

Научная статья
УДК 630.6; 332.14; 334.7

ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА КАК ИНСТРУМЕНТА ПРИРОДОПОДОБИЯ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ

Валерия Николаевна Беляева¹, Андрей Вениаминович Мехренцев²,
Евгений Николаевич Стариков³

^{1, 2} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург,
Россия

³ Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург,
Россия

¹ Lera44720@gmail.com

² mehrentsevav@m.usfeu.ru

³ starik1705@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена обоснованию методики расчета углеродного следа в лесном комплексе. Выполнен анализ энергозатрат на примере предприятия, производящего пиломатериалы и древесные плиты. Составлен баланс годового потребления различных видов топлива. Разработаны технологические мероприятия, направленные на снижение величины углеродного следа.

Ключевые слова: энергосбережение, энергетический анализ, технологический процесс, углеродный след

Для цитирования: Беляева В. Н., Мехренцев А. В., Стариков Е. Н. Исследование углеродного следа как инструмента природоподобия в лесном комплексе // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века = Woodworking: technologies, equip-ment, management of the XXI century : материалы XX Международного евразийского симпозиума. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 10–16.

Original article

CARBON FOOTPRINT RESEARCH AS AN INSTRUMENT OF NATURE-LIKENESS IN THE FORESTRY COMPLEX

Valeria N. Belyaeva¹, Andrey V. Mekhrentsev², Evgeny N. Starikov³

^{1, 2} Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

³ Ural State Economic University, Ekaterinburg, Russia

¹ Lera44720@gmail.com

² mehrentsevav@m.usfeu.ru

³ starik1705@yandex.ru

© Беляева В. Н., Мехренцев А. В., Стариков Е. Н., 2025

Abstract. The article is devoted to the substantiation of the methodology for calculating the carbon footprint in the forestry complex. The analysis of energy consumption is carried out using the example of an enterprise producing sawn timber and wood boards. The balance of annual consumption of various types of fuel has been compiled. Technological measures have been developed to reduce the value of the carbon footprint.

Keywords: energy saving, energy analysis, technological process, carbon footprint

For citation: Belyaeva V. N., Mekhrentsev A. V., Starikov E. N. (2025) Issledovanie uglerodnogo sleda kak instrumenta prirodoobiya v lesnom komplekse [Carbon footprint research as an instrument of nature-likeness in the forestry complex]. Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century = Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century : proceedings of the XX International Eurasian symposium. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 10–16 (In Russ).

Лесопромышленный комплекс имеет огромный ресурсный потенциал и является значимым сектором экономики страны, обеспечивая занятость свыше 500 тыс. человек и создавая до 1,3 % ВВП страны. В лесной отрасли работает около 40 тыс. предприятий.

Лес, выполняя для предприятий лесного комплекса сырьевую функцию, играет важную роль в поддержании глобального экологического равновесия.

Изменение климата и истощение природных ресурсов – глобальный вызов современного мира. Предприятия лесного комплекса, с одной стороны, через выбросы при производстве увеличивают общий углеродный след, а с другой стороны, лесные земли являются ключевым ресурсом для декарбонизации экономики. Необходимость повышения экологической эффективности лесного комплекса способствует снижению загрязняющих выбросов парниковых газов в атмосферу и сохранению природных ресурсов, а также повышает конкурентоспособность предприятий в отрасли на экспортном рынке.

Целью данного исследования является обоснование механизма расчета углеродного следа предприятия лесного комплекса и разработка технологических мероприятий по его снижению.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выполнить анализ энергозатрат в технологическом процессе заготовки и вывозки древесного сырья;
- выполнить расчет углеродного следа на примере ООО «Увадрев-Холдинг»;
- разработать технологические мероприятия для снижения углеродного следа предприятия.

Предприятие ООО «Увадрев-Холдинг» расположено в Приволжском федеральном округе на территории Удмуртской республики в поселке Ува. Оно является не только градообразующим предприятием пос. Ува, но и крупнейшим предприятием лесопромышленного комплекса Удмуртской Республики. ООО «Увадрев-Холдинг» – это предприятие полного цикла, включающего технологический процесс от ведения лесного хозяйства и лесозаготовок в арендованном лесном фонде до производства и поставок продукции лесопиления и древесно-стружечных плит конечному потребителю [1].

Углеродный след – это совокупность выбросов парниковых газов, произведенных прямо или косвенно в результате хозяйственной и/или иной деятельности отдельного человека, предприятия, региона или целого государства.

Традиционно углеродный след принято измерять в тоннах эквивалента углекислого газа (CO₂), но при подсчетах учитывается не только CO₂, но и метан, закись азота и другие менее распространенные парниковые газы [2].

В современных условиях оценка углеродного следа становится важным инструментом для:

- определения влияния предприятия на окружающую среду;
- оптимизации энергопотребления;
- повышения конкурентоспособности продукции;
- привлечения инвестиций;
- соответствия международным экологическим стандартам.

В соответствии с международной методологией выбросы подразделяются на три основные категории.

Прямые выбросы – это выбросы от источников, находящихся под прямым контролем предприятия.

Косвенные энергетические выбросы – это выбросы, связанные с производством потребляемой предприятием электроэнергии.

Прочие косвенные выбросы – это выбросы, связанные с производственной цепочкой, логистикой и утилизацией продукции.

В России действует Национальный стандарт [3], являющийся аналогом международного стандарта ISO 14061–14064.

Расчет углеродного следа осуществляется по следующим формулам:

Для прямых выбросов:

$$EScope1 = Qi \cdot EFi$$

где Qi – объем топлива, л;

EFi – коэффициент выбросов CO₂.

Для косвенных выбросов:

$$EScope2 = Ci \cdot EFel$$

где Ci – количество потребляемой энергии, кВт*ч;

$EFel$ – коэффициент выбросов CO₂.

Общий углеродный след:

$$E_{total} = E_{Scope1} + E_{Scope2}.$$

В таблице представлены данные о расходах различного вида топлива на предприятии ООО «Увадрев-Холдинг» в технологическом процессе по обеспечению технологической щепой основного производства ДСП за 2024 г.

Данные о расходах различного вида топлива на предприятии ООО «Увадрев-Холдинг»

Номенклатура	Расход
Бензин, л	85 753,911
Дизельное топливо, л	95 375,681
Жидкость техническая, л	30 238,700
Масло гидравлическое, л	39596,000
Масло промышленное, л	62974,200
Смазка, л	4229,78
Электричество, кВт*ч	77122276

Расчет прямых выбросов:

Бензин:

$$E_{Scope1} = 85753,911 \cdot 2,3 = 197233,99 \text{ (кг) CO}_2.$$

Дизельное топливо:

$$E_{Scope1} = 95375,681 \cdot 2,54 = 242254,23 \text{ (кг) CO}_2.$$

Жидкость техническая:

$$Scope1 = 30238,7 \cdot 2,37 = 71665,72 \text{ (кг) CO}_2.$$

Масло гидравлическое:

$$Scope1 = 39596,0 \cdot 2,68 = 106117,28 \text{ (кг) CO}_2.$$

Масло промышленное:

$$Scope1 = 62974,2 \cdot 2,68 = 168770,86 \text{ (кг) CO}_2.$$

Смазка:

$$Scope1 = 4229,78 \cdot 2,68 = 11335,82 \text{ (кг) CO}_2.$$

$$\begin{aligned} \Sigma Scope1 &= 197233,99 + 242254,23 + 71665,72 + 106117,28 + \\ &+ 168770,86 + 11335,82 = 797367,9 \text{ (кг) CO}_2. \end{aligned}$$

Расчет косвенных выбросов:

$$E_{Scope2} = 77122276 \cdot 0,34 = 26221573,84 \text{ (кг) CO}_2.$$

Общий углеродный след:

$$\begin{aligned} E_{total} &= 797367,9 + 26221573,84 = 27018941,74 \text{ (кг) CO}_2 = \\ &= 27018,94 \text{ т CO}_2. \end{aligned}$$

Консервация углерода в древесных материалах и изделиях длительного использования представляет собой естественный процесс связывания атмосферного CO₂ в процессе фотосинтеза, который продолжается даже после вырубки деревьев и переработки древесины. При производстве пиломатериалов и древесно-стружечных плит углерод остается «зафиксированным» в структуре материала на протяжении всего срока его использования.

При естественном жизненном цикле дерева в конце оно деформируется, либо сгорает, эти процессы высвобождают весь углерод, накопленный деревом в течение жизни, углерод, вступая в реакцию с кислородом, образует CO₂, именно поэтому производство древесных строительных материалов способствует долгосрочной консервации углерода и снижению CO₂ в атмосфере.

Производство древесно-стружечных плит позволяет продлевать жизненный цикл деревьев, используя их как материалы для строительства и изготовления мебели, которые могут быть в дальнейшем переработаны.

Экологические преимущества производства древесных строительных материалов неоспоримо, т. к. за счет этого снижаются выбросы.

Снижение выбросов достигается за счет:

- консервации углерода в готовой продукции;
- использования древесных отходов в производстве;
- переработки вторичного сырья в процессе рециклинга;
- снижения потребности в новых лесных землях для лесозаготовок.

Снижение углеродного следа предприятия на этапе лесосечных работ возможно за счет следующих технологических мероприятий:

- внедрение несплошных рубок спелых насаждений с помощью лесозаготовительных машин с процессорным управлением;
- повышение энергоэффективности технологических процессов;
- внедрение переработки порубочных остатков, дровяной древесины в щепу с последующей ее вывозкой;
- использования гибридных силовых установок в технологическом процессе;
- применение лесотранспортных машин на базе газодизельных силовых установок.

Внедрение технологии переработки порубочных остатков в топливную щепу позволяет не только решить проблему утилизации отходов лесосечных работ, но и существенно снизить углеродный след за счет использования возобновляемых источников энергии и сокращения выбросов парниковых газов.

Сокращение выбросов достигается за счет:

- использования возобновляемых источников энергии;
- меньшего выброса CO_2 при сжигании древесного топлива по сравнению с минеральным топливом;
- сниженного содержания вредных веществ в золе.

Гибридные силовые установки представляют собой систему, которая сочетает в себе два источника энергии: двигатель внутреннего сгорания и электрический двигатель с аккумуляторными батареями. Внедрение таких машин влияет на снижение углеродного следа, экономию топлива и повышение энергоэффективности.

Внедрение гибридных машин хотя и имеет высокие первоначальные затраты, однако это окупается в течении 3–5 лет за счет экономии топлива. В России такие технологии особенно актуальны в рамках нацпроекта «Экология» и перехода на низкоуглеродную экономику. В мае 2025 г. *Ponsse* выпустили свою модель гибридного дизель-электрического харвестера.

Применение машин с газодизельными двигателями при лесосечных работах оказывает значительное влияние за счет снижения выбросов парниковых газов, при этом улучшает экологическую устойчивость процессов.

Если сравнивать с традиционными дизельными двигателями, газодизельные выделяют меньше CO_2 в атмосферу, это реализуется за счет того, что природный или древесный горючий газ, используемый в таких двигателях, содержит меньше углерода. Выбросы снижаются примерно на 15–20 % при одинаковой мощности [4]. Также при использовании таких двигателей уменьшается содержание оксидов азота и серы в выхлопных газах, что так важно при лесосечных работах, которые часто проводятся в удаленных и экологически чувствительных районах.

В проведенном исследовании на примере одного из предприятий лесного комплекса выполнен расчет углеродного следа технологического процесса на основе энергетического анализа с учетом процесса депонирования углерода [5].

На основе выполненных расчетов можно сделать вывод о важности реализации проектов в сфере энергосбережения для снижения углеродного следа. В связи с этим разработаны технологические мероприятия по снижению уровня углеродного следа.

Список источников

1. ЛДСП // Увадрев-Холдинг : [сайт]. URL: <https://www.uvadrev.ru/products/ldsp/?ysclid=mcbv5a88o9375113885> (дата обращения: 05.08.2025).
2. Сидоров В. С. Экологические аспекты лесосечных работ // Лесная промышленность. 2025. №2. С. 55–62.

3. ГОСТ Р 56276-2014 /ISO/TS 14067:2013 Группа T58. Национальный стандарт Российской Федерации Газы парниковые. Углеродный след продукции. Требования и руководящие указания по количественному определению и предоставлению информации // Кодекс : [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200117795> (дата обращения: 05.08.2025).

4. Глядяев С. О., Беленький Ю. И. Системы машин для переработки древесных отходов на технологическую щепу на лесосеке // Технология и оборудование лесопромышленного комплекса : сборник научных трудов. СПб. : СПбГЛТА, 2008. С. 43–45

5. Депонирование углерода основными лесообразующими древесными породами карбонового полигона Свердловской области / В. В. Фомин, В. Е. Рогачев, Е. М. Агапитов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 4–16.

References

1. Chipboard // Uvadrev-Holding : [website]. URL: <https://clk.li/Lbac> (date of accessed: 08.05.2025).

2. Sidorov V. S. Ecological aspects of logging operations // Forest industry. 2025. № 2. P. 55–62.

3. GOST R 56276-2014 /ISO/TS 14067:2013 Group T58. National standard of the Russian Federation Greenhouse gases. The carbon footprint of products. Requirements and guidelines for the quantification and provision of information // Codex : [website]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200117795> (date of accessed: 08.05.2025).

4. Glyadyaev S. O., Belenky Yu. I. Systems of machines for processing wood waste into technological chips in a logging area // Technology and equipment of the timber industry complex : collection of scientific papers. St. Petersburg : SPbGLTA, 2008. P. 43–45

5. Carbon deposition by the main forest-forming tree species of the carbon landfill of the Sverdlovsk region / V. V. Fomin, V. E. Rogachev, E. M. Agapitov [et al.] // Forests of Russia and agriculture in them. 2024. № 4 (91). P. 4–16.