические затраты на создание 1 га культур сосны посевом семян и выбросы CO₂ в атмосферу

Наименование используемого ресурса	Единица измерения	Расход ресурса на 1 га	Затраты энергии, МДж		Выбросы CO ₂ в атмосферу, кг/га*
			Всего	%	
техника	мото-час	20,19	1042	12,7	76,3
дизельное топливо	кг	76,99	2900	35,3	212,0
затраты труда	чел.-час	36,19	1571	19,1	114,8
семена сосны	кг	1,08	2430	29,5	177,6
моторные масла	кг	4,62	281	3,4	20,5
Итого			8223	100	601,1
в том числе:					
прямые затраты			4751	57,8	347,3
косвенные затраты			3472	42,2	253,8

* данные автора

Выбросы CO₂ от использования технической энергии в технологии выращивания посевом семян достигали 40,3% от суммарного поступления загрязнителя в посадках.

Для оценки затрат технической энергии и баланса CO₂ в атмосфере при выращивании лесов мы использовали так же результаты модельного эксперимента по созданию лесных плантаций на основе осины (*Populus tremula* L.), её природной и модифицированной форм (Комаров, и др., 2015). Вносились удобрения в дозе N150 при посадке, через 10 лет после посадки и за 5 лет до основной рубки.

Таблица 3. Баланс C-CO₂ в насаждениях осины *Populus tremula* L. (2-ой оборот плантации)

Единица измерения	Формы осины		
	природная	природная с N удобрениями	генно-модифицированная с N удобрениями
стволовая древесина			
биомасса, т/га	75,7	89,4	91,0
затраты технической энергии в лесонасаждениях			
ГДж/га	9,4	55,2	55,2
эмиссия C-CO ₂ при производстве древесины			
т/га от технич. энергии	0,22	1,2	1,2
т/га от потерь почв. орг. в-ва	9,0	9,0	10,0
сток C-CO ₂ в стволовой биомассе			
т/га	37,9	44,7	45,5
древесина рубок ухода			
биомасса, т/га*	12,3	14,4	19,3
сток C-CO ₂ в древесине рубок ухода			
т/га	6,2	7,2	9,7
суммарная эмиссия C-CO ₂ при производстве древесины			
т/га	9,22	10,2	11,2
суммарный сток C-CO ₂ в древесной биомассе			
т/га	44,1	51,9	55,2

Содержание C-CO₂ в древесине колебалось от 38 до 46 т/га. Выбросы C-CO₂ от технической энергии составили не более 1,2 т/га или 2,6-3,2 % от содержания углерода в древесине.

Таким образом, посадки сосны и осины представляются важным стоком углекислого газа из атмосферы.

Однако дальнейшее, более глубокое рассмотрение судьбы древесины во времени, приводит к иному выводу. Объективные результаты оценки влияния древесных насаждений на баланс CO_2 в атмосфере во многом зависят от длительности анализа природно-антропогенных трансформаций древесины.

Способы применения деловой древесины, порубочных остатков и отходов переработки имеет существенное значение в поступлении углекислого газа в атмосферу.

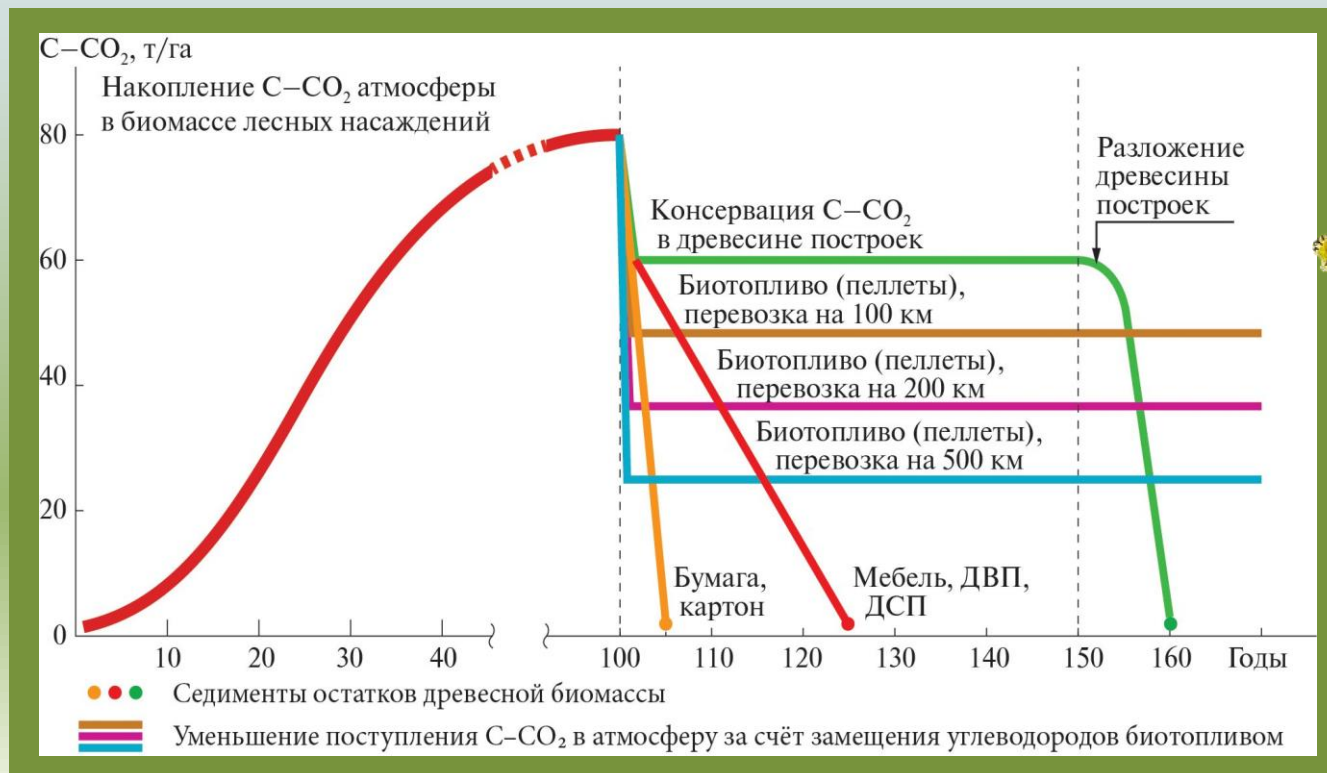
Нами разработана методология и предложена новая трёхступенчатая методика расчёта баланса $\text{C}-\text{CO}_2$ при выращивании лесов и использовании древесины.

1) **Биоценотический баланс** (за период 30–120 лет выращивания в зависимости от лесообразующей породы и срока рубки главного пользования).

2) **Природно-хозяйственный баланс** (за 170–200 лет с момента возобновления леса до завершения службы деревянных сооружений).

3) **Биогеохимический баланс $\text{C}-\text{CO}_2$** (связан с выращиванием древесных насаждений, использованием древесины и завершающийся поступлением остатков органического вещества в земную кору, в аккумулятивные ландшафты).

Схема баланса С-СО₂ в атмосфере Земли при выращивании лесов и использовании древесины



Многолетний круговорот С-СО₂ завершается только с небольшим положительным балансом в системе: атмосфера → зелёные растения → деловая древесина → антропогенные постройки и изделия из древесины → труха → атмосфера.

Известно, что только небольшая часть – 0,8-1,0 % синтезированного растениями органического вещества поступает в большой геологический круговорот и на миллионы лет консервируется (Ковда, 1973, Алпатьев, 1983).

В настоящее время существует высокоэффективный путь использования лесных насаждений для регулирования содержания углекислого газа в атмосфере Земли – применение части древесины на получение энергии и замещение, таким образом, используемых человечеством углеводов.

Резервы увеличения стока С-СО₂ из атмосферы с помощью дополнительных посадок лесов в России

Площадь посадок лесов на пустующих пахотных землях, млн га	40
Продуктивность лесов, млн т:	
за 30 лет	4000
за 1 год	130
Получено возобновляемой энергии, млн ГДж/год	2340
Затраты энергии на выращивание леса и производство пеллет, млн ГДж/год	414
Величина полученной дополнительной энергии, млн ГДж/год	1926
Замещение углеводородного топлива, млн т в нефтяном экв.	45,1
Сокращение выбросов С-СО ₂ углеводов, млн т/год	142

Выводы и предложения

1. В лесных насаждениях при расчёте баланса CO_2 необходимо учитывать совокупные затраты технической энергии (прямые – углеводородное топливо в тракторах, автотранспорте и косвенные – вложения технической энергии на производство и капитальные ремонты используемой в лесу техники с учётом сроков её амортизации, затраты на производство минеральных удобрений, пестицидов и т.д.
2. Влияние посадок лесов на сток углекислого газа из атмосферы при использовании древесины в строительстве не является значительным.
3. Масштабное применение древесины рубок ухода, остатков деревопереработки и биомассы лесов с коротким оборотом рубки для получения тепловой энергии - главный резерв в снижении концентрации углекислого газа в атмосфере Земли.

Спасибо за внимание!

