

Вид	Латинское название	Участок №:				
		1	2	3	4	5
многолетний						
Сныть обыкновенная	<i>Aegopodium podagraria</i>	Н	В	Н	Н	Б
Фиалка удивительная	<i>Viola mirabilis</i>	Н	Н	Н	Н	В
Щавель обыкновенный	<i>Rumex acetosa</i>	В	Н	Н	В	В

Мы можем разделить растения на пять групп:

1. Первая группа: распространенные растения, встречающиеся на всех участках и во всех исследуемых площадках: Зеленчук желтый (*Lamium galeobdolon*), Недотрога обыкновенная (*Impatiens noli-tangere*) и Кочедыжник женский (*Athyrium filix-femina*).

2. Вторая группа: растение, распространенное на всех исследуемых участках, но встречается реже и не во всех исследуемых площадках: Гравилат промежуточный (*Geum × intermedium*)

3. Третья группа: растения, встречающиеся только на одном участке: Крапива жгучая (*Urtica urens*) на третьем участке, Кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*) на четвертом участке, и Пролесник многолетний (*Mercurialis perennis*) на пятом участке.

4. Четвертая группа: растение, распространенное на участках 1, 4 и 5 и очень редко на участках 2 и 3: Осока волосистая (*Carex pilosa*).

5. Пятая группа: растение, распространенное на четвертом и пятом участках, и редко на остальных участках копытень европейский (*Asarum europaeum*), и другое появилось только на четвертом и пятом участках Будра плющевидная (*Glechoma hederacea*).

Другие виды наблюдались в незначительном количестве, что не позволяет нам сделать определенные выводы об их связи с мезорельефом.

Библиографический список

1. Демидов Ю.В. Травяной напочвенный покров Лесной опытной дачи // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии – 2006.
2. Описание Лесной дачи Петровской сельскохозяйственной академии / Сост. под ред. М.К. Турского. М.: Типография М.Г. Волчанинова – 1893

УДК 574.42

ЭМИССИОННАЯ И АССИМИЛЯЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ В ПОДЧИНЕННОМ ЯРУСЕ В ЭКОСИСТЕМЕ СОСНЯКА ЛИШАЙНИКОВОГО СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Махныкина Анастасия Владимировна, научный сотрудник лаборатории Экспериментальной и прикладной экологии Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, amakhnykina@sfu-kras.ru

Полосухина Дарья Александровна, аспирант кафедры Экологии и природопользования Института экологии и географии Сибирского Федерального Университета, dana_polo@mail.ru

Арясов Владимир Евгеньевич, младший научный сотрудник лаборатории Экспериментальной и прикладной экологии Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, vova_aryasov@mail.ru

Аннотация: *В работе рассмотрены эмиссионные и ассимиляционные потоки CO₂ в подчиненном ярусе леса, проведен анализ их сезонной изменчивости. Установлено, что во второй половине вегетационного сезона отмечается пик ассимиляционной активности и спад эмиссионной, и приводит к балансу двух составляющих в этот период.*

Ключевые слова: *почвенная эмиссия CO₂, ассимиляция, фотосинтез, лишайники, бореальная зона*

Лесные экосистемы северного полушария секвестрируют в своих почвах огромное количество углерода [4]. На сегодняшний день существуют прогнозы и ряд текущих измерений, свидетельствующих о росте эмиссионной активности в данном регионе в связи с происходящими климатическими изменениями, и в частности ростом температуры воздуха [2, 3, 5]. По ряду оценок, экосистемы бореальной зоны сейчас в наибольшей степени подвержены воздействию факторов среды, что может отразиться на смене их функциональной роли, а именно, переключение системы из объекта стока атмосферного CO₂ в его дополнительный источник [1].

Подчиненные ярусы леса до недавнего времени не являлись фокусом внимания при рассмотрении потоков CO₂ в лесной экосистеме. Однако сейчас, достоверно показано, что данный уровень структурной организации лесной экосистемы вносит существенный вклад в формирование баланса углерода [6].

Основной целью данного исследования является оценка эмиссионной и ассимиляционной активности в подчиненной ярусе сосняка лишайникового в течение бесснежного периода на территории бореальной зоны Средней Сибири.

Полигоном для изучения выступила территория Среднеенисейского стационара Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН - «Станция высотной мачты ZOTTO» (60°48' N, 89°21' E). В качестве объектов исследования были выбраны сосняки лишайниковые на песчаных подзолах (Podzols - WRB). В живом напочвенном покрове сосняков лишайниковых преобладают лишайники: *Cladonia stellaris* (40%), *Cladonia rangifera* (55%). На долю кустарничков приходится порядка 4%, а мхов - 1%.

Измерения эмиссионного потока CO₂ проводились с помощью инфракрасного газоанализатора Li-8100A (Li-cor Biogeosciences Inc., Lincoln, USA) с использованием камеры, для замеров темнового дыхания - 8100-103 Survey Chamber. Измерение температуры почвы проводились на трех глубинах – 5, 10 и 15 см от поверхности почвы с помощью почвенного температурного

датчика Soil Temperature Probe Type E (Omega, США). Для измерения объемной влажности SWC (5 см от поверхности почвы) использовался влагомер Theta Probe Model ML (Delta T Devices Ltd., Великобритания). Также в рамках работы мы оценили вклад корневой биомассы в формирование потока CO_2 с поверхности почвы [7].

Фотосинтетическая или ассимиляционная активность определялась для доминантов мохово-лишайникового покрова. Регистрация значений интенсивности фотоассимиляции CO_2 (А) проводилась с помощью системы прямого измерения газообмена напочвенного покрова Walz GFS – 3000. Измерения проводились в условиях полевой лаборатории, где параметры газоанализатора устанавливались под условия окружающей среды: ФАР-1000 $\text{мкмоль м}^{-2} \text{с}^{-1}$, Т (температура) =15-20 °С, концентрация CO_2 в камере 400-470 ppm, RH (относительная влажность) =70-80%. В июле замеры не проводились по техническим причинам.

При анализе результатов было принято во внимание, что для большей достоверности необходимо исключить из расчетов эмиссионный поток, продуцируемый корнями высших растений. Для этого были использованы наши предыдущие оценки, по которым, биомасса корней в 50-сантиметровом слое почвы - составляла порядка 45%, что позволило нам исключить вклад древостоя.

Результаты нашего исследования показывают (рис.), что в начале вегетационного сезона (июнь) эмиссионный поток CO_2 существенно превышает ассимиляционный: фотосинтетическая активность лишайников составляла всего порядка 4% от эмиссионного потока. Однако, в течение сезона можно отметить рост фотоассимиляционной активности. Так в августе А достигла в среднем $0.41 \text{ кг CO}_2 \text{ м}^{-2}$ для *Cladonia stellaris*, и $0.29 \text{ кг CO}_2 \text{ м}^{-2}$ для *Cladonia rangiferina*. В конце сезона (сентябрь) зафиксировано превышение ассимиляционной активности над эмиссионной на 46%.

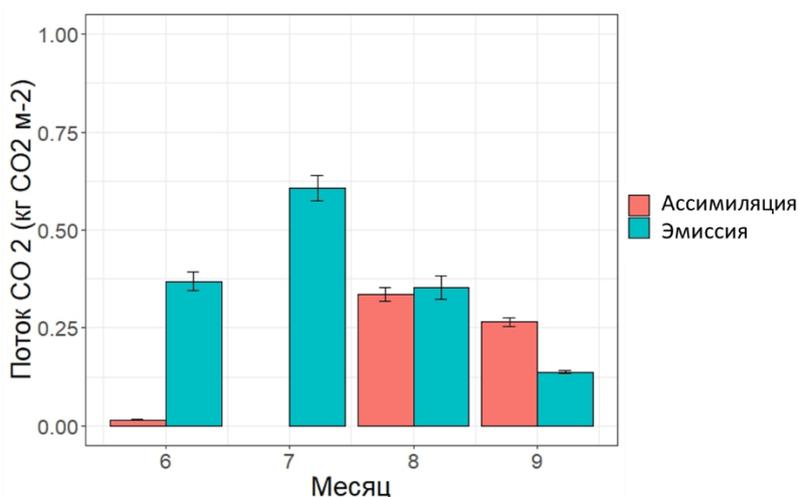


Рис. Сезонные потоки CO_2

Эмиссионный поток CO_2 с поверхности почвы в течение сезона варьировал в широких пределах от 0.13 до $9.08 \text{ мкмоль CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{с}^{-1}$.

Максимальные значения приходятся на середину вегетационного сезона. В среднем за сезон скорость почвенной эмиссии составляет 3.07 ± 0.15 мкмоль $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Кумулятивный поток с поверхности почвы за сезон (июнь-сентябрь включительно) составил 1.47 ± 0.09 кг $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2}$. В качестве основного лимитирующего фактора для эмиссионного потока CO_2 на протяжении всего сезона можно отметить температуру почвы ($r = 0.63$, $p \leq 0.05$).

Таким образом, удалось установить, что в течение вегетационного периода в подчиненном ярусе в сосняке лишайниковом эмиссионные потоки CO_2 преобладают над ассимиляционными в первой половине сезона, достигая балансовых значений к середине сезона. В конце сезона зафиксирован спад эмиссионной активности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, Правительства Красноярского края и Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта № 20-44-243003.

Библиографический список

1. Bradshaw, C.J.A., Warkentin, I.G. Global estimates of boreal forest carbon stocks and flux [Text] / C.J.A. Bradshaw, I.G. Warkentin // *Global and Planetary Change*. - 2015. - Vol.128 - P. 24-30.

2. Kumpu, A., Mäkelä, A., Pumpanen, J., Saarinen, J., Berninger, F. Soil CO_2 efflux in uneven-aged and even-aged Norway spruce stands in southern Finland [Text] / A. Kumpu, A. Mäkelä, J. Pumpanen, J. Saarinen, F. Berninger // *iForest*. - 2018. - Vol. 11. - P. 705-712.

3. Laganière, J., Paré, D., Bergeron, Y., Chen, H.Y.H. The effect of boreal forest composition on soil respiration is mediated through variations in soil temperature and C quality [Text] / J. Laganière, D. Paré, Y. Bergeron, H.Y.H. Chen // *Soil Biol Biochem*. - 2012. - Vol. 53. - P. 18-27.

4. Mukhortova, L., Shvidenko, A., McCallum, I., Kraxner, F. Soil contribution to carbon budget of Russian forests [Text] / L. Mukhortova, A. Shvidenko, I. McCallum, F. Kraxner // *Agricultural and Forest Meteorology*. - 2015. Vol. 200. - P. 97-108.

5. Silva, B.O., Moitinho, M.R., Araújo Santos, G.A., Teixeira, D.B., Fernandes, C., La Scala, N.Jr. Soil CO_2 emission and short-term soil pore class distribution after tillage operations [Text] / B.O. Silva, M.R. Moitinho, G.A. Araújo Santos, D.B. Teixeira, C. Fernandes, N.Jr. La Scala // *Soil Tillage Res*. - 2019. - Vol. 186. - P. 224-232.

6. Smith, R.J., Jovan, S., Gray, A.N., McCune, B. Sensitivity of carbon stores in boreal forest moss mats - effects of vegetation, topography and climate [Text] / R.J. Smith, S. Jovan, A.N. Gray, B. McCune // *Plant Soil*. - 2017. - Vol. 421. - P.31-42.

7. Махныкина, А.В. Влияние температуры и влажности на эмиссионные потоки CO_2 с поверхности почвы в сосняках среднетаежной подзоны Средней Сибири : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 : защищена 11.02.2020 : утв. 25.12.2020 / Махныкина Анастасия Владимировна. - Красноярск, 2020. - 158с. - Библиогр.: с. 135-158.