

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА УГЛЕРОДА  
В БИОМАССЕ ДРЕВОСТОЯ НА ТЕРРИТОРИИ ПГУАС  
DETERMINATION OF THE AMOUNT OF CARBON  
IN THE BIOMASS OF A STAND ON THE TERRITORY OF PSUAC**

**Ю. А. Правдина, Л. М. Хурнова  
Yu. Pravdina, L. Hurnova**

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства  
г. Пенза, Россия  
ie@pguas.ru  
Penza State University of Architecture and Construction  
Penza, Russia*

В последние десятилетия в атмосфере все больше и больше увеличивается концентрация углекислого газа. Это происходит оттого, что с каждым годом увеличиваются объемы сжигания ископаемого топлива и древесины. При этом увеличивается температура атмосферного воздуха. Это явление получило название парникового эффекта. Результаты научных исследований подтверждают, что парниковый эффект является глобальной экологической проблемой, основной причиной которого признана человеческая деятельность [2]. Актуальность данной работы обусловлена необходимостью накопления данных о потенциале различных природных резервуаров. Цель данной работы заключается в количественной оценке поглощения углерода углекислого газа древостоем на территории ПГУАС.

In recent decades, the concentration of carbon dioxide in the atmosphere has been increasing more and more. This is due to the fact that the volumes of burning of fossil fuels and wood are increasing every year. At the same time, the temperature of the atmospheric air increases. This phenomenon is called the greenhouse effect. The results of scientific research confirm that the greenhouse effect is a global environmental problem, the main cause of which is recognized as human activity [2]. The relevance of this work is due to the need to accumulate data on the potential of various natural reservoirs. The purpose of this work is to quantify the carbon uptake of carbon dioxide by a stand on the territory of PSUAS.

*Ключевые слова:* парниковые газы, оценка поглощения, запасы углерода, методика оценки, биомасса древостоя.

*Keywords:* greenhouse gases, absorption estimation, carbon stocks, estimation methodology, stand biomass.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2023-2-10-13>

Парниковые газы – газообразные вещества природного или антропогенного происхождения, которые поглощают и переизлучают инфракрасное излучение. [1]

Парниковыми газами (ПГ) называют целый ряд газообразных веществ, способных задерживать тепловое излучение небесных тел.

ПГ включают водяной пар, диоксид углерода (CO<sub>2</sub>), метан (CH<sub>4</sub>), оксид азота (N<sub>2</sub>O), гидрофлюороуглероды (HFCS), перфтороуглероды (PFCS) и гексафторид серы (SF<sub>6</sub>).

Оценка поглощения углекислого газа была апробирована на примере биомассы древостоя, произрастающего на территории ПГУАС.

Растительный покров на территории ПГУАС весьма разнообразен, что определяется положением территории на стыке лесной и степной растительных зон. В качестве объекта исследования была взята территория ПГУАС, площадью 4,4 га (рис.1).

Была проведена инвентаризация количества и пород деревьев, произрастающих на территории ПГУАС визуальным способом.

Установлено, что преобладающими породами деревьев на территории ПГУАС являются ель и береза.

Для расчета запасов углерода в пуле биомассы древостоя были использованы два методических подхода:

1. Измерение высоты дерева с помощью теодолита и последующему определению объема ствола.

2. Измерение диаметра ствола на высоте 1,3 м с помощью рулетки и расчета с помощью аллометрических коэффициентов, регламентированных методикой [3].

Для расчета запасов углерода в пуле биомассы древостоя необходимы данные по высоте деревьев, которые определяли с помощью теодолита RGK T-20.

Для расчета высоты деревьев, м, использовали следующую формулу:

$$H = \tan \alpha \cdot l + h_t \quad (1)$$

где  $\alpha$  – угол наклона зрительной трубы теодолита, м;

$l$  – расстояние от теодолита до дерева, м;

$h_t$  – высота теодолита, м.



Рисунок 1 – Территория ПГУАС со спутника Яндекс карт [4]

Полученные экспериментальные данные по высотам деревьев на примере березы и ели были использованы для определения объемов ствола деревьев с помощью таблиц зависимости объемов ствола от диаметра ствола.

Расчет запасов углерода в пуле биомассы древостоя через измерение диаметра ствола и аллометрических коэффициентов по методике [3] предусматривает проведение замеров диаметра ствола березы и елей на высоте 1,3 м от поверхности земли с помощью рулетки.

Расчет запасов углерода в пуле биомассы древостоя проводили по следующей формуле (2) [3]. Количество углерода в пуле биомассы древостоя для каждой древесной породы определяли по следующей формуле:

$$C_{\text{биомасса}} = 0,5 \sum (a(d_i^2 h_i)^b), \quad (2)$$

где:  $C_{\text{биомасса}}$  – углерод в биомассе древостоя, кг абсолютно сухого веса;

0,5 – коэффициент пересчета биомассы в углеродные единицы;

$d_i$  – диаметр  $i$ -ствола на высоте 1,3 м, см;

$h_i$  – высота  $i$ -дерева, м;

$a$  и  $b$  – коэффициенты аллометрического уравнения для разных фракций и древесных пород [3].

Была проведена инвентаризация древостоя, произрастающего на территории ПГУАС, результаты которой представлены в таблице 1.

Таблица 1

*Количество и разновидности древостоя, произрастающего на территории ПГУАС*

Вид древостоя	Средний диаметр, см	Количество, шт.	Площадь, га
Ель	57,5	82	0,32
Лиственница	96,5	3	0,01
Дуб	158	1	0,00
Прочие твёрдолиственные	115	19	0,07
Береза	120	68	0,26
Прочие мягколиственные	107,6	56	0,22
Общее количество древостоя, шт.		229	

Данные расчет количества углерода в пуле биомассы с учетом данных измерения высоты дерева с помощью теодолита представлены в таблице 2.

Таблица 2

*Исходные данные, полученные с помощью теодолита RGK T-20*

Наименование дерева	Угол наклона зрительной трубы	Расстояние от теодолита до дерева, м	Высота теодолита, м
Береза 1	48	14,5	1,39
Береза 2	47	15,9	1,39
Береза 3	43	20,5	1,4
Ель 1	51	20,2	1,36
Ель 2	51	11,5	1,37
Ель 3	44	16,3	1,36

По полученным данным, снятым с помощью теодолита, определяем высоту деревьев с помощью формулы (1) для расчета количества углерода в пуле биомассы древостоя. Результаты расчета вносим в таблицу 3.

С учетом полученных данных таблицы 3 можно сделать следующие выводы (рис. 2, 3):

- для березы Б<sub>1</sub>, Б<sub>2</sub>, Б<sub>3</sub> можно отметить слабую зависимость высоты дерева от его диаметра, а также зависимость объема ствола от высоты дерева;
- следует отметить определенную зависимость диаметра ствола березы и ели от высоты деревьев.

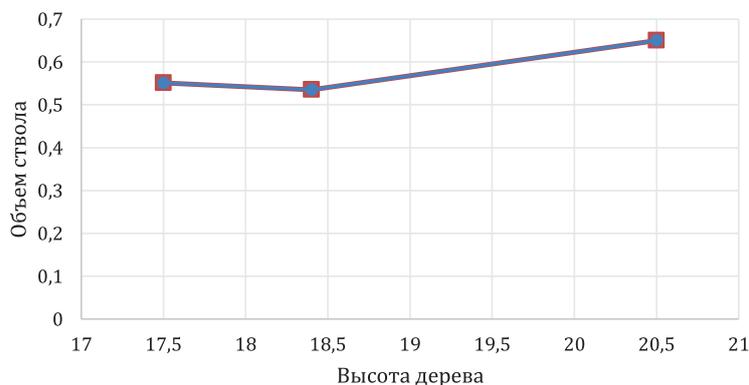


Рисунок 2 – Зависимость объема березы от высоты

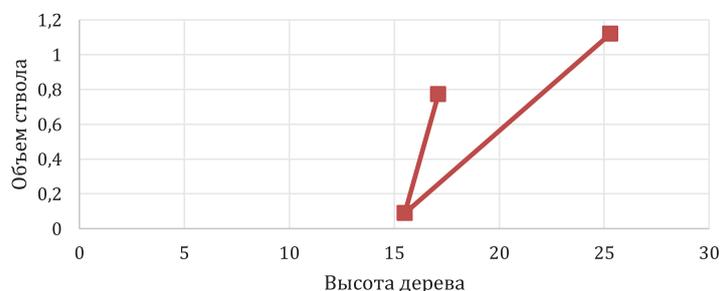


Рисунок 3 – Зависимость объема ели от высоты

Для второго метода использовали измерение диаметра ствола на высоте 1,3 м с помощью рулетки и расчета с помощью аллометрических коэффициентов, регламентированных методикой.

Таблица 3

Зависимость объема ствола от высоты и диаметра деревьев: береза (Б) и ель (Е)

Наименование дерева	Диаметр ствола на высоте 1,3 м, см	Высота дерева, м	Объем ствола, м³	Масса ствола, кг
Б <sub>1</sub>	30	17,5	0,551	385,7
Б <sub>2</sub>	29	18,4	0,535	374,5
Б <sub>3</sub>	29	20,5	0,65	455
Е <sub>1</sub>	34	25,3	1,12	560
Е <sub>2</sub>	12	15,5	0,088	44
Е <sub>3</sub>	34	17,1	0,772	386

Расчет количества углерода в пуле биомассы древостоя осуществляли по формуле (2) [3]. Количество углерода в пуле биомассы березы и ели представлены в таблице 4.

Для расчета среднегодового количества углерода, поглощенного породами деревьев береза и ель, была разработана балансовая модель, в основе которой лежит программа EXCEL.

Из результатов таблицы 4 можно сделать следующие выводы:

- среднеарифметическое значение по среднегодовому показателю поглощения углерода биомассой березы, рассчитанное по методам 1 и 2, составило 0,139 т С/год;
- среднеарифметическое значение по среднегодовому показателю поглощения углерода биомассой ели, рассчитанное по методу 1, составило 0,139 т С/год;
- среднеарифметическое значение по среднегодовому показателю поглощения углерода биомассой ели, рассчитанное по методу 2, составило 0,019 т С/год;

– для березы можно отметить более высокий показатель поглощения, чем для ели: 0,156 т С/год и 0,014 т С/год, соответственно;

– отметим, что имеется различие среднегодового показателя поглощения углерода пулом биомассы по 1 и 2 методам относительно ели.

Таблица 4

*Среднегодовой показатель поглощения углерода пулом биомассы березы (Б) и ели (Е) с использованием методов 1 и 2*

Древесная порода	Среднегодовой показатель поглощения углерода пулом биомассы, с учетом метода 1, т С/год	Среднегодовой показатель поглощения углерода пулом биомассы, с учетом метода 2, т С/год
Б 1	0,1328	0,133
Б 2	0,129	0,129
Б 3	0,156	0,156
Е 1	0,178	0,03
Е 2	0,115	0,014
Е 3	0,1228	0,0145

Таким образом, проведена инвентаризация древостоя на территории ПГУАС, которая показала, что преобладающими породами деревьев являются ель и береза.

В результате расчетов установлено следующее:

– для березы отмечали слабую зависимость высота дерева от его диаметра, а также зависимость объема ствола от высоты дерева;

– для елей четко прослеживается зависимость высоты от объема ствола этих деревьев;

– для березы и ели отмечали определенную зависимость диаметра ствола от высоты деревьев;

– среднеарифметическое значение по среднегодовому показателю поглощения углерода биомассой березы, рассчитанное по методам 1 и 2, составило 0,139 т С/год;

– среднеарифметическое значение по среднегодовому показателю поглощения углерода биомассой ели, рассчитанное по методу 1, составило 0,139 т С/год;

– среднеарифметическое значение по среднегодовому показателю поглощения углерода биомассой ели, рассчитанное по методу 2, составило 0,019 т С/год;

– для березы можно отметить более высокий показатель поглощения, чем для ели: 0,156 т С/год и 0,014 т С/год, соответственно;

– имеется различие среднегодового показателя поглощения углерода пулом биомассы по 1 и 2 методам относительно ели.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 02.07.2021 N 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов».

2. Распоряжение Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 30 июня 2017 г. № 20-р. «Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов»

3. *Ильшева Н.Н., Балдеску Е.В.* Совершенствование методического инструментария количественной оценки выбросов парниковых газов с учетом международного опыта // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. – 2017. – Том 16. – № 1. – С. 108–126.

4. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.094> (дата обращения: 01.04.2022)