

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 1 (88). С. 93–100.
Forests of Russia and economy in them. 2024. № 1 (88). P. 93–100.

Научная статья
УДК 631.42(470.57)
DOI: 10.51318/FRET.2023.88.1.009

АНАЛИЗ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ НА УЧАСТКАХ КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Регина Рафаиловна Байтурина¹, Рида Разябовна Султанова²

^{1,2} Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

¹ aspirant_bsau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8156-2165>

² vestnik-bsau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0415-7342>

Аннотация. Оценка показателей пространственного распределения углерода в почве, верифицированных с помощью структурного состава почвы насаждений, является важным процессом для оценки углеродного запаса почвы в лесных экосистемах. В основе оценки показателей пространственного распределения углерода лежит исследование структурного состава почвы насаждений путем проведения инвентаризации на местности. Это включает в себя изучение вертикального и горизонтального распределения различных компонентов почвы, таких как органическая материя, минеральные фракции и прочие вещества, способствующие увеличению углеродного запаса. Одним из направлений решения вопросов углеродной компенсации и углеродной экономики становятся организуемые в российских регионах углеродные полигоны. Цель исследования – определение потоков углерода на поверхности лесных почв пилотного карбонового полигона на территории Республики Башкортостан. Для верификации полученных данных проведены лабораторные анализы почвенных образцов, полученных из разных глубин и зон исследования. С помощью таких анализов можно определить содержание органического углерода в почве, плотность почвы, структуру, гранулометрический состав и другие характеристики. Оценка показателей пространственного распределения углерода в почве осуществляется с использованием методик, которые базируются на верифицированных данных о составе и свойствах почвы насаждений. В данной методике используются следующие шаги: сбор и анализ образцов почвы – отбирают образцы почвы из разных точек исследуемого участка. Образцы должны быть представительными и включать разные горизонты почвы. Затем проводятся анализы образцов для определения физико-химических показателей. При определении деструкционной части углеродного цикла под лесопокрытой площадью в весенний период получены показатели эмиссии потоков газов CH_4 , CO_2 и H_2O . Определено, что продуцирование соединений углерода и количество потока водорода на участках зависит от лесопокрытости территории.

Ключевые слова: карбоновый полигон, эмиссии потоков газов CH_4 , CO_2 и H_2O , Республика Башкортостан

Финансирование: исследование выполнено в рамках программы Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «ПРИОРИТЕТ 2030» (Национальный проект «Наука и университет»).

Для цитирования: Байтурина Р. Р., Султанова Р. Р. Анализ запасов углерода в почвах на участках карбонового полигона республики Башкортостан // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 1 (88). С. 93–100.

Original article

ANALYSIS OF SOIL CARBON STOCKS IN THE CARBONIFEROUS AREAS OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Regina R. Bayturina¹, Rida R. Sultanova²

^{1,2} Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

¹ aspirant_bsau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8156-2165>

² vestnik-bsau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0415-7342>

Abstract. Estimation of soil carbon spatial distribution indicators verified using the structural composition of plantation soil is an important process for estimating soil carbon stock in forest ecosystems. The estimation of spatial carbon distribution indicators is based on the investigation of the structural composition of plantation soils by conducting a field inventory. This involves examining the vertical and horizontal distribution of various soil components such as organic matter, mineral fractions and other substances that contribute to the carbon stock. One of the directions of solving the issues of carbon offsetting and carbon economy are becoming organized in Russian regions carbon polygons. The purpose of the study is to determine the carbon fluxes on the surface of forest soils of the pilot carbon polygon on the territory of the Republic of Bashkortostan. To verify the obtained data, laboratory analyses of soil samples obtained from different depths and study zones were carried out. With the help of such analyses it is possible to determine the content of organic carbon in soil, soil density, structure, granulometric composition and other characteristics. Evaluation of indicators of spatial distribution of carbon in soil is carried out using a methodology that is based on verified data on the structural composition of the soil of plantations. This methodology uses the following steps: collection and analysis of soil samples – soil samples are collected from different points of the study area. The samples should be representative and include different soil horizons. The samples are then analyzed to determine physicochemical parameters. In determining the destructive part of the carbon cycle under the forested area during the spring period, the emission rates of CH₄, CO₂ and H₂O gas fluxes were obtained. It was determined that the production of carbon compounds and the amount of hydrogen flux in the plots depends on the forest cover of the area.

Keywords: Carboniferous landfill, CH₄, CO₂ and H₂O gas flux emissions, Republic of Bashkortostan

Funding: this study was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation «PRIORITY 2030» (National Project «Science and University»).

For citation: Bayturina R. R., Sultanova R. R. Analysis of soil carbon stocks in the carboniferous areas of the republic of Bashkortostan // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 1 (88). С. 93–100.

Введение

Значительные запасы углерода на территории России накапливаются в лесах, почве и вечной мерзлоте. Невозможно недооценить существенную роль углерода в балансе глобального биогеохимического цикла и парниковых газов, который обусловливается стабильностью почвенного покрова. Увеличение накопления углерода и уменьшение выбросов парниковых газов возможно при уникальной функции почвы самоочищаться и самовосстанавливаться. Как отмечают многие исследователи (Abakumov, Polyakov, 2021), одним из методов в решении вопросов углеродной компенсации и углеродной экономики становятся организуемые в российских регионах углеродные полигоны.

Цель, методика и объекты исследования

Цель исследования – определение потоков углерода на поверхности лесных почв пилотного карбонового полигона на территории Республики Башкортостан.

По лесному районированию участок располагается в Южно-Уральском лесостепном районе. Целевое назначение участка – защитные леса;

категория – леса, выполняющие функции защиты природных и иных объектов, зеленая зона. Преобладающим типом растительности на участке карбонового полигона в учебно-научном центре Башкирского государственного аграрного университета являются леса лесного фонда площадью 2 100 га (рис. 1).

Почвенное обследование проводилось в соответствии с действующим ГОСТ Р 58595–2019. Определение гранулометрического состава проводилось по Н. А. Качинскому (ГОСТ 12536–2014). Структурно-агрегатный состав почв исследован по Н. П. Саввинову (весовой). Определение гумуса произведено по методу Тюрина (ГОСТ 26213–91), кислотности в почве – рН солевой вытяжки (ГОСТ 26483–85), подвижных форм фосфора – по методу Кирсанова (ГОСТ 26207–91), нитратных форм азота и аммиачных форм – ГОСТ 26488–85 и 26489–85, обменных форм калия – ГОСТ 26207–91, гидролитической кислотности – по Каппену (ГОСТ 26212–91), поглощенного кальция и магния в водной вытяжке, а также поглощенных оснований – ГОСТ 26487–85. Почвенное обследование проводилось в соответствии с действующим ГОСТ Р 58595–2019.

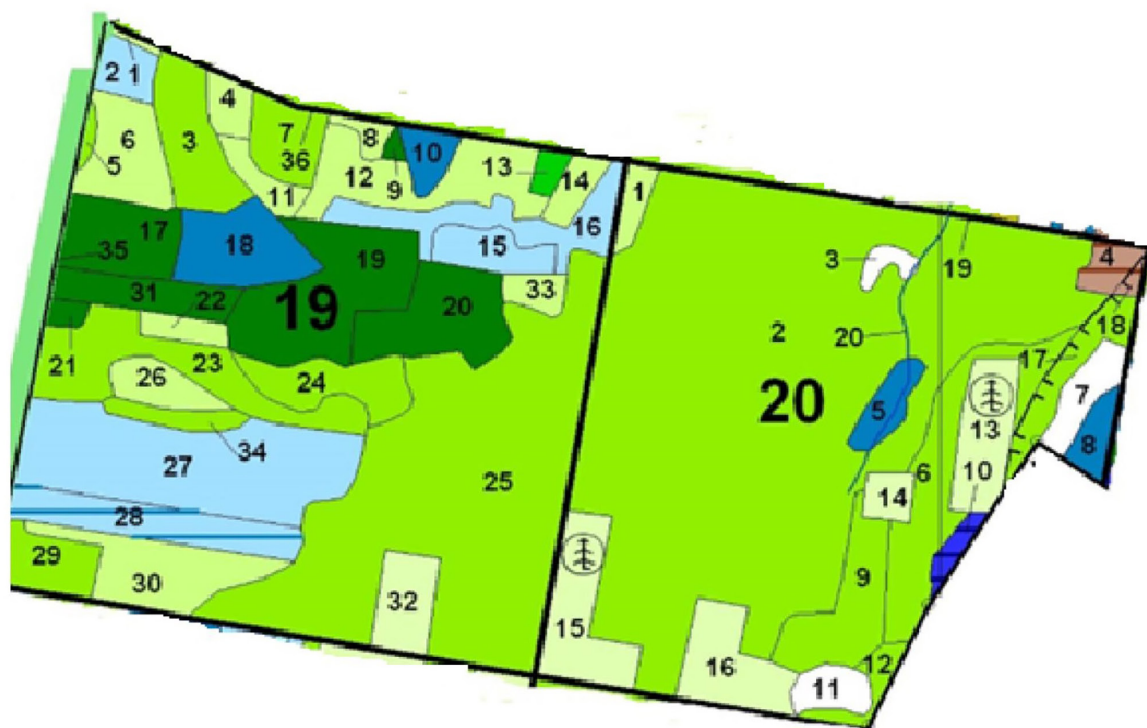


Рис. 1. План лесонасаждений Дмитриевского лесничества
Fig. 1. Forest plantation plan of Dmitrievsky forest area

Показатели почвенного газообмена изучали с использованием инструмента Li-COR и определением потока (давления) газовой смеси, направляющейся из камеры в газоанализатор или пробоотборное устройство, геолокационных (GPS) данных, даты/времени измерений, температуры воздуха внутри камеры, температуры и влажности почвы.

Результаты исследования

Результаты по исследованию сельскохозяйственных почв Предуралья принадлежат ряду авторов – Ф. Ш. Гарифуллин, Ф. Х. Хазиеву, Г. Н. Лысак, А. Ш. Ишемьярову, а по изучению лесопокровных почв – Г. А. Склярору, М. Н. Булангуловой и А. Х. Мукатанову, Г. Ф. Галимову, Ф. Г. Хусаннову, А. Ф. Хайретдинову, З. С. Чурагуловой.

На обследуемых территориях Дмитриевского лесничества в кварталах 19 и 20 выделены черноземы оподзоленные глинисто-иллювиальные типичные. Почвы и почвогрунты по структурно-агрегатному составу отличаются (табл. 1). Коэффициент структурности в гумусовом слое исследованных почв под лесонасаждениями больше 3,9.

Показатели коэффициента структурности в гумусовом слое исследованных почв различные и уменьшаются в зависимости от глубины взятия пробы. Гранулометрический состав в основном тяжелосуглинистый (табл. 2).

В табл. 2 приводится гранулометрический состав почв, определенный по содержанию фракции (сумма фракций размером <0,01) – физической глине (40,6 %), характеризуется тяжелосуглинистым.

В исследованных почвах гумус значительно различается: от 1,2 до 9,8 %, в верхнем гумусовом горизонте составляет 9,8 %.

Актуальным является вопрос о содержании питательных веществ в изученных почвах и отношении к нему древесных пород. В изучаемых почвах сравнительная обеспеченность подвижным калием более высокая, чем обеспеченность фосфором. Подвижные формы фосфора колеблются в значительных пределах от 38 до 82 мг/кг почвы. Обменные формы калия варьируют от 78 до 113 мг/кг почвы (рис. 2).

Реакция почвенного раствора, определенная в солевой вытяжке (рН KCl), в верхнем гумусовом горизонте в черноземах близкая к нейтральной (рН 5,8–5,9).

Гидролитическая кислотность и содержание поглощенных оснований варьируют в широких пределах, поэтому степень насыщенности основаниями в разрезе колеблется от 89,7 до 92,5 %, а в верхней части находится в пределах 89,7 %.

При визуальном изучении почвенного профиля были определены следующие характеристики (рис. 3).

Таблица 1
Table 1

Структурно-агрегатный состав почв
Structural aggregate composition of soils

№ разреза № of cut	Глубина образца Sample depth	Структурные фракции, %, размер агрегатов, мм StruCtural fractions, %, aggregate size, mm							Коэф- фициент структур- ности Structural coefficient
		более / more than 10	10–5	5–3	3–1	1–0,5	1–0,25	менее 0,25 less than 0,25	
1	A	16,1	12,5	21,1	32,0	4,8	9,3	4,2	3,9
2	A1	19,1	31,3	23,9	20,0	2,0	2,6	1,1	4,0
3	B	44,7	32,8	12,8	7,9	0,6	0,6	0,6	1,2
4	BC	55,8	24,3	10,4	7,6	0,8	0,6	0,5	0,8
5	C	59,3	22,7	8,9	7,3	0,6	0,4	0,8	0,7

Таблица 2
Table 2

Гранулометрический состав почв ПП
Granulometric composition of soils of the sample

№ разреза № of cut	Глубина образца Sample depth	Particle size fractions in mm and their content in %							Название почвы по гранулометрическому составу Soil name by granulometric composition
		1–0,25 (крупный + средний песок)/ (coarse + medium sand)	0,25–0,05 (мелкий песок)/ (fine sand)	0,05–0,01 (крупная пыль)/ (coarse dust)	0,01–0,005 (средняя пыль)/ (medium dust)	0,005–0,001 (мелкая пыль)/ (fine dust)	менее 0,001 (ил)/ less than 0,001 (sludge)	менее 0,01 (физическая глина)/ less than 0,01 (physical clay)	
1	A	7,2	37,0	15,2	7,5	12,9	20,2	40,6	Тяжелосугл./ Heavy loam
2	A1	9,6	28,4	20,9	7,4	13,0	20,7	41,1	Тяжелосугл./ Heavy loam
3	B	7,1	19,1	17,6	9,1	13,2	34,0	56,3	Легкоглин./ Light loamy
4	BC	4,9	18,7	15,2	8,0	12,3	40,8	61,2	Легкоглин./ Light loamy
5	C	3,4	14,1	23,8	5,1	10,8	43,0	58,8	Легкоглин./ Light loamy

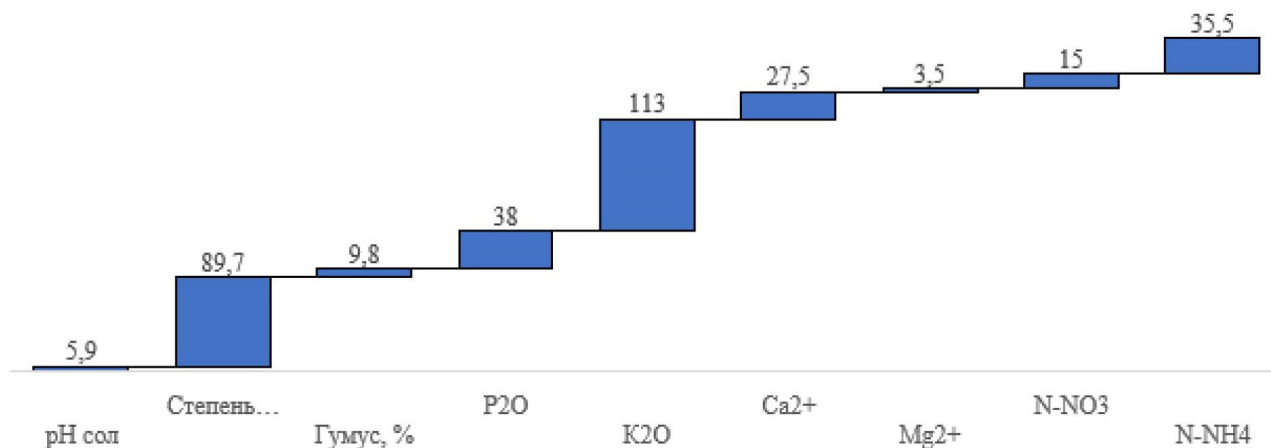


Рис. 2. Физико-химические показатели почв в черноземах верхнего горизонта
Fig. 2. Physical and chemical Parameters of soils in chernozems of the upper horizon

Изучение лесорастительных свойств почв только определением вышеперечисленных показателей не дает полного представления об их лесорастительном и экологическом потенциале. Если рассматривать породный состав древостоев в зависимости от типовой принадлежности почв, то можно выявить определенные закономерности. Так, на черноземных почвах преобладают насаждения с доминированием в составе липы. Были

определены таксационные показатели древостоя на черноземном участке.

Состав: 10ЛП+ИЛ+Б+КЛ+ЛП+Д; ярус (1), высота яруса (24); элементы леса:

1) ЛП (липа мелколистная), возраст (95), высота (24), диаметр (36), класс возраста (10), группа возраста (4), бонитет (2), тип леса (СН), полнота (0,6), класс товарности (2);

2) ИЛ (ильм), возраст (85);

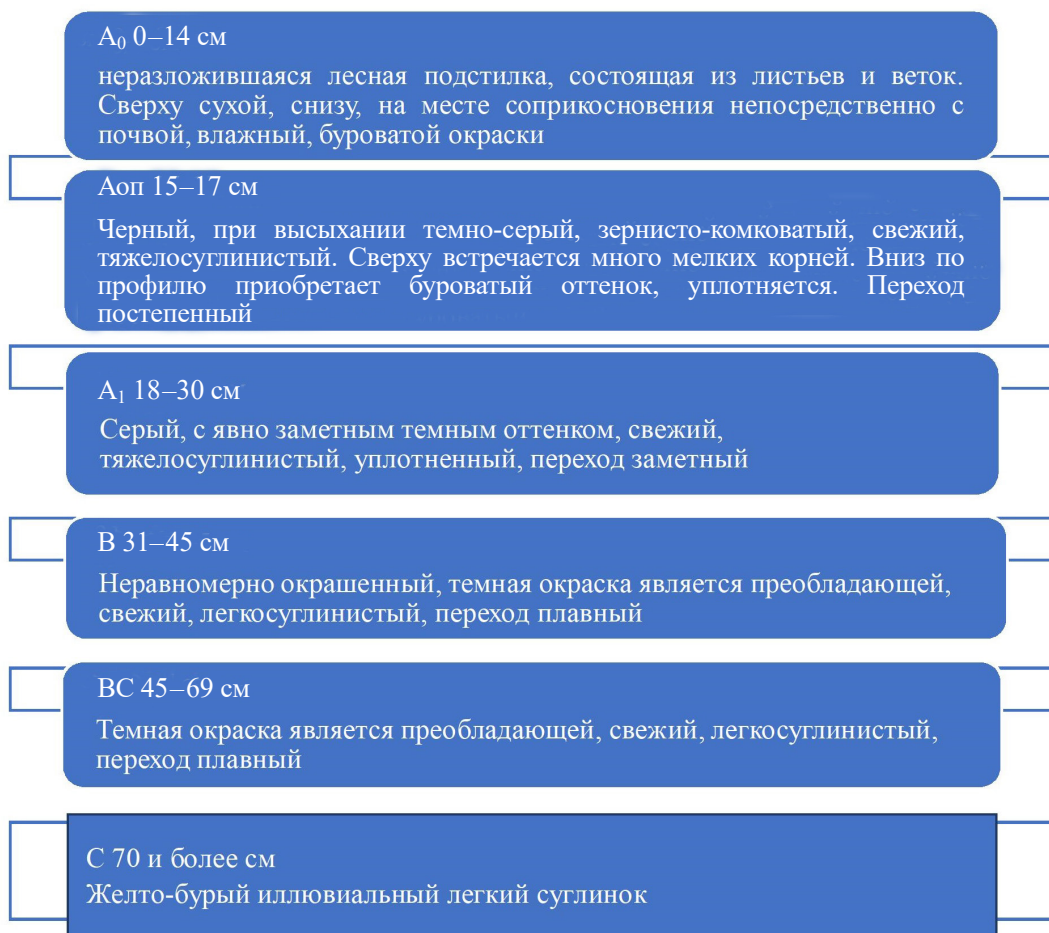


Рис. 3. Характеристика почвенных горизонтов
Fig. 3. Characteristics of soil horizons

- 3) Б (береза повислая), возраст (85);
- 4) КЛ (клен остролистный), возраст (65);
- 5) ЛП (липа мелколистная), возраст (60);
- 6) Д (дуб черешчатый), возраст (110).

Подрост:

5КЛЗИЛ2ЛП (20) 5,0 м, 3,0 тыс. шт./га, благонадежный.

Подлесок: ЧР ЛЩ средний.

Класс пожарной опасности – 4, высота варьирует, диаметр варьирует.

В настоящее время широко обсуждается вопрос влияния различных факторов на содержание CO₂, CH₄ в почвах. Эмиссия почвой парниковых газов является динамичным показателем, значительно варьирующим в пространстве и во времени. Микробная активность, корневое дыхание, процессы биохимического распада, а также гетеротрофное дыхание почвенной фауны и грибов приво-

дят к образованию парниковых газов в почвах. Величина эмиссии определяется множеством факторов – влажностью, температурой почвы, растительным покровом, pH почвы, внесением удобрений, режимом землепользования и др. (Федоров Ю. А. и др., 2021; Deep autotrophic soil..., 2012).

Эмиссия углекислого газа – процесс, характеризующий выделение его с поверхности почвы в атмосферу. В то же время почва сама служит резервуаром, аккумулирующим углекислоту. Углерод, накапливающийся и содержащийся в гумусе почв, может служить стоком углекислого газа в течение сотен лет.

Определением деструкционной части углеродного цикла под лесопокрытой площадью в весенний период получены показатели эмиссии потоков газов CH₄, CO₂ и H₂O (рис. 4).

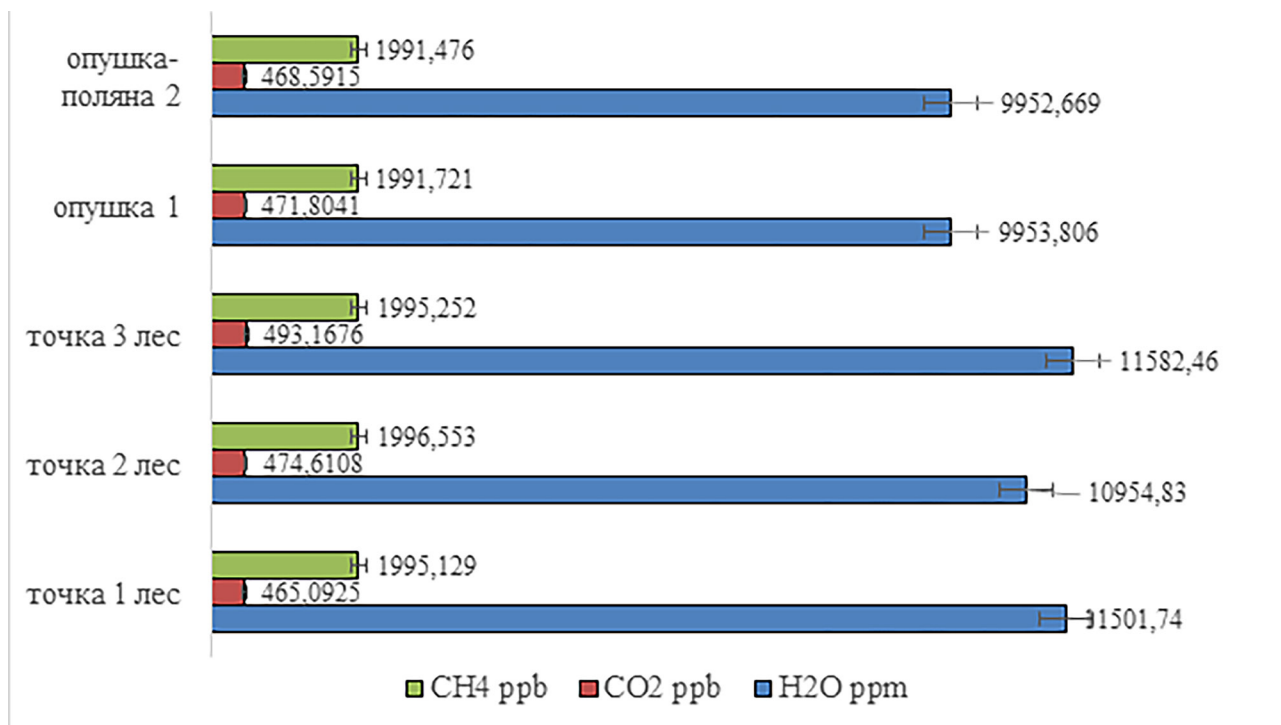


Рис. 4. Изменения потоков CH₄, CO₂ и H₂O в почве
 Fig. 4. Changes in the fluxes of CH₄, CO₂ and H₂O in the soil

Результатами исследований установлено, что продуцирование соединений углерода и количество потока водорода на участках зависит от степени покрытости почвы растениями. В этом плане важным моментом должно быть связывание углерода в составе почвенного органического вещества, надземной и подземной биомассы живых организмов.

Заключение

Для получения наиболее объективной оценки дегазации почвы содержание почвенного углерода необходимо оценивать во взаимосвязи с видом землепользования исследуемого участка, его растительным покровом и климатическими условиями. Как показали исследования, накопление

почвенного органического углерода во многом зависит от растительного покрова. Любое изменение в землепользовании может значительно изменить соответствующие характеристики источника или поглотителя атмосферного CO₂ и других парниковых газов. Виды растений различаются по глубине корней и пространственному распределению.

Таким образом, одним из основных методов депонирования углерода в атмосферном воздухе становится защита и разведение лесов, способствующих частичному сбалансированию огромных выбросов углекислого газа в атмосферу. Отметим, что исследования роли насаждений в количественном содержании CO₂ и CH₄ расширяются с каждым годом.

Список источников

- ГОСТ Р 58595–2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Почвы. Отбор проб : утв. и введен в действие приказом Госстандарта от 10.10.2019 № 954-ст. URL: <https://fsvps.gov.ru/fsvps-docs/ru/> (дата обращения: 17.05.2023).
- Федоров Ю. А., Сухоруков В. В., Трубник Р. Г. Аналитический обзор: эмиссия и поглощение парниковых газов почвами. Экологические проблемы // Антропогенная трансформация природной среды. 2021. Т. 7. № 1. С. 6–34. DOI: 10.17072/2410-8553-2021-1-6-34

- Abakumov E., Polyakov V.* Carbon Polygons and Carbon Offsets : Current State, Key Challenges and Pedological Aspects. *Agronomy*. 2021; 11(10):2013. DOI: 10.3390/agronomy11102013
- Deep autotrophic soil respiration in shrubland and woodland ecosystems in central New Mexico / *D. O. Brecker, L. D. McFadden, Z. D. Sharp, M. Martinez, M. E. Litvak* // *Ecosystem* 15. 2012. P. 83–96.
- Poeplau C., Don A.*, 2013. Sensitivity of soil organic carbon stocks and fractions to different land-use changes across Europe. *Geoderma*, 192, P. 189–201.
- Soil carbon dioxide emission and carbon content as affected by irrigation, tillage, cropping system, and nitrogen fertilization / *U. M. Sainju, J. D. Jabro, W. B. Stevens* // *Environ. Qual.* 37. 2008. P. 98–106.

References

- GOST R 58595-2019. National Standard of the Russian Federation. Soils. Sampling : Approved and put into effect by Order № 954-st of the State Standard of 10.10.2019. URL: <https://fsvps.gov.ru/fsvps-docs/ru/> (accessed 17.05.2023).
- Fedorov Yu. A., Sukhorukov V. V., Trubnik R. G.* Analytical review: emission and absorption of greenhouse gases by soils. *Environmental problems // Anthropogenic transformation of the natural environment*. 2021. T. 7. № 1. P. 6–34. DOI: 10.17072/2410-8553-2021-1-6-34 (In Russ.).
- Abakumov E., Polyakov V.* Carbon Polygons and Carbon Offsets : Current State, Key Challenges and Pedological Aspects. *Agronomy*. 2021; 11(10):2013. <https://doi.org/10.3390/agronomy11102013>
- Deep autotrophic soil respiration in shrubland and woodland ecosystems in central New Mexico / *D. O. Brecker, L. D. McFadden, Z. D. Sharp, M. Martinez, M. E. Litvak* // *Ecosystem* 15. 2012. P. 83–96.
- Poeplau C., Don A.*, 2013. Sensitivity of soil organic carbon stocks and fractions to different land-use changes across Europe. *Geoderma*, 192, P. 189–201.
- Soil carbon dioxide emission and carbon content as affected by irrigation, tillage, cropping system, and nitrogen fertilization / *U. M. Sainju, J. D. Jabro, W. B. Stevens* // *Environ. Qual.* 37. 2008. P. 98–106.

Информация об авторах

- Р. Р. Байтурина* – кандидат биологических наук, доцент;
Р. Р. Султанова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors

- R. R. Baiturina* – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;
R. R. Sultanova – Doctor of Agricultural Sciences.

Статья поступила в редакцию 27.06.2023; принята к публикации 02.10.2023.
The article was submitted 27.06.2023; accepted for publication 02.10.2023.
