

Неведров Н.П., Протасова М.В., Балабина Н.А., Довидович Е.Д.
Экологическая оценка пространственной неоднородности и временной изменчивости почвенных потоков CO₂ в экосистемах различного типа (на примере Курской области)

.....
**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**
=====

УДК 574.42

Экологическая оценка пространственной неоднородности и временной изменчивости почвенных потоков CO₂ в экосистемах различного типа (на примере Курской области)

Неведров Н.П., Протасова М.В., Балабина Н.А., Довидович Е.Д.

Курский государственный университет

Аннотация

В статье приведены данные о скорости потоков диоксида углерода с поверхности почв лесных, луговых сообществ и агроэкосистем Курской области. Оценку скорости почвенных потоков CO₂ осуществляли с использованием камерного метода. Установлено, что в июне эмиссия CO₂ с поверхности почв лесных экосистем варьировала в пределах от 10,2 до 41,7 г CO₂ м⁻² сут⁻¹, с поверхности почв агроэкосистем – от 8,2 до 10,6 г CO₂ м⁻² сут⁻¹, а из почв луговых экосистем достигала 37,7 г CO₂ м⁻² сут⁻¹. Выявлено, что скорость почвенных потоков CO₂ в дубравах была выше, чем в сообществе робинии псевдоакация и березняке на 25,6 % и 14,9 % соответственно.

Ключевые слова: ЭМИССИЯ CO₂, СОСНОВЫЙ ЛЕС, БЕРЕЗНЯК, ДУБРАВА, РОБИНИЯ ПСЕВДОАКАЦИЯ, ЧИСТЫЙ ПАР

Введение

Глобальные изменения природы и климата – ключевая экологическая проблема современности [1]. Интенсивное накопление парниковых газов в атмосфере Земли в последние десятилетия приводит к значительным изменениям климата и трансформациям биомов (IPCC, 2007, 2013). Диоксид углерода – важнейший парниковый газ антропогенного происхождения. Концентрация CO₂ в атмосфере аномально растет, что происходит за счет смещения углеродного баланса – эмиссия диоксида углерода в атмосферу преобладает над его секвестрацией биотой и почвами [2, 3].

Неведров Н.П., Протасова М.В., Балабина Н.А., Довидович Е.Д.
Экологическая оценка пространственной неоднородности и временной изменчивости почвенных потоков CO₂ в экосистемах различного типа (на примере Курской области)

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

При этом почвы играют важную роль в динамике углеродного цикла [4] Диоксид углерода, являясь продуктом метаболизма почвенных микроорганизмов и дыхания корней растений, имеет определяющее значение в процессе почвенного дыхания [5, 6], которое в свою очередь является одним из основных показателей для оценки биологической активности почв [7]. Почвенная эмиссия CO₂ может составлять до 90% от общего объема эмиссии этого климатически активного газа в экосистемах [2, 8-10]. Для оптимизации антропогенной нагрузки на почвенный покров важно понимать, какой вклад вносит каждая почвенная разность в общую эмиссию CO₂ и как ее можно использовать в целях снижения темпов климатических изменений [11, 12].

Вклад экосистем России в устойчивость биосферы и глобального климата, безусловно, значим, и в настоящее время имеет недостаточную оценку [13]. Курская область входит в тройку максимально уязвимых к климатическим изменениям регионов России. В то же время регион является относительно слабо изученным в отношении контроля углеродного баланса [14].

В настоящее время крайне необходим постоянный контроль баланса углерода в экосистемах и оценка его изменений в условиях меняющейся природной среды, климата, смены землепользования и уровня агротехники.

Цель работы состояла в экологической оценке пространственной неоднородности и краткосрочной временной динамики потоков CO₂ с поверхности песчаных и суглинистых почв агроэкосистем, луговых и лесных сообществ Курской области.

Объекты и методы исследования

Исследование проводилось в девяти экосистемах различного типа: лесные экосистемы с различным составом лесообразующих пород; луговые сообщества; агроэкосистемы. Объекты исследования расположены на территории Курчатовского и Курского района Курской области.

1. Экосистема «березняк». Первый ярус – доминирование березы белой, единично встречается робиния псевдоакация. Высота древостоя – 10-12 м, возраст – около 40-45 лет, сомкнутость – 75-80 %, подлесок представлен робинией псевдоакацией, дубом черешчатым, лещиной обыкновенной (высота древостоя 1,5-3 м). Третий ярус – люпин куртинами, молочай, ромашка, репешок, райграс. Четвертый ярус – клевер красный,

одуванчик обыкновенный, осоки, злаки (проективное покрытие травостоя – 60-65 %). Тип почвы – темно-серая типичная среднесуглинистая, на тяжелом лессовидном суглинке.

2. Экосистема «дубрава» представлена насаждением дуба черешчатого возрастом 15-20 лет. В первом ярусе преобладает дуб черешчатый (высота 4-6 м) и единично встречается береза белая, робиния псевдоакация (сомкнутость древостоя 55%). Травянистый ярус – злаки, бобовые, осоки (проективное покрытие травостоя 35%). Тип почвы – темно-серая типичная среднесуглинистая, на тяжелом лессовидном суглинке.

3. Экосистема «сомкнутая био группа робинии псевдоакации». Возраст – 35-40 лет. В первом ярусе – полное доминирование робинии, высота древостоя – 9–10 м, сомкнутость – 80 %. Травянистые ярус – крапива двудомная, клевер белый, горошек мышиный, осоки, злаки (проективное покрытие травостоя 45-50%). Тип почвы – темно-серая типичная среднесуглинистая, на тяжелом лессовидном суглинке.

4. Экосистема «луг» – зверобой продырявленный, люцерна серповидная, хвощ луговой, репешок обыкновенный, клевер красный, клевер белый, клевер пашенный, одуванчик обыкновенный, тысячелистник, молочай, полынь горькая, цикорий, медуница, козлородник, осоки, злаки. Проективное покрытие 90-95 %. Тип почвы – темно-серая типичная среднесуглинистая, на тяжелом лессовидном суглинке.

5. Экосистема «сосновый лес» – первый ярус сосна обыкновенная, высота 16-18 м, сомкнутость 75-80%. Подлесок представлен лиственными породами дуба черешчатого, клена остролистного, клена ясенелистного, тополя дрожащего (высота 9-11 м). Травянистый ярус – злаки, осоки, розоцветные (проективное покрытие травостоя 15-20 %). Тип почвы – темно-серая типичная карбонатная среднесуглинистая, на тяжелом карбонатном лессовидном суглинке.

6. Экосистема «чистый пар». Тип почвы – агросерая типичная карбонатная среднесуглинистая, на тяжелом карбонатном лессовидном суглинке.

7. Экосистема «агроценоз» представлена полем, на котором в исследуемом году возделывается пшеница. Тип почвы – агротемно-серая типичная карбонатная среднесуглинистая, на тяжелом карбонатном лессовидном суглинке.

8. Экосистема «сосняк зеленомошный». Монодоминантное насаждение сосны обыкновенной, возраст – 70 лет, высота древостоя 18-20 м, сомкнутость 65 %. Подлесок представлен лиственными породами дуба черешчатого, березы белой, осины (высота 3-5

Неведров Н.П., Протасова М.В., Балабина Н.А., Довидович Е.Д.
Экологическая оценка пространственной неоднородности и временной изменчивости почвенных потоков CO₂ в экосистемах различного типа (на примере Курской области)

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

м). Кустарниковый ярус – малина обыкновенная, ежевика, травянистый ярус – злаки, напочвенный покров – мхи, отмечены мертвопокровные участки леса на пройденных низовыми пожарами территориях. Тип почвы подзол иллювиально-железистый песчаный на песчаных древнеаллювиальных и флювиогляциальных отложениях.

9. Экосистема «лиственный лес». Сообщество лиственного леса в первом ярусе породы березы белой, клена американского, высота древостоя 8-10 м, сомкнутость 70 %, травянистый ярус – злаки. Тип почвы дерново-подзол иллювиально-железистый песчаный на песчаных древнеаллювиальных и флювиогляциальных отложениях.

Экосистемы «сосняк зеленомошный» и «лиственный лес» располагались во второй надпойменной террасе левого берега реки Сейм в Курчатовском районе. Экосистема «сосновый лес» находилась на склоне южной экспозиции (уклон 7°) в селе Троица Курского района. Остальные 7 экосистем располагались на склоне северной экспозиции (уклон 5°) в селе Троица Курского района.

В каждой экосистеме в течение июня 2022 и 2023 годов проводились измерения потоков CO₂ *in situ* камерным методом с использованием инфракрасного газоанализатора типа AZ 7752 (Тайвань), обладающим разрешением 1 ppm. Газоанализатор AZ 7752 калибровали по окружающему воздуху в утренние часы (9–10 ч), принимая, что его концентрация соответствует средней тропосферной (400 ppm) [15]. На каждом участке напочвенные основания диаметром 20 см в пятикратной повторности врезались в почву на глубину 5 см. С помощью специальных зажимов на них закреплялась экспозиционная камера (V = 7,2 литра). Замер проводили в период с 9 до 13 часов в течение пяти дней на каждом участке. Для оценки суточной динамики почвенных потоков CO₂ замеры проводились 3 раза в сутки утром (6.00) в полдень (12.00) и вечером (18.00) в течение 5 дней в третьей декаде июня 2023 года. В каждой точке параллельно с измерением эмиссии CO₂ определяли температуру (термометром Checktemp, Hanna, Германия; усреднение проведено для слоя 0-10 см) и влажность почвы (датчик МГ-44, Россия; интегрирован по глубине 0-15 см) внутри и снаружи каждого основания в трех повторениях, температура воздуха снаружи и внутри камеры. Статистическая обработка данных проводилась с применением Microsoft Excel (2010).

Результаты и обсуждение

Полученные результаты характеризуют повышенную пространственную вариабельность почвенных потоков диоксида углерода, что обусловлено разнообразием факторов, определяющих скорость потоков: тип почвы, гидротермический режим почв, почвенный микробиоценоз, тип растительности, видовой состав растительных сообществ. Максимальная скорость эмиссии наблюдалась в экосистемах соснового леса - 41,7 г CO₂ м⁻² сут⁻¹ и луга - 37,7 г CO₂ м⁻² сут⁻¹ (темно-серые типичные почвы), что, по-видимому, обусловлено количественной и качественной спецификой почвенной биоты – биомасса корней растений, численность и активность почвенных микроорганизмов. Относительно низкие значения скорости потоков CO₂ отмечены в агро темно-серых почвах экосистем «чистый пар» – 8,2 г CO₂ м⁻² сут⁻¹ и «агроценоз» - 10,6 г CO₂ м⁻² сут⁻¹, а также в подзолах и дерново-подзолах экосистем «сосняк зеленомошный» - 10,1 г CO₂ м⁻² сут⁻¹ и «лиственный лес» 11,7 г CO₂ м⁻² сут⁻¹ (рис. 1).

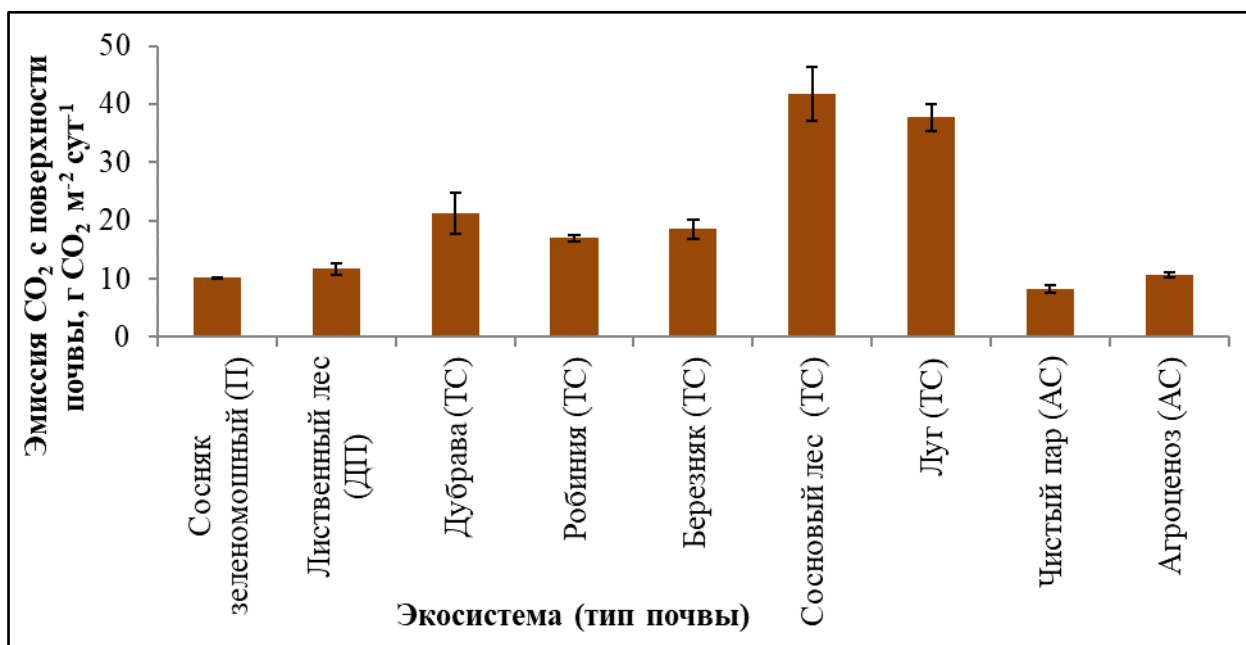


Рис. 1. Пространственная вариабельность показателя эмиссии CO₂ с поверхности почв исследуемых экосистем

Такие значения можно объяснить как природными особенностями почв (низкое содержание органического вещества, низкая влагоемкость, низкая микробиологическая активность) в случае с подзолами и дерново-подзолами, так и антропогенным

преобразованием свойств почв (отсутствие корневого дыхания, снижение биологического разнообразия почвенной биоты, деградация органического вещества в ходе эрозийных процессов, интенсивный биологический вынос, применение химических средств защиты растений) в случае с агросерыми почвами.

Расположенные на одном склоне сообщества дубравы, березняка и робинии также имели существенные различия показателя эмиссии CO₂, где скорость потоков с поверхности темно-серых почв дубравы была на 25,6 % выше, чем из почв сомкнутых биогрупп робинии и на 14,9 % выше, чем из почв березняка. В этом случае пространственную вариабельность можно объяснить различиями в видовом разнообразии растительности лесных сообществ. Видовое богатство и видовая насыщенность фитоценоза дубравы были выше, чем в сообществе березового и робиниевого лесов. Также относительное повышение скорости почвенных потоков в дубраве могло происходить в виду более низкого возраста лесного сообщества.

Интенсивность потоков CO₂ во многом зависит от сочетания факторов температуры и влажности почвы. Гидротермический режим почв исследуемых экосистем значимо различался. Подзолы и дерново-подзолы сосняка зеленомошного и лиственного леса характеризовались минимальными значениями влажности (рис. 2).

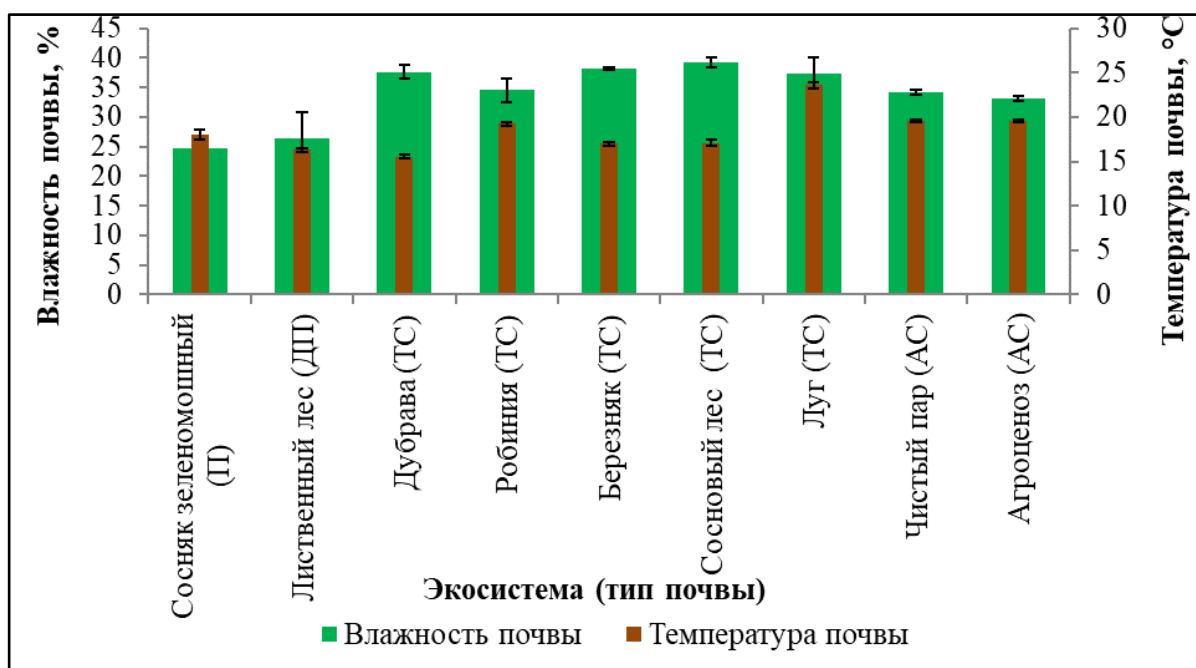


Рис. 2. Пространственная вариабельность показателей влажности и температуры почв исследуемых экосистем

Анализ полученных данных температуры гидротермического режима темно-серых и агро темно-серых почв показал, что исследуемые лесные экосистемы отличались повышенными значениями влажности и пониженной температурой относительно почв агроэкосистем (рис. 2). В целом, экосистемы с большей мощностью напочвенного покрова и более плотным проективным покрытием характеризовались меньшей температурой почв (рис. 2).

Установлены положительные корреляционные связи между скоростью эмиссии CO₂ с поверхности почв и влажностью почвы ($r = 0,65$). Корреляция между эмиссией CO₂ и температурой почвы в исследуемых экосистемах низкая – $r = 0,24$.

Суточная динамика показателя эмиссии CO₂ из темно-серых и агросерых типичных почв исследуемых экосистем несколько различалась (рис. 3).

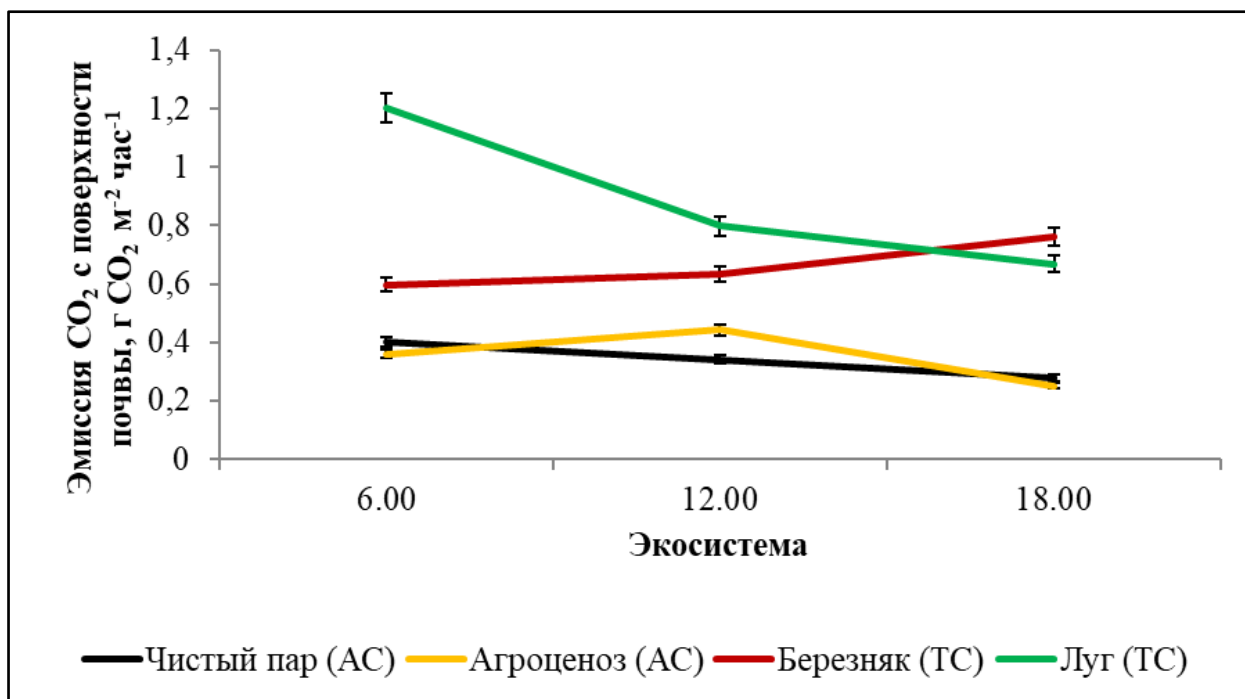


Рис. 3. Суточная динамика эмиссии CO₂ с поверхности темно-серых (ТС) и агросерых типичных (АС) почв природных и антропогенных экосистем

В почвах чистого пара и луга максимальные значения эмиссии CO₂ наблюдались в утренние часы – 0,40 – 1,20 г CO₂ м⁻² час⁻¹, а к вечеру скорость потоков последовательно снижалась до значений 0,27 – 0,67 г CO₂ м⁻² час⁻¹. В почвах экосистемы березняк наблюдалась обратная тенденция – минимальные значения скорости потоков отмечены в

Неведров Н.П., Протасова М.В., Балабина Н.А., Довидович Е.Д.
Экологическая оценка пространственной неоднородности и временной изменчивости почвенных потоков CO₂ в экосистемах различного типа (на примере Курской области)

.....
**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**
=====

утренние часы (0,59 г CO₂ м⁻² час⁻¹), максимальные – вечернее время (0,76 г CO₂ м⁻² час⁻¹). Максимальные значения скорости почвенных потоков CO₂ из агросерых почв экосистемы «агроценоз» отмечались в полдень 0,44 г CO₂ м⁻² час⁻¹, минимальная скорость потока фиксировалась в вечернее время и составляла 0,25 г CO₂ м⁻² час⁻¹. В целом, значения скорости эмиссии CO₂ с поверхности почв исследуемых экосистем, отмеченные в полдень, на всех участках совпадали со среднесуточными значениями. Разница в суточных ритмах почвенного дыхания, по-видимому, обусловлена особенностями фитоценозов на исследуемых участках.

Выводы

1. Эмиссия CO₂ с поверхности почв лесостепной зоны характеризуется повышенной пространственной вариабельностью. Июньские значения показателя для подзолов песчаных и дерново-подзолов песчаных сосновых и лиственных лесов составляли 10,2 - 11,7 г CO₂ м⁻² сут⁻¹, для темно-серых типичных почв лесных и луговых экосистем – 16,9 – 41,7 г CO₂ м⁻² сут⁻¹, для агросерых почв агроэкосистем - 8,2 - 10,6 г CO₂ м⁻² сут⁻¹.

2. Полуденные значения скорости почвенных потоков для темно-серых и агросерых типичных почв на всех исследуемых участках совпадали со среднесуточными значениями и составляли 0,66 – 0,88 г CO₂ м⁻² час⁻¹ для темно серых типичных почв и 0,34 – 0,35 г CO₂ м⁻² сут⁻¹ для агротемно-серых типичных почв.

3. В лесных экосистемах, функционирующих на темно-серых почвах при относительно идентичных собственно почвенных условиях скорость почвенных потоков CO₂ в дубравах была на 25,6 % выше, чем в сообществе робинии и на 14,9 % выше, чем в березняке.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы «УМНИК» Фонда содействия инновациям, договор № 17460ГУ/2022.

Список использованных источников:

1. Комарова Т.В. Сезонная динамика почвенных потоков CO₂ и запасов органического углерода в сукцессиях зарастания залежи на территории Центрально-

Неведров Н.П., Протасова М.В., Балабина Н.А., Довидович Е.Д.
 Экологическая оценка пространственной неоднородности и временной изменчивости почвенных
 потоков CO₂ в экосистемах различного типа (на примере Курской области)

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
 =====

Лесного заповедника // Сборник трудов Международной молодежной научной конференции «Почва и бобовые – симбиоз для жизни». – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева: Евразийский центр по производственной безопасности. – 2016. – С. 191-194.

2. Кудеяров В.Н. Роль почв в круговороте углерода // Почвоведение. – 2015. – № 8. – С. 915–923.

3. Тембо А., Самарджич М., Васенев В.И., Рыжков О.В., Морев Д.В., Васенев И.И. Анализ основных факторов, влияющих на почвенную эмиссию углекислого газа черноземами Стрелецкой степи // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. – С. 519.

4. Friedlingstein P., Dufresne J.L., Cox P.M., Rayner P. “How positive is the feedback between climate change and the carbon cycle?” // Tellus. – 2003. – V. 55B. – P. 692–700.

5. Комарова Т.В., Васенев И.И., Алилов Д.Р., Таллер Е.Б. Экологическая оценка сукцессионной динамики почвенных запасов углерода и потоков CO₂ в столетнем ряду зарастания залежи Центрально-Лесного заповедника // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2018. – № 3. – С. 30-30.

6. Ларионова А.А., Розонова Л.Н. Суточная, сезонная и годовая динамика выделения CO₂ из почвы // Дыхание почвы. Заварзин Г.А., Кудеяров В.Н. (ред.) Пушино, Пушкинский научный центр. – 1993. – С. 59-75.

7. Ремезов Н.П. Роль биологического круговорота элементов в почвообразовании под пологом леса // Почвоведение. – 1956. – № 7.

8. Национальный атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель, АСТ. – 2011. – С. 632.

9. Смагин А.В. Газовая функция почв // Почвоведение. – 2000. – № 10. – С. 1211–1223.

10. Swift S. Sequestration of carbon by soil // Soil Sci. – 2011. – V. 166. – P. 858–871.

11. Саржанов Д.А., Васенев В.И., Сотникова Ю.Л., Тембо А., Васенев И.И., Валентини Р. Краткосрочная динамика и пространственная неоднородность эмиссии CO₂ почвами естественных и городских экосистем Центрально-черноземного региона // Почвоведение. – 2015. – № 4. – С. 469–478.

12. Pouyat R.V., Yesilonis I.D., Nowak D.J. Carbon storage by urban soils in the United States // J. Environ. Qual. – 2006. – V. 35. – P. 566–575.

13. Мильхеев Е. Ю., Цыбенков Ю. Б. Интенсивность эмиссии CO₂ лесостепными почвами Забайкалья // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2011. – № 3. – С. 103–106.

14. Неведров Н.П., Саржанов Д.А., Проценко Е.П., Васенев И.И. Пространственно-временная изменчивость эмиссии CO₂ из альфегумусовых песчаных почв лесостепной зоны на примере г. Курска // Почвоведение. – 2022. – № 11. – С. 1366-1377.

15. Карелин Д.В., Люри Д.И., Горячкин С.В., Лунин В.Н., Кудиков А.В. Изменение почвенной эмиссии диоксида углерода в ходе постагрогенной сукцессии в черноземной лесостепи // Почвоведение. – 2015. – № 11. – С. 1354–1366.

Неведров Н.П., Протасова М.В., Балабина Н.А., Довидович Е.Д.
Экологическая оценка пространственной неоднородности и временной изменчивости почвенных потоков CO₂ в экосистемах различного типа (на примере Курской области)

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====
=====
Цитирование:

Неведров Н.П., Протасова М.В., Балабина Н.А., Довидович Е.Д. Экологическая оценка пространственной неоднородности и временной изменчивости почвенных потоков CO₂ в экосистемах различного типа (на примере Курской области) [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 4. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/4/st_407.pdf.
DOI: <https://doi.org/10.51419/202134407>.