

Леса России и хозяйство в них. 2022. № 4. С. 4–9

*Forests of Russia and economy in them. 2022. № 4. P. 4–9*

Научная статья

УДК 630.160.22

DOI: 10.51318/FRET.2022.88.53.001

## ОЦЕНКА ЗАПАСА УГЛЕРОДА В ДРЕВОСТОЯХ КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА УЧАСТКЕ «УРАЛ-КАРБОН» (СЕВЕРКА)

Владимир Евгеньевич Рогачев<sup>1</sup>, Егор Михайлович Агапитов<sup>2</sup>, Валерий Владимирович Фомин<sup>3</sup>, Максим Павлович Суханов<sup>4</sup>, Лев Евгеньевич Рогачев<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup> Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Владимир Евгеньевич Рогачев,

rogachevve@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Изучение депонирования углерода насаждениями является актуальной задачей в контексте преодоления результатов возможных негативных сценариев глобального и регионального потепления климата. Для возможности детального анализа распределения углерода в насаждениях важно использовать системный подход и охватить все климатические зоны. С этой целью в Российской Федерации была создана сеть карбоновых полигонов. Данная работа показывает результаты оценки запасов углерода на участке карбонового научно-исследовательского полигона «Урал-Карбон» (Северка) Свердловской области, расположенного в Уральском учебно-опытном лесхозе (УУОЛ) Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ) с использованием методических указаний Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации по лесоустроительным данным. Анализ запасов углерода на карбоновом полигоне Свердловской области «Урал-Карбон» (Северка) был произведен на основании данных лесоустройства, учитывающих возрастную структуру насаждений, преобладающую породу и запас насаждений. Также по итогам расчетов в работе представлена карта содержания углерода насаждениями карбонового полигона «Урал-Карбон» (Северка) при помощи геоинформационной системы QGIS. Карта представляет собой векторный полигональный слой с совокупностью единиц наименьшего деления площади полигона (выдела) для проведения расчетов запаса углерода в насаждениях. Имеет вид интерактивных элементов, включающих данные по обозначению элемента в пространстве (номер квартала и выдела): состав насаждения, средний возраст, среднюю высоту, полноту насаждения, которое включает элемент (выдел), площадь выдела, средний запас углерода (т/га), тип леса, тип лесорастительных условий, запас на выделе, средний запас на 1 га, класс возраста и преобладающая порода. Также все эти данные доступны в атрибутивной таблице для карты.

**Ключевые слова:** депонирование углерода, карбоновый научно-исследовательский полигон, геоинформационные системы

**Благодарности:** работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках госбюджетных тем «FEUZ-2021-0014» и «FEUG-2020-0013».

Scientific article

DOI: 10.51318/FRET.2022.88.53.001

## CARBON STOCK ASSESSMENT IN TREE STANDS AT THE SITE «URAL-CARBON» (SEVERKA) OF THE CARBON POLYGON OF THE SVERDLOVSK REGION

Vladimir E. Rogachev<sup>1</sup>, Egor M. Agapitov<sup>2</sup>, Valery V. Fomin<sup>3</sup>,  
Maxim P. Sukhanov<sup>4</sup>, Lev E. Rogachev<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Ural State Forestry University, Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Vladimir E. Rogachev,  
rogachevve@m.usfeu.ru

**Abstract.** The study of carbon sequestration by plantations is an urgent task in the context of overcoming the results of possible negative scenarios of global and regional climate warming. To be able to analyze in detail the distribution of carbon in plantations, it is important to use a systematic approach and cover all climatic zones. For this purpose, a network of carbon polygons was created in the Russian Federation. This paper shows the results of the assessment of carbon stocks at the site of the carbon research site «Ural-Carbon» (Severka) of the Sverdlovsk region, located in the Ural Training and Experimental Forestry (UUOL) of the Ural State Forestry Engineering University (UGLTU) using the guidelines of the Ministry of Natural Resources resources and ecology of the Russian Federation according to forest management data. The analysis of carbon stocks at the «Ural-Carbon» (Severka) carboniferous polygon of the Sverdlovsk region was carried out on the basis of forest inventory data, taking into account the age structure of plantations, the dominant species and the stock of plantations. Also, based on the results of the calculations, the paper presents a map of the carbon content of the stands of the «Ural-Carbon» (Severka) carboniferous polygon using the QGIS geographic information system. The map is a vector polygonal layer that includes a set of units of the smallest division of the polygon area for calculating the carbon stock in plantations (allotment), having the form of interactive elements, including data on the designation of the element in space (number of the quarter and allotment), composition of the plantation, average age, average height, completeness of the plantation which includes the element (allotment), area of the allotment, average carbon stock tons per ha. type of forest, type of forest conditions, stock on the allotment, average stock per 1 ha, age class and dominant species. Also, all this data is available in the attribute table for the map.

**Keywords:** carbon sequestration, carbonic research site, geographic information systems

**Acknowledgments:** The work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the state budget topics «FEUZ-2021-0014» and «FEUG-2020-0013».

### Введение

Ведущая роль лесов в сохранении и поддержании баланса атмосферных парниковых газов отражена в основных международных экологических соглашениях. К таким соглашениям относятся Киотский протокол (1997) и рамочная конвенция

ООН (1992), на основе которой было достигнуто Парижское соглашение (2015). Страны, ратифицировавшие эти соглашения, приняли обязательства контроля объемов выбросов парниковых газов в управляемых лесах и наращивания объемов углерода

в пулах биомассы лесных экосистем. Российская Федерация также взяла на себя обязательства по вышеперечисленным соглашениям, что отражено в федеральном законе от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов».

**Цель, объекты****и методика исследований**

Целью исследований поставлена оценка запасов углерода в биомассе древостоев по преобладающим древесным породам с учетом возрастных групп лесных насаждений на участке карбонового полигона Свердловской области «Урал-Карбон» (Северка).

Территория полигона относится к Северскому участково-

му лесничеству и располагается в 35, 36, 40, 41, 42 кварталах полигона, занимая площадь 458 га (Полигон..., 2021). Лесная растительность полигона представлена тремя преобладающими породами: сосна, ель и береза (рис. 1). При детальном рассмотрении возрастной структуры насаждений (рис. 2) можно наблюдать полный охват возрастного спектра, который включает в себя

молодняки, средневозрастные насаждения, приспевающие, спелые и перестойные древостои.

Запас углерода оценивался на основе данных лесоустройства. Оценка депонирования углерода лесными насаждениями производилась на основе методических указаний Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 30 июня 2017 г. № 20-р «Об утверждении методических указаний по количественному определению объема поглощения парниковых газов». Расчет запасов углерода в биомассе древостоя произведен по следующей формуле:

$$CP_{ij} = V_{ij}KP_{ij},$$

где  $CP_{ij}$  – запас углерода в биомассе древостоев группы возраста  $i$  преобладающей породы  $j$ , т;  $V_{ij}$  – запас стволовой древесины насаждений группы возраста  $i$  преобладающей породы  $j$ , м<sup>3</sup>/га;

$KP_{ij}$  – конверсионный коэффициент для расчета запаса углерода в биомассе древостоев группы возраста  $i$  преобладающей породы  $j$ , т/м<sup>3</sup> (табл. 1).

Конверсионные коэффициенты разработаны для широкого спектра пород с учетом по климатическим зонам. В данной работе использовали коэффициенты для трех преобладающих древесных пород южно-таежной зоны (Луганский и др., 2010), попавшие в район исследований.

Расчет содержания углерода проводили на основе материалов лесоустройства согласно методике, минимальной единицей расчетов был принят таксационный выдел. В таксационном

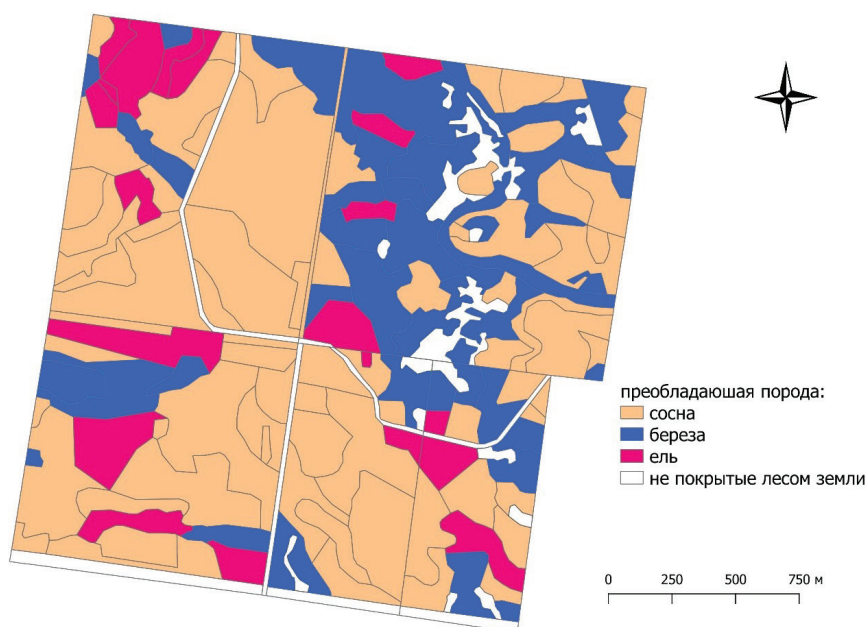


Рис. 1. Карта повыведельного распределения земель по преобладающим породам карбонового полигона «Урал-Карбон» (Северка)

Fig. 1. Distribution map by land allocations by predominant rocks of the «Ural-Carbon» (Severka) carboniferous polygon

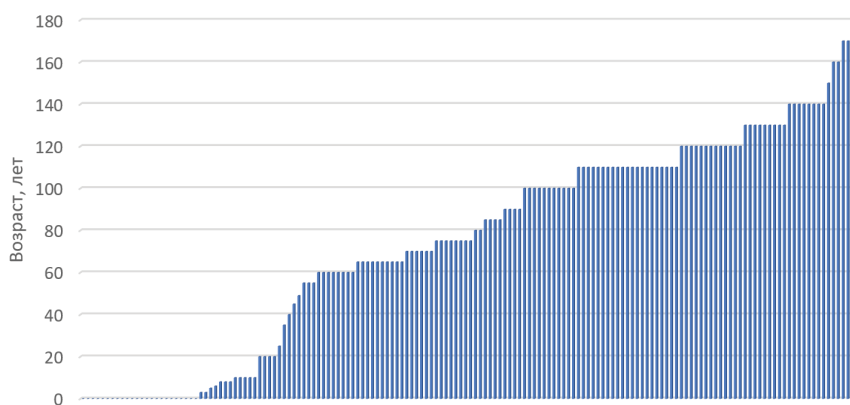


Рис. 2. Возрастная структура насаждений карбонового полигона «Урал-Карбон» (Северка)

Fig. 2. Age structure of plantings of the carboniferous polygon «Ural-Carbon» (Severka)

описании каждого выдела содержатся данные по преобладающей породе, классу возраста, запасу на выделе, классу боните-

та. Группу возраста определяли по классам возраста и бонитета. Далее подбирали табличный коэффициент и умножали на вели-

чину запаса на выделе, результаты записывали в табл. 2.

Таблица 1

Table 1

Конверсионные коэффициенты (т/м<sup>3</sup>) для расчета запаса углерода в биомассе древостоя по объемному запасу древесины лесного насаждения  
Conversion factors (tonnes/m<sup>3</sup>) for calculating the carbon stock in growing biomass from the volumetric wood stock of the forest plantation

Преобладающая порода Dominant breed	Группа возраста Age group			
	Молодняки I и II классов возраста The young generation of the forest 1 and 2 age classes	Средневозрастные Middle-aged forest generation	Приспевающие Ripening forest generation	Спелые и перестойные Ripe and overmature forest generation
Сосна Pine	0,435	0,352	0,329	0,356
Ель Spruce	0,614	0,369	0,351	0,364
Береза Birch	0,437	0,396	0,367	0,367

Таблица 2

Table 2

Фрагмент таблицы с результатами расчетов для каждого выдела отдельно  
Fragment of the table with calculations for each section separately

Номер квартала Quarter number	Номер выдела Partition number	Состав Compound	Преобладающая порода Dominant breed	Класс возраста Age class	Запас, м <sup>3</sup> /га Reserve, m <sup>3</sup> /ha	Бонитет Bonitet	Средний объем углерода, м <sup>3</sup> /га Average volume of carbon, m <sup>3</sup> /ha
36	1	7Б1ОС2С+Л+С	Б	7	248	2	91,016
36	2	4Е1С5Б	Е	4	231	3	85,239
36	3	6Б2ОЛС2Е+Б	Б	7	110	3	40,37
36	4	8С2Б+Л+С	С	4	369	2	121,401
36	5	5С2С2Л1Б	С	6	336	3	119,616

### Результаты и обсуждение

Для карбонового полигона «Урал-Карбон» (Северка) получили следующую оценку: средний запас углерода составил 70,06 т/га при среднем запасе древесины 194,2 м<sup>3</sup>/га. По данным В. А. Усольцева (Усольцев, 2018), в лесных насаждениях

Свердловской области накоплено 59,8 т углерода на 1 га территории, покрытой лесом, что сопоставимо с полученными нами результатами. На рис. 3 видно, что количество задепонированного углерода в насаждении возрастает с течением времени, и этот рост прекращается

примерно в 100 лет. Возрастная структура на территории карбонового полигона отличается в сторону преобладания спелых и перестойных древостоев в процентном отношении к средним показателям по Свердловской области, это объясняет расхождение в 10,16 т/га с данными

В. А. Усольцева для Свердловской области.

По итогам расчетов была создана карта распределения запасов углерода на территории карбонового полигона «Урал-Карбон» (Северка) при помощи геоинформационной системы QGIS (qgis.org). На основе табличных

данных материалов лесоустройства и проведенной оценки запасов углерода создан векторный полигональный слой, который визуально отразил расчеты по выделному распределению запасов углерода на территории полигона. На рис. 4 представлена карта распределения запаса

углерода на участке карбонового полигона «Урал-Карбон» (Северка).

Общий запас углерода, задепонированный древостоями на исследованном полигоне, на данный момент составляет 37,88 тыс. т, средний запас углерода в пуле биомассы древесины – 70,06 т/га.

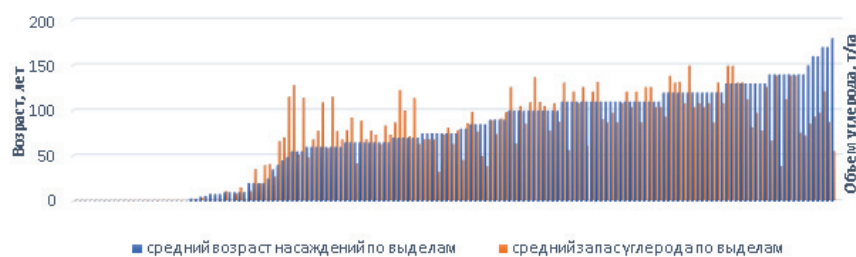


Рис. 3. Распределение запасов углерода в насаждениях карбонового полигона «Урал-Карбон» (Северка) в зависимости от возраста

Fig. 3. Distribution of carbon stocks in the plantations of the «Ural-Carbon» (Severka) carboniferous polygon depending on age

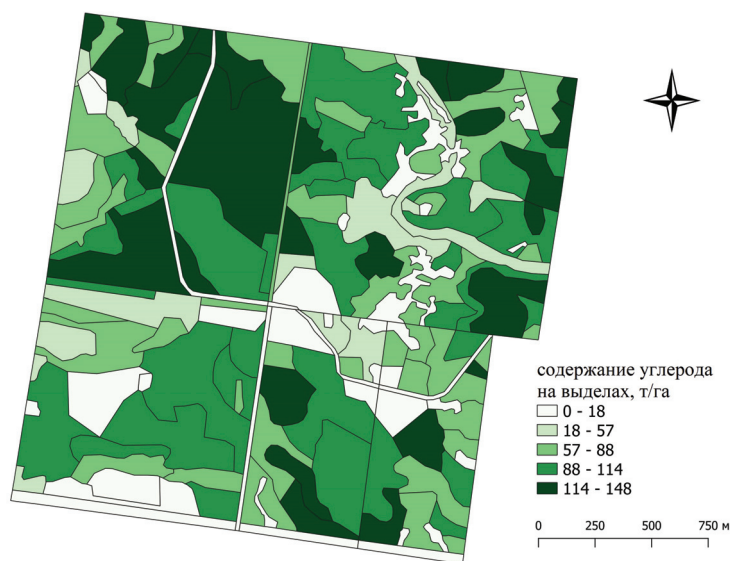


Рис. 4. Распределение среднего содержания запасов углерода, т/га  
Fig. 4. Distribution of average content of carbon stocks tons per ha

### Выводы

Оценка депонирования углерода древостоями участка «Урал-Карбон» (Северка) карбонового полигона Свердловской области с использованием лесоустроительных данных и методических рекомендаций Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации дала возможность в первом приближении оценить пул углерода в древостоях на данном участке. Дальнейшая реализация мероприятий программы карбонового полигона Свердловской области «Урал-Карбон» Министерства науки и высшего образования позволит изучить депонирование углерода во всех основных компонентах лесных насаждений полигона и оценить вклад каждого из них в общий пул углерода на исследованном участке.

### Список источников

Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата : офиц. рус. перевод. ООН, 1997. 27 с.

Луганский Н. А., Залесов С. В., Луганский В. Н. Лесоведение. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. 432 с.

Парижское соглашение согласно Рамочной конвенции об изменении климата. ООН, 2015. 32 с.

Полигон «Урал-Карбон» (Северка) / С. В. Залесов, В. В. Фомин, Е. П. Платонов, Г. А. Годовалов, К. А. Башегуров, П. Н. Сураев // Леса России и хоз-во в них. 2021. № 3 (78). С. 4–14. DOI: 10.51318/FRET.2021.89.34.001.

Рамочная конвенция ООН об изменении климата : офиц. рус. перевод. ООН, 1992. 30 с.

Распоряжение Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 30 июня 2017 г. № 20-р «Об утверждении методических указаний по количественному определению объема поглощения парниковых газов». URL: <http://rulaws.ru>

Усольцев В. А. Депонирование углерода лесами Уральского региона России (по состоянию Государственного учета лесного фонда на 2007 год). Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2018. 265 с.

Федеральный закон от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов». URL: <http://consultant.ru>

### References

Decree of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated June 30, 2017 № 20-r «On the approval of guidelines for the quantitative determination of the volume of greenhouse gas absorption». URL: <http://rulaws.ru>

Federal Law № 296-FZ dated July 2, 2021 «On limiting greenhouse gas emissions». URL: <http://consultant.ru>

Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Official Russian translation. UN, 1997. 27 p.

Lugansky N. A., Zalesov S. V., Lugansky V. N. Forestry. Yekaterinburg : Ural State Forestry Engineering Un-t, 2010. 432 p.

Paris Agreement under the Framework Convention on Climate Change. UN, 2015. 32 p.

Polygon «Ural-Carbon» (Severka) / S. V. Zalesov, V. V. Fomin, E. P. Platonov, G. A. Godovalov, K. A. Bashegurov, P. N. Suraev // Forests of Russia and the economy in them. 2021. № 3 (78). P. 4–14. DOI: 10.51318/FRET.2021.89.34.001.

United Nations Framework Convention on Climate Change. Official Russian translation. UN, 1992. 30 p.

Usoltsev V. A. Carbon sequestration by forests of the Ural region of Russia (on the base of Forest State Inventory data 2007). Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2018. 265 p.

### Информация об авторах

*V. E. Rogachev – аспирант, [rogachevve@m.usfeu.ru](mailto:rogachevve@m.usfeu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4964-6975>;*

*E. M. Agapitov – аспирант, [agapitovem@m.usfeu.ru](mailto:agapitovem@m.usfeu.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9709-1559>;*

*V. V. Fomin – доктор биологических наук, доцент, [fominvv@m.usfeu.ru](mailto:fominvv@m.usfeu.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3779-410x>;*

*M. P. Sukhanov – студент, [maks\\_sukhanov\\_2014@mail.ru](mailto:maks_sukhanov_2014@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7525-9744>;*

*L. E. Rogachev – студент, [rogachevle@m.usfeu.ru](mailto:rogachevle@m.usfeu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8258-2344>.*

### Information about authors

*V. E. Rogachev – postgraduate student, [rogachevve@m.usfeu.ru](mailto:rogachevve@m.usfeu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4964-6975>;*

*E. M. Agapitov – postgraduate student, [agapitovem@m.usfeu.ru](mailto:agapitovem@m.usfeu.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9709-1559>;*

*V. V. Fomin – doctor of biological sciences, associate professor, [fominvv@m.usfeu.ru](mailto:fominvv@m.usfeu.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3779-410x>;*

*M. P. Sukhanov – student, [maks\\_sukhanov\\_2014@mail.ru](mailto:maks_sukhanov_2014@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7525-9744>;*

*L. E. Rogachev – student, [rogachevle@m.usfeu.ru](mailto:rogachevle@m.usfeu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8258-2344>.*

*Статья поступила в редакцию 31.10.2022; принята к публикации 30.11.2022.*

*The article was submitted 31.10.2022; accepted for publication 30.11.2022.*