

А.Б. Александрова, В.И. Кулагина, Д.В. Иванов, В.В. Маланин, А.А. Марасов

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

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛКАХ РАИФСКОГО УЧАСТКА ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Приведены численные характеристики запасов углерода в подстилках разновозрастных лесных фитоценозов Раифского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника. Запасы углерода в подстилках различных типов леса отличаются вариабельностью и в среднем равны: березняки 4.1 тС/га, липняки 4.8 тС/га, сосняки 12.9 тС/га.

Ключевые слова: запасы углерода; секвестрация углерода; лесная подстилка; Волжско-Камский биосферный заповедник.

DOI: <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2023.2.57.62>

Введение

Изучение запасов углерода в компонентах лесных биогеоценозов вызывает интерес в связи с глобальными и национальными проектами по ограничению эмиссии парниковых газов и декарбонизации ключевых отраслей экономики (Распоряжение ..., 2021). Минприроды РФ установлены справочные значения запасов углерода в лесных подстилках и почвах, формирующихся в условиях разновозрастных типов лесов разных климатических зон и физико-географических территорий (Распоряжение ..., 2017). Имеются обобщенные данные по запасам углерода подстилок для регионов и макрорегионов РФ (Честных и др., 2007, 2018, Иванов и др., 2018; Осипов, 2017). Следует отметить, что эти показатели характеризуют общую картину по регионам РФ, тогда как планирование мероприятий для устойчивого управления лесами, сохранению их биологического разнообразия и экосистемных функций необходимо проводить с учетом объективной и точной информации для элементарных лесохозяйственных единиц.

Наиболее информативными данными в системе наблюдений за формированием запасов углерода в компонентах лесных биогеоценозов являются численные характеристики, полученные по результатам исследования на эталонных участках, находящихся в условиях минимальной антропогенной нагрузки, в первую очередь, на особо охраняемых природных территориях.

Подстилка является основным источником пополнения элементов питания в почвах лесных фитоценозов, а также резервуаром органического вещества, вносящим вклад в общий пул углерода лесных экосистем (Замолодчиков, 2011). Содер-

жание углерода в подстилках различных типов леса варьирует от 41 до 53% (Замолодчиков, 2011; Осипов, 2017; Пристова, 2020).

Цель работы – оценить запасы углерода в подстилках разновозрастных лесов преобладающих древесных пород Раифского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ).

Материалы и методы исследования

Раифский участок ВКГПБЗ представляет собой лесной биогеоценоз, расположенный на южной границе зоны лесов умеренного пояса среднего Поволжья. Геоморфологические особенности участка определяются строением палеодолины р. Волги, осложненной тектоническими и карстовыми нарушениями эрозионного рельефа и перекрытой толщей четвертичных отложений, обуславливающих террасовый рельеф Раифского леса (Тайсин, 2008). Почвообразующие породы здесь представлены крупнозернистыми песками, темно-коричневыми глинами и суглинками с прослойками светло-серых кварцевых песков, дюнными песками (Калимуллина, 2002). В структуре почвенного покрова преобладают представители дерново-подзолистых почв (Калимуллина, 2002; Александрова и др., 2014).

Растительность Раифского участка ВКГПБЗ представлена хвойными и лиственными фитоценозами (Рогова и др., 2005). Преобладают сосняки лишайниковые, лишайниково-бруснично-мшистые, чернично-бруснично-мшистые, чернично-кислично-мшистые, бруснично-травяные. Лиственные формации представлены широколиственными породами, а также березой, осинной и ольхой.

Исследования проводили в 2022 г. в шести биогеоценозах с учетом данных лесной таксации: 1 – сосняк перестойный; 2 – липняк перестойный; 3 – березняк перестойный; 4 – сосняк средневозрастный; 5 – липняк средневозрастный; 6 – березняк средневозрастный. Размеры пробных площадок варьировали от 0.05 до 0.36 га. В их границы входило 200 деревьев основной породы с полнотой древостоя 0.7.

Отбор проб лесной подстилки на пробных площадках проводился при помощи рамки 20×20 см в 24-кратной повторности в приствольной и межкрупной зонах. Всего отобрано 144 пробы. Образцы высушивали до абсолютно-сухого состояния, взвешивали. Расчет запаса углерода в пуле подстилки проводили с учетом среднего содержания углерода в подстилке путем умножения сухого веса на коэффициент 0.4 (Распоряжение ..., 2017).

Статистическая обработка данных выполнена в программе Statistica 8.0. Для выявления различий выборок использовали критерий Манна-Уитни (M-W U-тест). Оценку численных характеристик проводили по среднему арифметическому значению.

Результаты и их обсуждение

Запасы углерода в лесных подстилках Раифского участка ВКГПБЗ варьировали в широких пределах: от 1.7 до 40.1 т/га (коэффициент вариации 78.5%) (рис. 1). Минимальные запасы характерны для лиственных биогеоценозов – около 4.0 т/га.

Запасы углерода в подстилке березняков различного возраста находились в диапазоне 1.7–9.6 тС/га, в целом характерном как для березовых насаждений Республики Татарстан (Пуряев, 2006; Ульданова, 2017), так и для и южно-таежных фитоценозов РФ (Подвезенная, 2011), и не имели между собой статистически значимых различий ($p < 0.05$).

Совершенно иная картина наблюдалась в липняках, где средние запасы углерода подстилки в липняках средневозрастных (4.4 ± 0.2 т/га) были достоверно ниже, чем в перестойных (5.6 ± 0.4 т/га) (рис. 1), что объясняется различной скоростью разложения компонентов опада. По данным Т.А. Пристовой (2020), листья липы разлагаются на 30–50% более интенсивно, чем ветки. Учитывая, что по прочности ствола и своей устойчивости к ветру липа уступает березе, в перестойных биогеоценозах с доминированием липы в струк-

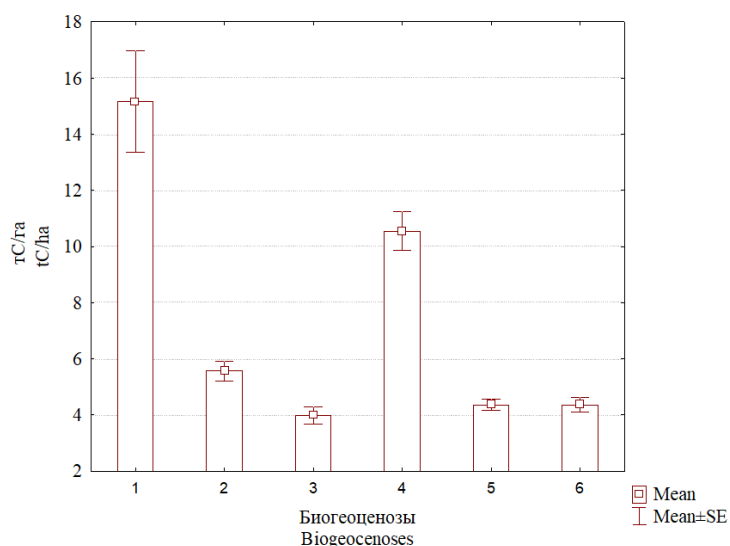


Рис. 1. Запасы углерода в лесных подстилках биогеоценозов Раифского участка ВКГПБЗ: 1 – сосняк перестойный; 2 – липняк перестойный; 3 – березняк перестойный; 4 – сосняк средневозрастный; 5 – липняк средневозрастный; 6 – березняк средневозрастный

Fig. 1. Carbon reserves in the forest litter of the biogeocenoses of the Raifa site of the VKGPBZ: 1 – overstory pine; 2 – overstory linden; 3 – overstory birch; 4 – medium-aged pine; 5 – medium-aged linden; 6 – medium-aged birch

туре подстилки накопление более грубых компонентов, таких как ветки, происходит довольно активно.

Средние запасы углерода подстилки в липняках средневозрастных (4.4 ± 0.2 т/га) и перестойных (5.6 ± 0.4 т/га) Раифского участка ВКГПБЗ существенно ниже, чем в липняках, произрастающих в условиях лесных хозяйств Республики Татарстан (9.5 т/га) (Пуряев, 2006). Одной из причин наблюдаемого явления, как мы предполагаем, является большая лабильность межгодовой структуры сообществ почвенных беспозвоночных, обитающих в подстилке и почве, что, в свою очередь, обуславливает различную интенсивность минерализации подстилки и влияет на скорость накопления углерода подстилки липовых биогеоценозов (Гордиенко и др., 2016).

Максимальные запасы углерода характерны для подстилок сосновых биогеоценозов. Диапазоны их варьирования в сосняке перестойном составили 5.7–40.1 (в среднем 15.2 ± 1.8) т/га, в сосняке средневозрастном – 5.4–23.0 (10.5 ± 0.7) т/га. Аналогичные данные были получены Р.А. Ульдановой (2017) для сосновых фитоценозов исследуемого региона – 12.7–15.3 тС/га. Хвоя, ветки и шишки хвойных пород разлагаются медленно, поэтому более 70% их опада накапливается в подстилке (Пристова, 2020).

Существенным образом уточняют и дополня-

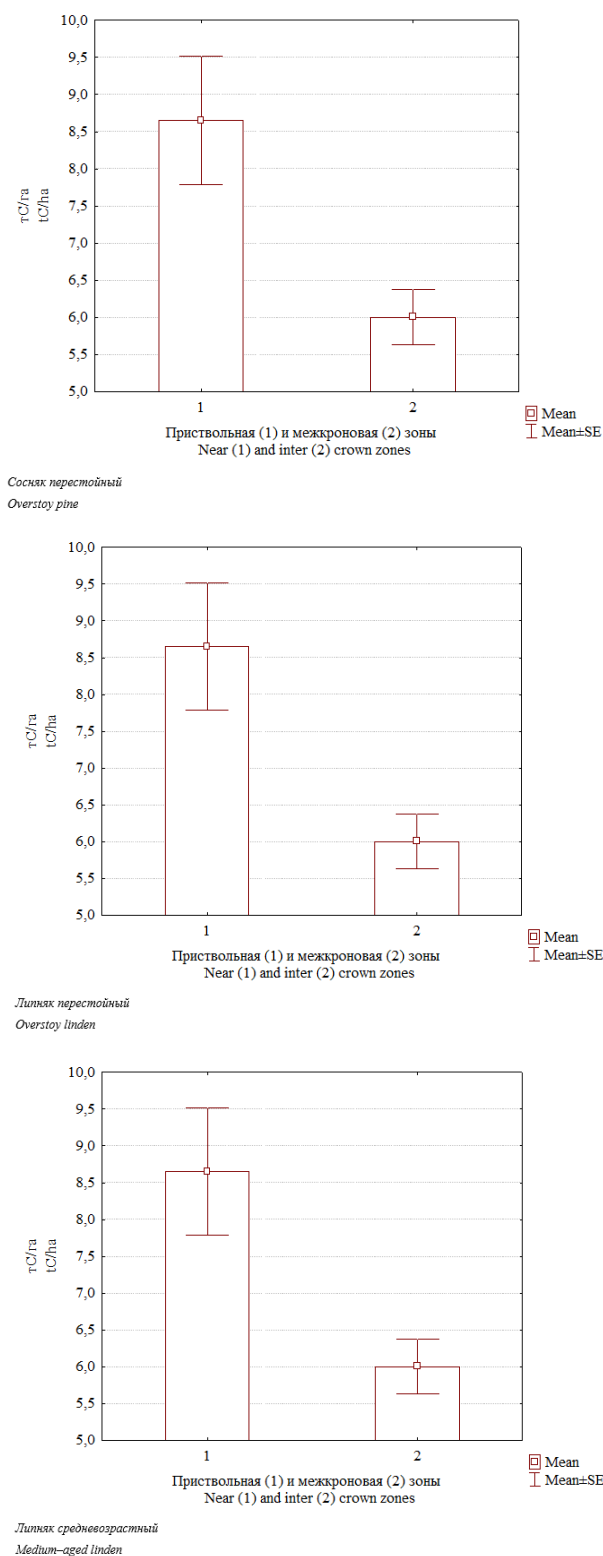


Рис. 2. Запасы углерода в лесной подстилке
приствольной и межкроновой зон
Fig. 2. Carbon reserves in the forest floor of the
near and inter-crown zones

ют картину запасов углерода данные об особенностях накопления распределения опада в приствольной и межкроновой зонах деревьев. Известно, что они могут различаться между собой до 3 раз (Матвеев и др., 2016; Уфимцев, 2016). В лесной подстилке Раифского участка ВКГПБЗ в приствольной зоне запасы углерода в среднем 1.3–2.3 раза выше, чем в межкроновой ($p < 0.05$) (рис. 2).

Наиболее значительны различия в запасах углерода подстилки в сосняках перестойных – 13.5 т/га. В старовозрастных фитоценозах деревья-эдикаторы, создающие мощное фитогенное поле, оказывают существенное влияние на распределение численности и биомассы почвенных микроорганизмов в подкروновых пространствах и «окнах» между кронами. Наиболее благоприятные для них условия питательного режима развиваются в органо-генных горизонтах приствольных зон, почвы которых обогащены гумусом и необходимыми элементами питания. Кроме того, питательные вещества в приствольные зоны также могут поступать с кроновыми и стволовыми водами (Фомичева, 2008; Уфимцев, 2016; Матвеев, 2016). В хвойных лесах лимитирующим фактором, влияющим на накопление подстилки и замедляющими активность микроорганизмов под кронами деревьев, выступает высокое содержание фенолов в стволовых и кроновых водах (Уфимцев, 2016).

Большие запасы подстилки концентрируются под кронами, что связано с накоплением у подножия стволов сухих веток, которые, перегнивая, пополняют массу фитодетрита (Матвеев и др., 2016). В возрастных насаждениях в структуре опада доля отмерших ветвей еще более возрастает.

С методической точки зрения представлялось важным сравнение фактических данных о запасах углерода в лесной подстилке преобладающих пород Раифского участка ВКГПБЗ с усредненными данными, содержащимися в «Методических указаниях по количественному определению объема поглощения парниковых газов» (Распоряжение ..., 2017) (табл.).

В зависимости от преобладающей древесной породы различия между сравниваемыми значениями достигали от 1.9 до 3.9 т/га. При этом максимальные расхождения между натурными и расчетными данными запасов углерода отмечались в сосновых фитоценозах. Расчеты показали, что в подстилке сосняков Раифского участка ВКГПБЗ сосредоточено в среднем на 30.2% больше углерода, чем в подстилках сосняков южно-таежной зоны Европейско-Уральского макрорегиона (Распоряжение ..., 2017). Напротив, запасы углерода подстилки в лиственных лесах Раифского участка заповедника оказались на 28.4–33.9% ниже, чем в таковых юж-

Таблица. Запасы углерода в подстилках лесов Раифского участка ВКГПБЗ по преобладающим породам
Table. Carbon reserves in the forest litter of the Raifa section of the Volga-Kama Nature Reserve by dominant tree species

Преобладающая порода Dominant tree species	Фактические запасы углерода в лесах Раифы, тС/га Actual carbon stocks in Raifa forests, tC/ha	Средние запасы углерода в лесах Европейско-Уральского макрорегиона РФ, тС/га* Average carbon stocks in the forests of the European-Ural macroregion of the Russian Federation, tC/ha*
Сосна	12.9	9.0
Липа	4.8	6.7
Береза	4.1	6.2

*Распоряжение ..., 2017

*Order ..., 2017

но-таежной зоны Европейско-Уральского макрорегиона.

Заключение

В лесных подстилках Раифского участка Волжско-Камского биосферного заповедника средние запасы углерода достигают 13.9 т/га в хвойных и 4.9 т/га в лиственных биогеоценозах.

Установлены статистически значимые различия запасов углерода подстилки в приствольной и межкрупной зонах деревьев сосновых и липовых лесов. Запасы углерода в подстилке перестойных хвойных фитоценозов в приствольной зоне в 2.3 раза выше чем в межкрупной, в лиственных фитоценозах в 1.4–1.7 раз.

При расчете запасов углерода подстилки конкретных лесных массивов целесообразно использовать данные натурных исследований.

Список литературы

- Александрова А.Б., Иванов Д.В., Маланин В.В., Марасов А.А., Паймикина Э.Е. Дерново-подзолистые почвы Раифского участка Волжско-Камского заповедника // Сборник научных трудов Института проблем экологии и недропользования АН РТ. Казань: Отечество, 2014. С. 198–212.
- Гордиенко Т.А., Суходольская Р.А., Вавилов Д.Н. Почвообитающие беспозвоночные мезофауны Волжско-Камского государственного заповедника // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2016. №2. С. 1–9.
- Замолотчиков Д.Г. Системы оценки и прогноза запаса углерода в лесных экосистемах // Устойчивое лесопользование. 2011. №4. С. 15–22.
- Иванов А.В., Браун М., Замолотчиков Д.Г., Лынов Д.В., Панфилова Е.В. Лесные подстилки как звено цикла углерода хвойно-широколиственных насаждений Южного приморья // Почвоведение. 2018. №10. С. 1226–1233. doi: 10.1134/S0032180X18100052.
- Калимуллина С.Н. История изучения почвенного покрова Волжско-Камского заповедника // Труды Волжско-Камского государственного природного заповедника. Казань, 2002. Вып. 5. С. 199–213.

- Матвеев А.М., Матвеева Т.А. Формирование лесной подстилки в светлых хвойных ценозах Восточного Саяна // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №9. С. 127–129. doi: 10.18454/IRJ.2016.51.165.

- Осипов А.Ф. Запасы и потоки органического углерода в экосистеме спелого сосняк черничного Средней тайги // Сибирский лесной журнал. 2017. №2. С. 70–80. doi: 10.15372/SJFS20170208.

- Подвезенная М.А., Рыжова И.М. Изменчивость содержания и запасов углерода в почвах лесных биогеоценозов Южной тайги // Лесоведение. 2011. №1. С. 52–60.

- Пристова Т.А. Скорость разложения растительного опада в лиственных насаждениях послерубочного происхождения в условиях средней тайги Республики Коми // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2020. №3. С. 62–72. doi 10.21178/2079–6080.2020.3.62.

- Пуряев А.С. Почвенно-экологические функции защитных лесных насаждений Предволжья Республики Татарстан: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2006. 21 с.

- Распоряжение Минприроды России от 30.06.2017 №20-р (ред. от 20.01.2021) «Об утверждении методических указаний по количественному определению объема поглощения парниковых газов»

- Распоряжение Правительства Российской Федерации о внесении проекта федерального закона «Об ограничении выбросов парниковых газов» от 20.02.2021. № 1542п-П11.

- Рогова Т.В., Мангутова Л.А., Любина О.Е., Фархутдинова С.С. Классификация растительного покрова Раифского участка Волжско-Камского заповедника на ландшафтно-экологической основе // Труды Волжско-Камского государственного природного заповедника. Казань, 2005. Вып. 6. С. 213–240.

- Тайсин А.С. Раифский лес в составе бореальных лесов Евразии. Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2008. 252 с.

- Ульданова Р.А. Продуктивность и почвенные условия произрастания лесов правобережья реки Волги Республики Татарстан: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Казань, 2017. 24 с.

- Уфимцев В.И., Егорова И.Н. Роль растительного опада в формировании фитогенных полей сосны обыкновенной на техногенных элювиях Кузбасса // Успехи современного естествознания. 2016. №4. С. 116–120.

- Фомичева О.А. Оценка численности и структуры биомассы микроорганизмов в Al-Fe гумусовых подзолах коренных лесов Кольского полуострова: Автореф. дисс. ...

канд. биол. наук. М., 2008. 24 с.

18. Честных О.В., Замолодчиков Д.Г. Подстилки лесной зоны России. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2018621165, 02.08.2018.

19. Честных О.В., Лыжин В.А., Кокшарова А.В. Запасы углерода в подстилках лесов России // Лесоведение. 2007. №6. С. 114–121.

References

1. Alexandrova A.B., Ivanov D.V., Malanin V.V., Marasov A.A., Paimikina E.E. Dornovo-podzolistye pochvy Raifskogo uchastka Volzhsko-Kamskogo zapovednika [Soil-podzolic soils of the Raifa section of the Volga-Kama Reserve] // Sbornik nauchnykh trudov Instituta problem ekologii i nedropol'zovaniya AN RT [Scientific papers of the Institute for the problems of ecology and mineral wealth use of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan]. Kazan, 2014. P. 198–212.

2. Gordienko T.A., Sukhodolskaya R.A., Vavilov D.N. Pochvoobitayushchie bespozvonochnye mezofauny Volzhsko-Kamskogo gosudarstvennogo zapovednika [Soil-dwelling invertebrate mesofauna of the Volga-Kama State Reserve] // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta [Bulletin of the Orenburg state pedagogical university]. 2016. No 2. P. 1–9.

3. Zamolodchikov D. G. Sistemy ocenki i prognoza zapasa ugleroda v lesnykh ekosistemakh [Systems of assessment and forecast of carbon stock in forest ecosystems] // Ustoichivoe lesopol'zovanie [Sustainable forest management]. 2011. No 4. P. 15–22.

4. Ivanov A.V., Brown M., Zamolodchikov D.G., Lynov D.V., Panfilova E.V. Lesnye podstilki kak zveno cikla ugleroda hvoynno-shirokolistvennykh nasazhdenij Yuzhnogo primor'ya [Forest litter as a link in the carbon cycle of coniferous-deciduous plantations of Southern Primorye] // Pochvovedenie [Soil science]. 2018. No 10. P. 1226–1233. doi: 10.1134/S0032180X18100052.

5. Kalimullina S.N. Istoriya izucheniya pochvennogo pokrova Volzhsko-Kamskogo zapovednika // [History of the study of the soil cover of the Volga-Kama Reserve] // Trudy Volzhsko-Kamskogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika [Proceedings of Volga-Kama reserve]. Kazan, 2002. Vol. 5. P. 199–213.

6. Matveev A.M., Matveeva T.A. Formirovanie lesnoj podstilki v svetlohojnykh cenozech Vostochnogo Sayana [Formation of forest litter in light coniferous cenoses of the Eastern Sayan] // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International research journal]. 2016. No 9. P. 127–129. doi: 10.18454/IRJ.2016.51.165.

7. Osipov A.F. Zapasy i potoki organicheskogo ugleroda v ekosisteme spelogo sosnyaka chernichnogo Srednej tajgi [Reserves and flows of organic carbon in the ecosystem of ripe blueberry pine of the Middle taiga] // Sibirskij lesnoj zhurnal [Siberian forest journal]. 2017. No 2. P. 70–80. doi: 10.15372/SJFS20170208.

8. Podvezennaya M.A., Ryzhova I.M. Izmenchivost' sodержaniya i zapasov ugleroda v pochvah lesnykh biogeocenozov Yuzhnoj tajgi [Variability of carbon content and reserves in soils of forest biogeocenoses of the Southern taiga] // Lesovedenie [Lesovedenie]. 2011. No 1. P. 52–60.

9. Pristova T.A. Skorost' razlozheniya rastitel'nogo opada v listvennykh nasazhdeniyakh poslerubochnogo proiskhozhdeniya v usloviyakh srednej tajgi Respubliki Komi [The rate of decomposition of plant litter in deciduous plantings of post-harvest origin in the conditions of the middle taiga of the Komi Republic] // Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozyajstva [Proceedings of the St. Petersburg scientific research institute of forestry]. 2020. No 3. P. 62–72. doi:

10.21178/2079-6080.2020.3.62.

10. Puryaev A.S. Pochvenno-ekologicheskie funktsii zashchitnykh lesnykh nasazhdenij Predvolzh'ya Respubliki Tatarstan [Soil-ecological functions of protective forest plantations of the Volga region of the Republic of Tatarstan]: Summary of PhD (Cand. of Biol.) thesis. Kazan, 2006. 21 p.

11. Rasporyazhenie Minprirody Rossii ot 30.06.2017 No 20-r (ed. 20.01.2021) «Ob utverzhdenii metodicheskikh ukazaniy po kolichestvennomu opredeleniyu ob'ema pogloshcheniya parnikovyykh gazov» [Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation No 20-r 30.06.2017 (ed. 20.01.2021) "On approval of methodological guidelines for quantifying the volume of greenhouse gas uptake"]

12. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii o vnesenii proekta federal'nogo zakona «Ob ogranichenii vybrosov parnikovyykh gazov» ot 20.02.2021. [Order of the Government of the Russian Federation on the introduction of the draft federal law "On limiting Greenhouse Gas emissions" dated 20.02.2021]. No 1542p-P11.

13. Rogova T.V., Mangutova L.A., Lyubina O.E., Farkhutdinova S.S. Klassifikatsiya rastitel'nogo pokrova Raifskogo uchastka Volzhsko-Kamskogo zapovednika na landshaftno-ekologicheskoy osnove [Classification of the vegetation cover of the Raifa section of the Volga-Kama Reserve on a landscape-ecological basis] // Trudy Volzhsko-Kamskogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika [Proceedings of the Volga-Kama State Nature Reserve]. Kazan, 2005. Issue. 6. P. 213–240.

14. Taisin A.S. Raifskij les v sostave boreal'nykh lesov Evrazii [Raifa forest as part of the boreal forests of Eurasia]. Kazan: Kazan State University, 2008. 252 p.

15. Uldanova R.A. Produktivnost' i pochvennye usloviya proizrastaniya lesov pravoberezh'ya reki Volgi Respubliki Tatarstan [Productivity and soil conditions of forest growth on the right bank of the Volga River of the Republic of Tatarstan]: Summary of PhD (Cand. of Agricul.). Kazan, 2017. 24 p.

16. Ufimtsev V.I., Egorova I.N. Rol' rastitel'nogo opada v formirovanii fitogennykh polej sosny obyknovennoj na tekhnogennykh elyuviyah Kuzbassa [The role of plant litter in the formation of phytogenic fields of scots pine on technogenic eluvium of Kuzbass] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Successes of modern natural science]. 2016. No 4. P. 116–120.

17. Fomicheva O.A. Ocenka chislennosti i struktury biomassy mikroorganizmov v Al-Fe gumusovykh podzolah korennykh lesov Kol'skogo poluostrova [Estimation of the number and structure of microbial biomass in Al-Fe humus podzols of indigenous forests of the Kola Peninsula]: Summary of PhD (Cand. of Biol.). Moscow, 2008. 24 p.

18. Chestnykh O.V., Zamolodchikov D.G. Podstilki lesnoj zony Rossii. Svidetel'stvo o registracii bazy dannykh RU 2018621165 [Litter of the forest zone of Russia. Certificate of registration of the database RU 2018621165], 02.08.2018.

19. Chestnykh O.V., Lyzhin V.A., Koksharova A.V. Zapasy ugleroda v podstilkakh lesov Rossii [Carbon reserves in the litter of forests of Russia] // Lesovedenie [Forest science]. 2007. No 6. P. 114–121.

Alexandrova A.B., Kulagina V.I., Ivanov D.V., Malanin V.V., Marasov A.A. **Assessment of carbon reserves in forest litter of the Raifa area of Volzhsko-Kamsky state natural biosphere reserve.**

Numerical characteristics of carbon stocks in the litter of different-age biogeocenoses of the Raifa sec-

tion of the Volga-Kama Biosphere Reserve are given. Carbon reserves in the litter of various types of forests are variable and on average equal: birch forests 4.1 tC/ha, linden forests 4.8 tC/ha, pine forests 12.9 tC/ha.

Keywords: carbon reserves; carbon sequestration; forest litter; Volzhsko-Kamsky state nature biosphere reserve.

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: 03.04.2023

Одобрено рецензентами / Approved by reviewers: 26.04.2023

Принята к публикации / Accepted for publication: 31.04.2023

Информация об авторах

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.

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

Иванов Дмитрий Владимирович, кандидат биологических наук, зам. директора по научной работе, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 420087, Россия, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: water-rf@mail.ru.

Маланин Виталий Викторович, научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 420087, Россия, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: wizzle13@yandex.ru.

Марасов Антон Александрович, младший научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 420087, Россия, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: OwlTravolta@yandex.ru.

Information about the authors

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, Daur'skaya st., Kazan, 420087, Russia, E-mail: adabl@mail.ru.

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

Dmitrii V. Ivanov, Ph.D. in Biology, Deputy Director, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daur'skaya st., Kazan, 420087, Russia, E-mail: water-rf@mail.ru.

Vitalii V. Malanin, Researcher, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daur'skaya st., Kazan, Russia, 420087, E-mail: wizzle13@yandex.ru.

Anton A. Marasov, Junior Researcher, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daur'skaya St., Kazan, Russia, 420087, E-mail: OwlTravolta@yandex.ru.

