

*В.И. Кулагина, А.Б. Александрова, С.С. Рязанов,  
Р.Р. Шагидуллин, К.А. Гордеева, Э.Х. Рупова*

*Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, viksoil@mail.ru*

## ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ САРАЛИНСКОГО УЧАСТКА ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

В статье приведены результаты расчетов запасов органического углерода в слое 0-30 см лесных почв Саралинского участка Волжско-Камского заповедника. Расчеты проводились тремя способами с использованием справочных величин, а также полевых и лабораторных данных. Для определения общих запасов органического углерода справочные данные привязывались к карте лесной таксации, а данные, полученные в результате натуральных измерений – к карте лесной таксации и почвенной карте. Составлены картограммы запасов органического углерода в почвах, рассчитанных разными способами. Показано, что использование справочных величин при расчете общих запасов органического углерода на территории с преобладанием дерново-подзолистых почв ведет к получению завышенных результатов по сравнению с расчетами по натурным измерениям: при привязке к карте лесной таксации – на 20%, к почвенной карте – на 40%.

*Ключевые слова:* почва; гумус; запасы углерода; депонирование углерода; лесные экосистемы.

DOI: <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2024.1.50.56>

### Введение

В «Климатической доктрине Российской Федерации» (2023) поставлена задача: достичь углеродной нейтральности страны к 2060 году за счет низкоуглеродной экономики и увеличения поглощающей способности управляемых экосистем.

В настоящее время лесные экосистемы рассматриваются как наиболее перспективные объекты для секвестрации и длительного депонирования углерода. Уровень поглощения можно определить по изменению запасов углерода в экосистеме за определенный период времени. Углерод депонируется в разных компонентах лесных экосистем, при этом наименее изучены запасы углерода в почвах.

Несмотря на то, что количество исследований, посвященных изучению запасов органического углерода в почвах лесов России, постепенно увеличивается (Осипов, 2023; Бобрик и др., 2018; Чернова и др., 2020; Кузнецова и др., 2020; Щепаченко и др., 2013; Chernova et al., 2021; Osipov et al., 2021), фактических данных до сих пор недостаточно. Крупно- или среднemasштабные почвенные карты имеются далеко не для всех лесных земель. В рамках государственной инвентаризации лесов определение показателей накопления углерода в почвах не проводилось (Филипчук и др., 2022). В связи с этим в «Методических указа-

ниях по количественному определению объема поглощения парниковых газов» (2017) предлагается определять запасы углерода в почвах лесов на основе справочных данных, привязанных к породному и возрастному составу лесов, и карт лесной таксации.

Проблема заключается в том, что справочные данные, содержащиеся в Методических указаниях, были рассчитаны на большие территории (макрорегионы). Республика Татарстан относится к Европейско-Уральскому макрорегиону, южная тайга и более южные климатические зоны. В этот макрорегион входят, как минимум, три почвенные зоны: дерново-подзолистых, серых лесных и черноземных почв. Согласно ранее проведенным исследованиям, запасы углерода в почвах, приведенные в Методических указаниях, для дерново-подзолистых почв Республики Татарстан существенно завышены, для черноземов и темно-серых почв, наоборот, занижены, и только для светло-серых и серых лесных почв приближены к фактическим запасам (Иванов, Александрова, 2022; Кулагина и др., 2023).

Цель работы – определение и сравнительная оценка запасов углерода в почвах Саралинского участка Волжско-Камского заповедника с использованием справочных данных и данных натуральных измерений.

### Материалы и методы исследования

Саралинский участок Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника расположен в Лаишевском районе Республики Татарстан. Площадь участка 5456 га, он включает в себя лесные массивы и акваторию Куйбышевского водохранилища. Площадь лесов в пределах участка 3706 га.

При расчете общих запасов органического углерода использовались следующие материалы: карта лесных насаждений 2013 г.; почвенная карта Саралинского участка, составленная при лесоустройстве 1979 г.; материалы собственных полевых и лабораторных исследований почв заповедника за период с 2009 по 2023 гг.

Названия почв даны по «Классификации и диагностике почв СССР» (1977).

Образцы отбирали по генетическим горизонтам. Содержание органического вещества определяли по методу И.В. Тюрина (ГОСТ 26213–91), объемный вес – методом режущего кольца (ГОСТ 5180–2015).

Запасы органического углерода в почвах (без учета подстилки) рассчитывали для слоя 0–30 см по формуле:

$$C = OV \times H \times V \times 0.58,$$

где  $C$  – запас углерода, т/га;  $OV$  – содержание органического вещества, %;  $H$  – мощность горизонта, см;  $V$  – объемный вес, г/см<sup>3</sup>; 0.58 – коэффициент пересчета органического вещества на углерод.

### Результаты и их обсуждение

Расчеты общих запасов углерода в почвах могут быть выполнены с учетом площадей, занимаемых соответствующими разностями или на основе материалов лесной таксации. В данном исследовании проведено сравнение трех способов расчета запасов углерода в почвах, ранее опробованные на Раифском участке заповедника (Кулагина и др., 2023).

Запасы углерода, рассчитанные с использованием справочных данных (Методические ..., 2017), рассматривались как базовые значения, с которым сравнивались результаты, полученные другими способами.

Материалы лесоустройства Саралинского участка свидетельствуют о том, что на исследуемой территории преобладают липняки, которые занимают в 42.2% от площади лесов. Ранее отмечавшиеся здесь дубняки в настоящее время следует отнести к липнякам, так как дубы составляют менее 10% древостоя первого яруса. Кроме липняков, на территории участка встречаются сосняки (25.4%), березняки (24.1%), осинники (7.2%). В сумме они составляют 98.8% площади. Тальники, ельники, тополевики в сумме занимают 1.2% залесенных территорий. Преобладают спелые и перестойные, приспевающие и средневозрастные насаждения. Молодняки занимают 0.15% от общей площади лесов.

Результаты расчета запасов углерода с использованием справочных данных и данных натурных

Таблица 1. Запасы углерода в почвах по справочным данным и материалам лесной таксации  
Table 1. Carbon stocks in soils according to reference data and forest inventory materials

Преобладающая порода Predominant species	Группа возраста Age group	Площадь, га Area, ha	Запасы в слое 0–30 см, т/га Stock in 0–30 cm layer, t/ha	Общие запасы, т Total stocks, t
Береза	молодняки	0.9	80.9	75.2
	средневозрастные и старше	891.7	83.4	74368.6
Ель	молодняки	0.4	79.3	30.1
	средневозрастные и старше	13.2	79.3	1047.6
Липа	средневозрастные и старше	1564.8	61.0	95451.0
Осина, ива	средневозрастные и старше	265.3	68.5	18170.3
Сосна	молодняки	3.2	71.5	227.4
	средневозрастные и старше	938.6	71.5	67107.8
Тальник	молодняки	0.4	59.1	23.6
	средневозрастные и старше	24.0	61.0	1464.6
Тополь	средневозрастные и старше	3.5	61.0	215.9
ИТОГО		3706.0		258182.1

Таблица 2. Запасы углерода в почвах по данным натурных исследований и материалам лесной таксации

Table 2. Carbon stocks in the soil according to field studies and forest inventory materials

Преобладающая порода Predominant species	Группа возраста Age group	Площадь, га Area, ha	Запасы в слое 0–30 см, т/га Stock in 0–30 cm layer, t/ha	Общие запасы, т Total stocks, t
Береза	молодняки и средневозрастные	42.8	44.3	1896.9
	приспевающие, спелые и перестойные	849.8	76.5	65011.2
Липа	молодняки и средневозрастные	344.5	41.4	14262.7
	приспевающие, спелые и перестойные	1220.3	82.2	100305.4
Осина, ива	приспевающие, спелые и перестойные	265.3	17.4	4615.5
Сосна	молодняки и средневозрастные	232.4	27.4	6366.7
	приспевающие, спелые и перестойные	709.4	17.7	12556.2
Итого		3706.0		205014.6

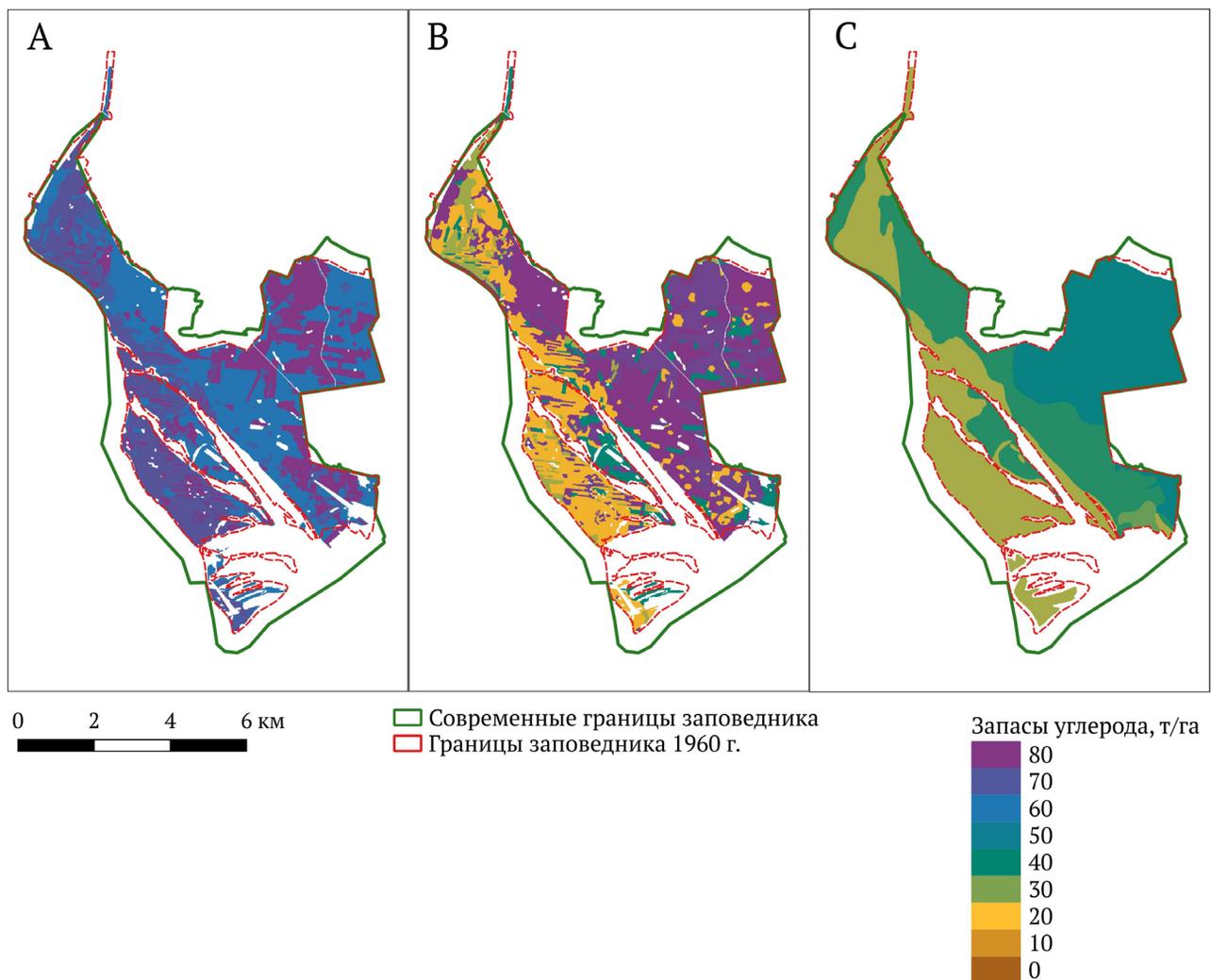


Рис. 1. Запасы углерода в почвах Саралинского участка заповедника:

А) по справочным данным и данным лесотаксации, В) по данным натурных исследований и лесотаксации; С) на основе почвенной карты

Fig. 1. Carbon stocks in the soils of the Saralinsky section of the reserve А) using reference data and forest taxation data, В) using field studies and forest taxation data, С) using soil map

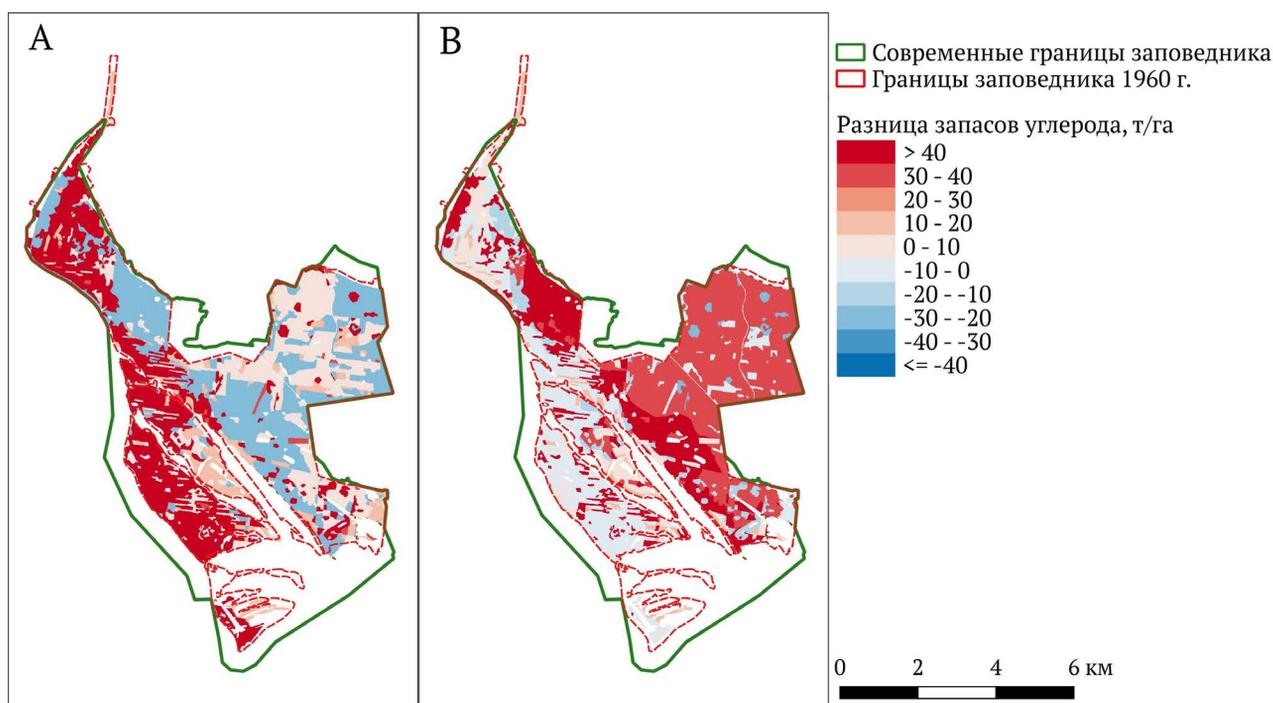


Рис. 2. Разница между запасами углерода, рассчитанными:  
 А) по справочным данным и данным натурных исследований,  
 В) по данным натурных исследований лесотакция и на основе почвенной карты  
 Fig. 2. The difference between carbon stocks calculated by:  
 А) according to reference data and data from field studies,  
 В) according to field studies forest taxation data and based on a soil map

исследований приведены в таблицах 1 и 2. Распределение запасов углерода в почвах по территории Саралинского участка и разница запасов при разных способах подсчета приведены на рисунках 1 и 2.

Установлено, что 37% общих запасов углерода (95451 т) в почвах приходится на почвы под липняками, лидирующими по площади распространения. На втором месте по суммарным запасам  $C_{\text{орг}}$  находятся березняки (29%), на третьем – сосняки (26%). В совокупности на эти типы леса

приходится 92% запасов углерода в слое 0–30 см.

Общие запасы углерода в слое 0–30 см, полученные с использованием натуральных измерений, оказались на 50385.6 т (20%) ниже, чем при расчете по справочным данным (табл. 1, 2, рис. 1, 2). Максимальная разница между расчетными показателями была характерна для сосняков (рис. 2А).

Третий вариант оценки запасов углерода основывался на расчетах площадей, занятых теми или иными почвенными разностями. Более 95% площади Саралинского участка заповедника за-

Таблица 3. Запасы углерода в почвах, рассчитанные с учетом почвенной карты  
 Table 3. Carbon stocks in soils calculated based on soil map

Почвы Soils	Площадь, га Area, ha	Запасы в слое 0–30 см, т/га Stock in 0–30 cm layer, t/ha	Общие запасы, т Total stocks, t
Дерново-подзолистые песчаные	1438.7	26.8	38584.8
Дерново-подзолистые супесчаные	1298.3	37.1	48139.8
Дерново-подзолистые легкосуглинистые	1244.8	45.1	56142.5
Светло-серые лесные	49.4	31.9	1576.3
Песчаный аллювий	148.9	-	-
Итого	4180.1		144443.4

нимают дерново-подзолистые почвы песчаного, супесчаного и легкосуглинистого гранулометрического состава (табл. 3). Песчаный аллювий, слабо затронутый или не затронутый почвообразованием, покрывает 3.5% территории, запасы в нем углерода не оценивались.

Средние запасы углерода в дерново-подзолистых почвах Саралинского участка близки к данным, полученным для тех же разновидностей почв Раифского участка – 27.9–36.9 т/га (Кулагина и др., 2023), но при этом ниже его средних запасов, установленных для дерново-подзолистых почв Республики Татарстан в целом – 44.7–56.8 т/га (Иванов и др., 2022). Это связано с тем, что в расчеты запасов  $S_{орг}$ , характеризующих всю территорию региона, вошли почвы тяжелого гранулометрического состава (от среднесуглинистых до легкоглинистых).

Показатели запасов углерода в почвах под лесами Саралинского участка согласуются с данными А.И. Кузнецовой (Кузнецова и др., 2020) для подзолистых и дерново-подзолистых почв сосновых лесов северо-запада России, О.В. Черновой (Чернова и др., 2020) для автоморфных лесных почв европейской части России и И.М. Рыжовой и М.А. Подвезенной (2008) для подзоны дерново-подзолистых почв южной тайги.

Общие запасы углерода в почвах Саралинского участка Волжско-Камского заповедника, рассчитанные с применением почвенной карты, существенно ниже соответствующих показателей, оцененных на основании данных лесной таксации (табл. 2, рис. 1, 2). Разница для почв под листовыми породами составляет 30–40 т/га и больше (рис. 2В). В почвах под сосняками разница между двумя способами подсчета с использованием полевых данных оказалась минимальной – от 0 до 10 т/га (рис. 2В).

### Заключение

На примере Саралинского участка Волжско-Камского заповедника показано, что определение общих запасов углерода с использованием справочных данных в зоне дерново-подзолистых почв ведет к завышению результатов по сравнению с расчетами по полевым и лабораторным данным. Согласно справочным данным, общие запасы углерода в почвах Саралинского участка составляют 258 тыс. т, запасы, рассчитанные на основе полевых и аналитических данных, привязанных к карте лесной таксации, на 20% меньше, а к почвенной карте – на 40% меньше. Разница со справочными данными связана с тем, что они рассчитывались на макрорегион, включающий почвы, более богатые органическим углеродом,

чем дерново-подзолистые.

Разница между способами подсчета с использованием натуральных данных, привязанных к карте лесной таксации и почвенной карте, объясняется неполным соответствием породного состава лесов и почвенного покрова на данном участке заповедника.

Проведенные исследования показали необходимость разработки региональных нормативов по запасам углерода в почвах лесов, а также более подробного рассмотрения вопроса о том, к чему должны быть привязаны справочные данные: к типу леса или почвенной зоне.

### Список литературы

1. Бобрик А.А., Рыжова И.М., Гончарова О.Ю., Матышак Г.В., Макаров М.И., Волкер Д.А. Эмиссия  $CO_2$  и запасы органического углерода в почвах северотаежных экосистем Западной Сибири в различных геоэкологических условиях // Почвоведение. 2018. №6. С. 674–687. doi: 10.7868/S0032180X18060035.
2. Иванов Д.В., Александрова А.Б. Предварительные оценки запасов углерода в почвах лесных экосистем Республики Татарстан // Российский журнал прикладной экологии. 2022. №2. С. 56–60. <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2022.2.56.60>.
3. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.
4. Кузнецова А.И., Лукина Н.В., Горнов А.В., Горнова М.В., Тихонова Е.В., Смирнов В.Э., Данилова М.А., Тебенкова Д.Н., Браславская Т.Ю., Кузнецов В.А., Ткаченко Ю.Н., Генникова Н.В. Запасы углерода в песчаных почвах сосновых лесов на западе России // Почвоведение. 2020. №8. С. 959–969. doi: 10.31857/S0032180X20080109.
5. Кулагина В.И., Александрова А.Б., Рязанов С.С., Шагидуллин Р.Р., Андреева А.А., Кольцова Т.Г. Запасы органического углерода в почвах Раифского участка Волжско-Камского заповедника // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2023. Т. 9, №1. С. 143–158. doi: 10.29039/2413-1725-2023-9-1-143-158.
6. Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов. Утв. распоряжением Минприроды России от 30.06.2017 №20-р.
7. Осипов А.Ф., Старцев В.В., Прокушкин А.С., Дымов А.А. Запасы углерода в почвах лесов Красноярского края: анализ роли типа почвы и древесной породы // Теоретическая и прикладная экология. 2023. №1. С. 67–74. doi: 10.25750/1995-4301-2023-1-067-074.
8. Рыжова И.М., Подвезенная М.А. Пространственная вариабельность запасов органического углерода в почвах лесных и степных биогеоценозов // Почвоведение. 2008. №12. С. 1429–1437.
9. Филиппук А.Н., Малышева Н.В., Золина Т.А., Федоров С.В., Бердов А.М., Косицын В.Н., Югов А.Н., Кинигопуло П.С. Аналитический обзор количественных и качественных характеристик лесов Российской Федерации: итоги первого цикла государственной инвентаризации лесов // Лесохозяйственная информация. 2022. №1. С. 5–34. doi: 10.24419/LNI.2304-3083.2022.1.01.
10. Чернова О.В., Рыжова И.М., Подвезенная М.А. Оценка запасов органического углерода лесных почв в региональном масштабе // Почвоведение. 2020. №3. С. 140–150. doi: 10.31857/S0032180X20030028.

11. Щепашенко Д.Г., Мухортова Л.В., Швиденко А.З., Ведрова Э.Ф. Запасы органического углерода в почвах России // Почвоведение. 2013. №2. С. 123–132.

12. Chernova O.V., Golozubov O.M., Alyabina I.O., Schepaschenko D.G. Integrated approach to spatial assessment of soil organic carbon in the Russian Federation // Eurasian soil science. 2021. Vol. 54. P. 325–336. doi: 10.1134/S1064229321030042.

13. Osipov A.F., Bobkova K.S., Dymov A.A. Carbon stocks of soils under forest in the Komi Republic of Russia // Geoderma regional. 2021. Vol. 27. e00427. doi: 10.1016/j.geodrs.2021.e00427.

## References

1. Bobrik A.A., Ryzhova I.M., Goncharova O.Yu., Matyshak G.V., Makarov M.I., Volker D.A. Emissiya CO<sub>2</sub> i zapasy organicheskogo ugleroda v pochvakh severotayezhnykh ekosistem Zapadnoy Sibiri v razlichnykh geokriologicheskikh usloviyakh [CO<sub>2</sub> emission and organic carbon reserves in soils of northern taiga ecosystems of Western Siberia under various geocryological conditions] // Pochvovedeniye [Soil Science]. 2018. No 6. P. 674–687. doi: 10.7868/S0032180X18060035.

2. Ivanov D.V., Alexandrova A.B. Predvaritel'nyye otsenki zapasov ugleroda v pochvakh lesnykh ekosistem Respubliki Tatarstan [Preliminary estimations of carbon stocks in soils of forest ecosystems of the Republic of Tatarstan] // Rossiyskiy zhurnal prikladnoy ekologii [Russian journal of applied ecology]. 2022. No 2. P. 56–60. <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2022.2.56.60>.

3. Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR [Classification and diagnostics of soils of the USSR]. Moscow: Kolos, 1977. 224 p.

4. Kuznetsova A.I., Lukina N.V., Gornov A.V., Gornova M.V., Tikhonova E.V., Smirnov V.E., Danilova M.A., Tebenkova D.N., Braslavskaya T.Yu., Kuznetsov V.A., Tkachenko Yu.N., Genikova N.V. Zapasy ugleroda v peschanykh pochvakh sosnovykh lesov na zapade Rossii [Carbon stock in sandy soils of pine forests in west Russia] // Pochvovedeniye [Soil science]. 2020. No 8. P. 959–969. doi: 10.31857/S0032180X20080109.

5. Kulagina V.I., Aleksandrova A.B., Ryazanov S.S., Shagidullin R.R., Andreeva A.A., Koltsova T.G. Zapasy organicheskogo ugleroda v pochvakh Raifskogo uchastka Volzhsko-Kamskogo zapovednika [Organic carbon stocks in soils of the Raifa section of the Volzhsko-Kamsky Reserve] // Uchenyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. [Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky]. 2023. Vol. 9, No 1. P. 143–158. doi: 10.29039/2413-1725-2023-9-1-143-158.

6. Metodicheskiye ukazaniya po kolichestvennomu opredeleniyu ob'yema pogloshcheniya parnikovyykh gazov. Utverzhdeny rasporyazheniyem Minprirody Rossii ot 30.06.2017 №20-r [Guidelines for quantitative determination of the volume of greenhouse gas absorption. Approved by order of the Russian ministry of natural resources dated June 30, 2017 No20-r.]

7. Osipov A.F., Startsev V.V., Prokushkin A.S., Dymov A.A. Zapasy ugleroda v pochvakh lesov Krasnoyarskogo kraya: analiz roli tipa pochvy i drevesnoy porody [Carbon stocks in forest soils of the Krasnoyarsk Region: analysis of soil and tree species role] // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya [Theoretical and applied ecology]. 2023. No 1. P. 67–74. doi: 10.25750/1995-4301-2023-1-067-074.

8. Ryzhova I.M., Podvezennaya M.A. Prostranstvennaya variabel'nost' zapasov organicheskogo ugleroda v pochvakh lesnykh i stepnykh biogeotsenozov [Spatial variability of organic carbon pool in soils of forest and steppe biogeocenoses] // Pochvovedeniye [Soil science]. 2008. No 12. P. 1429–1437.

9. Filipchuk A.N., Malysheva N.V., Zolina T.A., Fedorov

S.V., Berdov A.M., Kositsyn V.N., Yugov A.N., Kinigopulo P.S. Analiticheskiy obzor kolichestvennykh i kachestvennykh kharakteristik lesov Rossiyskoy Federatsii: itogi pervogo tsikla gosudarstvennoy inventarizatsii lesov [Analytical review of quantitative and qualitative characteristics of forests in the Russian Federation: results of the first cycle of state forest inventory] // Lesokhozyaystvennaya informatsiya [Forestry information]. 2022. No 1. P. 5–34. doi: 10.24419/LHI.2304-3083.2022.1.01.

10. Chernova O.V., Ryzhova I.M., Podvezennaya M.A. Otsenka zapasov organicheskogo ugleroda lesnykh pochv v regional'nom masshtabe [Assessment of organic carbon stocks in forest soils on a regional scale] // Pochvovedenie [Soil science]. 2020. No 3. P. 140–150. doi: 10.31857/S0032180X20030028.

11. Schepaschenko D.G., Mukhortova L.V., Shvidenko A.Z., Vedrova E.F. Zapasy organicheskogo ugleroda v pochvakh Rossii [The pool of organic carbon in the soils of Russia] // Pochvovedenie [Soil Science]. 2013. No 2. P. 123–132. doi: 10.7868/S0032180X13020123

12. Chernova O.V., Golozubov O.M., Alyabina I.O., Schepaschenko D.G. Integrated approach to spatial assessment of soil organic carbon in the Russian Federation // Eurasian soil science. 2021. Vol. 54. P. 325–336. doi: 10.1134/S1064229321030042.

13. Osipov A.F., Bobkova K.S., Dymov A.A. Carbon stocks of soils under forest in the Komi Republic of Russia // Geoderma regional. 2021. Vol. 27. e00427. doi: 10.1016/j.geodrs.2021.e00427.

## Kulagina V.I., Alexandrova V.I., Ryazanov S.S., Shagidullin R.R., Gordeeva K.A., Rupova E.H. Carbon stocks in soils of the Saralinsky section of the Volzhsko-Kamsky Reserve.

The article presents the results of assessment of organic carbon stocks in the 0–30 cm soil layer in the forests of the Saralinsky section of the Volzhsko-Kamsky Nature Reserve. Three types of calculation were used: using reference values, as well as field and laboratory data. To determine the total stocks of organic carbon, reference data were linked to the forest taxation map, data obtained as a result of research – to the forest taxation map and soil map. Cartograms of organic carbon stocks in soils calculated using different methods have been compiled. It was shown that the use of reference values when calculating the total stocks of organic carbon in areas with a predominance of soddy-podzolic soils led to inflated results compared to calculations based on field and laboratory data. If they were linked to a forest taxation map – by 20%, to a soil map – by 40%. The overestimation of results when using reference values is explained by the fact that the reference data are calculated for a macroregion covering several soil zones. The need to develop regional standards for carbon stocks in soils has been confirmed.

*Keywords:* soil, humus, carbon stocks, carbon sequestration, forest ecosystems.

Раскрытие информации о конфликте интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / Disclosure of conflict of interest information: The author claims no conflict of interest

**Информация о статье / Information about the article**

Поступила в редакцию / Entered the editorial office: 24.01.2024

Одобрено рецензентами / Approved by reviewers: 07.02.2024

Принята к публикации / Accepted for publication: 15.02.2024

**Сведения об авторах**

Кулагина Валентина Ивановна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 420087, Россия, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: viksoil@mail.ru.

Александрова Асель Биляловна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Россия, 420087, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: adabl@mail.ru.

Рязанов Станислав Сергеевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 420087, Россия, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: RStanislav.soil@yandex.ru.

Шагидуллин Рифгат Роальдович, член-корреспондент АН РТ, доктор химических наук, директор, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 420087, Россия, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: shagidullin\_@mail.ru.

Гордеева Карина Андреевна, научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 420087, Россия, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: Karina\_869@mail.ru.

Рупова Эльмира Ханисовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 420087, Россия, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: elmira.rupova@mail.ru.

**Information about the authors**

Valentina I. Kulagina, Ph.D. in Biology, Leading Researcher, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daurkaya st., Kazan, 420087, Russia, E-mail: viksoil@mail.ru.

Asel B. Alexandrova, Ph.D. in Biology, Senior Researcher, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daurkaya st., Kazan, 420087, Russia, E-mail: adabl@mail.ru.

Stanislav S. Ryazanov, Ph.D. in Biology, Senior Researcher, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daurkaya st., Kazan, 420087, Russia, E-mail: RStanislav.soil@yandex.ru.

Rifgat R. Shagidullin, D.Sci. in Chemistry, Corresponding Member of Tatarstan Academy of Sciences, Director, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daurkaya st., Kazan, 420087, Russia, E-mail: shagidullin\_@mail.ru.

Karina A. Gordееva, Researcher, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daurkaya st., Kazan, 420087, Russia, E-mail: Karina\_869@mail.ru.

Elmira H. Rupova, Ph.D. in Agriculture, Senior Researcher, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daurkaya st., Kazan, 420087, Russia, E-mail: elmira.rupova@mail.ru.

