

ЧИСТАЯ ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЛЕСОСТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМ ОКСКО-ДОНСКОЙ РАВНИНЫ

Н.П. Карташова, В.В. Никитенко, Е.К. Карташов

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: Kartashova_73@mail.ru

Аннотация. В контексте глобального изменения климата, лесные экосистемы выступают важным фактором в сокращении выбросов CO₂. Оценка углеродного цикла в лесных биогеоценозах требует детального анализа содержания, аккумуляции и пространственного распределения углерода в различных структурных компонентах этих экосистем. Одним из самых динамичных компонентов лесного фитоценоза является живой напочвенный покров. Фитомасса живого напочвенного покрова в значительной степени определяет депонирование углерода, величину опада, пожарную опасность, его органическое вещество вносит большой вклад в общий круговорот углерода и азота в лесной экосистеме. На заложенных постоянных пробных площадях в разных типах лесных экосистем, характерных для Воронежской области, проведены измерения запасов фитомассы живого напочвенного покрова с целью определения запасов углерода и оценки годичной чистой первичной продукции (ЧПП). Выявили, что максимальный прирост живого напочвенного покрова наблюдается в условиях сухой дубравы, в типе леса дубняк осоково-злаковый.

Ключевые слова: живой напочвенный покров, лесные экосистемы, постоянные пробные площади, тип лесорастительных условий, фитомасса, запас углерода, чистая первичная продукция.

Финансирование: исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1023013000012-7 «Биогеохимический мониторинг цикла углерода в природных и антропогенных экосистемах Воронежской области в условиях глобального изменения климата (FZUR-2023-0001)».

PURE PRIMARY PRODUCTION OF LIVING GROUND COVER OF FOREST-STEPPE ECOSYSTEMS THE OKA-DON PLAIN

N.P. Kartashova, V.V. Nikitenko, E.K. Kartashov

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: Kartashova_73@mail.ru

Abstract. In the context of global climate change, forest ecosystems are an important factor in reducing CO₂ emissions. Assessment of the carbon cycle in forest biogeocenoses requires a detailed analysis of the carbon content, accumulation and spatial distribution in various structural components of these ecosystems. One of the most dynamic components of the forest phytocenosis is the living ground cover. The phytomass of living ground cover largely determines carbon deposition, the amount of fall, fire hazard, and its organic matter makes a significant contribution to the overall carbon and nitrogen cycle in the forest ecosystem. On the established permanent test areas in different types of forest ecosystems characteristic of the Voronezh Region, measurements of the reserves of phytomass of living ground cover were carried out in order to determine carbon reserves and estimate annual net primary production (NWP). It was found that the maximum increase in living ground cover is observed in conditions of dry oak forests, in the type of oak-sedge-grass forest.

Keywords: living ground cover, forest ecosystems, permanent test areas, type of forest conditions, phytomass, carbon reserve, pure primary products.

Растения, произрастающие под пологом леса, активно участвуют в продукционном процессе: ассимилируя углекислый газ атмосферы, они создают свою биомассу и на время жизни выводят из оборота углерод [1]. В лесных экосистемах для оценки углеродного цикла необходимы данные по содержанию, накоплению и распределению углерода в отдельных структурных элементах биogeоценозов. Наиболее динамичным структурным элементом в лесном биogeоценозе является напочвенный покров. В связи с этим необходимо всестороннее изучение растений напочвенного покрова. Особый интерес представляют исследования продукционного потенциала напочвенного покрова в различных типах лесных насаждений. Продукционный потенциал лесных экосистем, выраженный в показателях чистой первичной продукции, является ключевым параметром, характеризующим способность лесов к поглощению и аккумуляции углерода [2,3].

Чистая первичная продуктивность (ЧПП) играет решающую роль в поддержании углеродного баланса экосистем. Она представляет собой количество углерода, которое поглощается растениями в процессе фотосинтеза и сохраняется в биомассе и является одним из важнейших показателей состояния и устойчивости экосистем [3].

Настоящая работа посвящена оценке чистой первичной продукции живого напочвенного покрова лесостепных экосистем Окско-Донской равнины. Для достижения поставленной цели предполагается определение запасов надземной и подземной фитомассы напочвенного покрова на постоянных пробных площадях карбонового полигона с последующим определением запасов углерода.

Актуальность исследований по данной проблеме заключается в необходимости повышения точности оценок запасов углерода в лесных экосистемах России, направленных на управление углеродным бюджетом лесов.

Для исследований живого напочвенного покрова были выбраны территории Левобережного и Правобережного участкового лесничеств Пригородного лесничества Воронежской области, отличающиеся видовым составом леса, по типам лесорастительных условий. Были заложены гектарные постоянные пробные площади с целью детального

изучения структуры, состава и продуктивности живого напочвенного покрова (ЖНП) в различных типах леса и установления взаимосвязей между характеристиками ЖНП и условиями произрастания.

Объектами исследования послужили насаждения, произрастающие в квартале № 60 выдел 2 (ППП № 3), квартале № 76 выдел 6 (ППП № 15) и квартале 59, выдел 5 (ППП № 16), расположенные в левобережном участковом лесничестве, леса которого имеют научное или историческое значение и квартал № 47, выдел 3 (ППП № 6), квартал № 9, выдел 52 (ППП № 11), квартал № 35, выдел 6 (ППП № 12) и квартал № 28, выдел 18 (ППП № 13), расположенные в правобережном лесничестве в водоохранной зоне. На каждой пробной площади определяли площадь занимаемого вида на учетных площадках размером 25х25 см. Таким образом, площадь монолита и укоса соответственно составили по 0,0625 м². Для получения массы абсолютно сухого вещества растительные образцы высушивались в сушильных шкафах при температуре 105 °С до достижения постоянной массы. При анализе полученных данных следует учитывать, что древостои на ППП имеют сходный возраст и относительную полноту, что дает возможность достаточно точно оценить влияние типологических факторов на накопление фитомассы в исследуемых насаждениях.

Запас фитомассы напочвенного покрова позволяет определить прирост, который в надземной части принимается равным запасу фитомассы трав, а прирост их корней условно принимается равным 30% от запасов корней [3,4].

Сравнительный анализ общих запасов биомассы живого напочвенного покрова в различных типах лесорастительных условиях показал, что максимальные значения характерны для условий сухой дубравы (дубняк осоко-злаковой) и составляют 4,9 т/га. Наиболее низкая фитомасса живого напочвенного покрова (1,87 т/га) наблюдалась в дубраве осоко-снытьевой в условиях достаточной влажности (свежая дубрава). В сосновых насаждениях наибольшие значения показателя биомассы живого напочвенного покрова зафиксированы в условиях влажной субори. Так в сосняке моллиниевом в условиях влажной субори запас биомассы живого напочвенного покрова составил 3,12 т/га, что в 1,2 раза больше запаса живого напочвенного покрова в сосняке травяном в условиях свежего бора (2,48 т/га). В сосняках с увеличением влажности увеличивается запас надземной фитомассы. Причем в надземном фракции напочвенного покрова значительный вес имеет масса мха. Так в условиях влажной субори в надземной фракции масса мхов составляет 34% от общей массы. В условиях свежего бора масса мхов имеет одинаковое значение с массой трав и составляет 1,56 т/га. В дубраве осоко-злаковой типа Д₁ биомасса живого напочвенного покрова превышает биомассу аналогичного покрова в моллиниевом сосняке, произрастающем во влажной субори, в 1,3 раза (табл. 1).

Таблица 1 – Фракционный состав и суммарная биомасса живого напочвенного покрова в разных типах лесных экосистем

№ППП	Надземная фитомасса				Подземная фитомасса		Суммарная фитомасса т/га
Тип леса	кг/ м ²		Всего на ППП, т/га		кг/ м ²	Всего на ППП, т/га	
	травы	мох	трав	мох			
3/Сосняк травяной с дубом (В ₂)	0,013	0,029	0,22	0,47	0,079	1,27	1,96
итого	0,042		0,69			1,27	
6/Дубняк осоко-снитевый (С ₂ Д)	0,047		0,76		0,083	1,33	2,09
11/Дубняк осоко-злаковый (D ₁)	0,048		0,78		0,26	4,16	4,94
12/Дубняк снитевый (D ₂)	0,033		0,52		0,095	1,52	2,04
13/Дубняк снитевый (D ₂)	0,022		0,35		0,095	1,52	1,87
14/ Дубняк осоко-снитевый (С ₂ Д)	0,019		0,31		0,099	1,58	1,89
15/Сосняк травяной (А ₂)	0,009	0,009	0,15	0,15	0,136	2,2	2,5
итого	0,018		0,3				
16/ Сосняк моллиниевый (В ₃)	0,046	0,024	0,75	0,38	0,12	1,99	3,12
итого	0,07		1,13				

Исходя из данных о фитомассе напочвенного покрова, были рассчитаны запасы углерода и продуктивность живого напочвенного покрова в лесах. Объем углерода, накопленного живым напочвенным покровом, варьируется от 0,93 до 2,44 тонн углерода на гектар (тС/га) в зависимости от условий произрастания леса, при этом максимальные значения характерны для старовозрастных насаждений в условиях сухой дубравы. Так общий суммарный запас углерода в живом напочвенном покрове в дубняке осоко-злаковом в условиях сухой дубравы составляет 2,4 т/га, причем большее количество сосредоточено в подземной фитомассе 2,08 тС/га, запас углерода в надземной фитомассе составляет 0,39 тС/га. Минимальное количество накопленного углерода наблюдается в дубняке осоко-снитевом в условиях свежей дубравы (0,93 тС/га).

Результаты определения чистой первичной продукции живого напочвенного покрова на пробных площадях приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Прирост живого напочвенного покрова на пробных площадях

№ ППП	Прирост		Суммарный прирост т/га
	надземной части, т/га	подземной части, т/га	
3/Сосняк травяной с дубом (В ₂)	0,22	0,38	0,6
6/Дубняк осоко- снытьевый (С ₂ Д)	0,76	0,39	1,16
11/Дубняк осоко- злаковый (Д ₁)	0,78	1,25	2,03
12/ Дубняк снытьевый (Д ₂)	0,52	0,45	0,97
13/ Дубняк снытьевый (Д ₂)	0,35	0,45	0,8
14/ Дубняк осоко- снытьевый (С ₂ Д)	0,31	0,47	0,78
15/Сосняк травяной (А ₂)	0,15	0,66	0,81
16/ Сосняк моллиниевый (В ₃)	0,75	0,59	1,34

Результаты таблицы 2 показывают, что наибольший суммарный прирост живого напочвенного покрова наблюдается на пробной площади №11, заложенной в Правобережном участковом лесничестве, квартал 9, выдел 52 в условиях сухой дубравы, в типе леса дубняк осоково-злаковый и составляет 2,03 т/га. Причем прирост подземной части (1,25 т/га) в 1,6 раз превышает прирост надземной части (0,78 т/га). Наименьший прирост живого напочвенного покрова наблюдается в сосняке травяном (квартал 60, выдел 2, ППП №3) и составляет 0,6 т/га, причем на прирост надземной части приходится 0,22 т/га, подземной части – 0,38 т/га (рис. 1).

Установлено, что наибольший запас фитомассы и запас углерода в фитомассе напочвенного покрова наблюдается в условиях сухой дубравы.

Выявили, что продуктивность напочвенного покрова в лесных насаждениях, измеряемая как годовой прирост углерода фитомассы, тесно связано с условиями произрастания и породным составом. Наиболее высокие показатели отмечены в смешанных древостоях с доминированием дуба черешчатого.

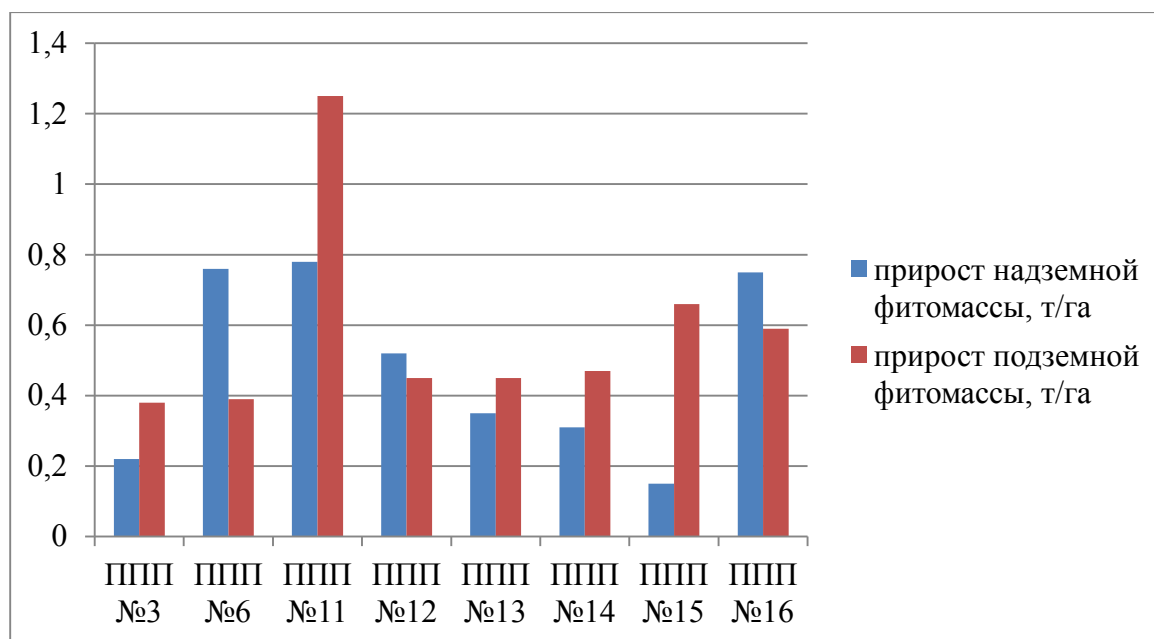


Рисунок 1 – Гистограмма соотношения прироста надземной и подземной фитомассы в живом напочвенном покрове на пробных площадях №3,6, 11-16

Проведенное исследование позволяет дать представление о соотношении запасов углерода в разных фракциях надземной и подземной фитомассы. Полученные данные по содержанию углерода в живом напочвенном покрове можно рекомендовать для формирования базы данных о запасах углерода в фитомассе лесов.

Список литературы

1. Litton C.M., Raich J.W., Ryan M.G. Carbon allocation in forest ecosystems. *Global Change Biology* 2007; 13:2089–109. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01420.x>.
2. Запасы углерода в фитомассе и биологическая продуктивность спелых и перестойных древостоев пригородного лесничества Воронежской области / С.С. Шешнищан, Н.П. Карташова, Е.Н. Штепа, А.В. Царегородцев, А.А. Сафонова // *Лесотехнический журнал*. 2024. Т. 14. №4 (56). С. 97-110.
3. Усольцев, В.А. Географические градиенты чистой первичной продукции лиственных лесов Евразии / В.А. Усольцев, Д.С. Гаврилин // *Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: Матер. Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 70-летию создания Института леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН (Красноярск, 16-19 сентября 2014 г.)*. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. - С. 40-43.
4. Усольцев В.А. Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии. Евразии : монография / В.А. Усольцев ; [отв. ред. С. Г. Шиятов] ; РАН, УрО, Ботанический сад, УрГЛУ. - Екатеринбург, 2010. - 570 с.

References

1. Litton C.M., Raich J.W., Ryan M.G. Carbon allocation in forest ecosystems. *Global Change Biology* 2007; 13:2089–109. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01420.x>.
2. Carbon reserves in phytomass and biological productivity of ripe and over-ripe stands of the Prigorodny forestry of the Voronezh region / S.S. Sheshnitsan, N.P. Kartashova, E.N. Shtepa, A.V. Tsaregorodtsev, A.A. Safonova // *Forestry Engineering Journal*. 2024. Vol. 14. No. 4 (56). pp. 97-110.
3. Usoltsev, V.A. , Gavrilin Dr.I. Geographical gradients of pure primary production of Eurasian larch forests / *Forest biogeocenoses of the boreal zone: geography, structure, functions, dynamics: Mater. All-Russian Scientific Conference with international participation dedicated to the 70th anniversary of the establishment of the V.N. Sukachev Institute of Forestry SB RAS* (Krasnoyarsk, September 16-19, 2014). Novosibirsk: Publishing House SB RAS, 2014. pp. 40-43.
4. Usoltsev, V.A. *Phytomass and primary products of Eurasian forests. Eurasia : a monograph.* RAS, Ural Branch, Botanical Garden, Usu. - Yekaterinburg, 2010. - 570 p.