

УДК 579.63:639 (292.471)

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-145-158

ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА, СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА И АЗОТА В ПОЧВАХ САРАЛИНСКОГО И РАИФСКОГО УЧАСТКОВ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

*Кулагина В. И., Александрова А. Б., Рязанов С. С., Шагидуллин Р. Р.,
Сунгатуллина Л. М., Гордеева К. А.*

*Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Россия
E-mail: viksoil@mail.ru*

Проведено сравнение содержания гумуса и общего азота в гумусовых горизонтах, запасов органического углерода в слое 0–20 см дерново-подзолистых почв двух участков Волжско-Камского заповедника, расположенных на расстоянии около 100 км. Несмотря на сравнительно небольшое расстояние, участки относятся к разным биоклиматическим зонам. Раифский участок расположен севернее, он отличается более холодным и влажным климатом, чем Саралинский. На каждом из участков заложено по 6 пробных площадок под лесами разного породного состава и возраста для отбора почвенных образцов. Показано, что в половине сравниваемых биотопов почвы более южного Саралинского участка содержат статистически значимо больше гумуса, азота, запасов органического углерода, чем почвы Раифского участка. Для остальных биотопов – разница статистически незначима. Соотношение C:N в гумусовых горизонтах шире в почвах Раифского участка.

Ключевые слова: почва, гумус, запасы углерода, депонирование углерода, лесные экосистемы.

ВВЕДЕНИЕ

В утвержденной 26 октября 2023 г. новой «Климатической доктрине Российской Федерации» подчеркивается необходимость проведения всесторонних научных исследований, связанных с декарбонизацией атмосферы, поглощением парниковых газов. Получение достоверных результатов по секвестрации углерода является актуальной задачей современных исследований. Важнейшими поглотителями и долговременными хранилищами углерода считаются лесные экосистемы и их почвы. В то же время почвы лесов до сих пор недостаточно изучены и оценены в качестве депо углерода. Часто на лесные массивы не имеется почвенных карт или аналитических данных по содержанию углерода в почвах, что сильно усложняет его инвентаризацию. В этом случае для расчета запасов углерода в почвах предлагается воспользоваться справочными величинами, приведенными для 12 макрорегионов России и привязанными к возрастному и породному составу лесов [1]. Однако из-за обширности макрорегионов, справочные величины не всегда совпадают с реально полученными данными полевых и лабораторных исследований для отдельных лесных массивов [2–5].

По мере проведения работ по инвентаризации запасов углерода в почвах лесов все больше проявляется потребность в разработке более подробных региональных нормативов.

Однако при этом возникает вопрос, к чему должны быть привязаны региональные нормативы: к почвенной зоне, к породному и возрастному составу лесов, биоклиматической зоне, сразу к нескольким параметрам.

Например, А. Ф. Осипов с соавторами предлагал в качестве усовершенствования метода расчетов вычисление среднего запаса углерода для отдельных типов почв под разной растительностью [3]. О значительном влиянии типа почв на запасы углерода говорилось также в работах [6, 7]. G. V. Barthès с соавторами отмечали значимое воздействие на запасы углерода типа почвы и типа землепользования [8]. А. И. Кузнецова с соавторами показали, что запасы углерода в песчаных почвах сосновых лесов на западе России закономерно изменяются в зависимости от климатической зоны [2].

Поскольку проведенные ранее исследования показали, что запасы углерода в почвах Республики Татарстан действительно тесно связаны с генезисом и типовой принадлежностью почв, а также с породным и возрастным составом леса, то следующим логичным шагом было установить, насколько значимо воздействие климатических условий. Теоретически запасы углерода в почвах должны увеличиваться при переходе к более южной биоклиматической зоне даже при одинаковом породном составе лесов и таксономической принадлежности почв.

Проведенные ранее исследования показали статистически значимые отличия по запасам углерода двух участков заповедника в слое почв 0–30 см только для березняков перестойных. Однако слой 0–30 см в дерново-подзолистых почвах захватывает не только гумусовый горизонт, в котором наблюдается самая интенсивная переработка поступающих органических остатков и, соответственно, самое интенсивное накопление гумуса, но и нижележащие горизонты. Суммирование запасов углерода в толще 0–30 см может сглаживать отличия, проявляющиеся в слое, находящемся непосредственно под лесной подстилкой.

О. В. Чернова с соавторами отмечали, что с увеличением мощности рассматриваемого почвенного слоя различия в запасах углерода уменьшаются, правда, речь шла о слоях большей мощности [9]. Согласно рабочей гипотезе самые заметные отличия между почвами двух участков должны наблюдаться в слое меньшей мощности, чем 30 см.

Цель данной работы сравнить запасы органического углерода в слое 0–20 см, содержание гумуса и азота в гумусовых горизонтах дерново-подзолистых почв под одинаковыми по породному и возрастному составу лесами Саралинского и Раифского участков Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник (ВКГПБЗ) находится на территории Республики Татарстан и состоит из двух

участков, Раифского и Саралинского (в некоторых источниках «Сараловского»), расположенных на расстоянии около 100 км друг от друга (рис. 1).

Раифский участок, общей площадью 5921 га, расположен в Зеленодольском районе Республики Татарстан. Саралинский участок находится в Лаишевском районе, его общая площадь 5456 га, включая часть акватории Куйбышевского водохранилища (рис. 1).



Рис. 1. Местоположение двух участков Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника.

Сухопутная территория обоих участков покрыта лесами, сходными по породному составу. Преобладающими лесами являются сосняки, липняки и березняки среднего возраста и старше (табл. 1).

В почвенном покрове обоих участков преобладают дерново-подзолистые почвы.

При этом участки заповедника относятся к разным географическим зонам, поскольку изолиния коэффициента увлажнения равного 1, по которой проводится граница между зонами хвойно-широколиственных (подтаёжных) и широколиственных лесов, проходит между ними. На территории Саралинского

участка среднегодовая температура воздуха выше на 0,4 °С, а среднегодовая сумма осадков на 50 мм/год ниже, чем на территории Раифского участка.

Таблица 1

Площади лесов разного породного состава

Характеристика древостоя по преобладающей породе	Площадь, га	Доля от общей площади лесов, %
Раифский участок ВКГПБЗ		
Сосняки	3552,0	62,9
Березняки	885,4	15,7
Липняки	1003,6	17,8
Другие	209,4	3,6
Саралинский участок ВКГПБЗ		
Сосняки	941,8	25,4
Березняки	892,6	24,1
Липняки	1564,8	42,2
Другие	306,8	8,3

В 2022–2023 гг. на территории Раифского и Саралинского участков заповедника заложены по 6 пробных площадок с одинаковыми преобладающими породами и возрастными группами деревьев:

- 1) сосняки перестойные,
- 2) сосняки средневозрастные,
- 3) березняки перестойные,
- 4) березняки средневозрастные,
- 5) липняки перестойные,
- 6) липняки средневозрастные.

На каждой из площадок закладывали 1 полный почвенный разрез, 2 полуямы и 2 прикопки. 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), валового азота (ГОСТ Р 58596–2019).

Далее рассчитывались:

А) содержание гумуса в гумусовых горизонтах, %;

Б) запасы органического углерода в слое 0–20 см (без учета лесной подстилки, отсчет начинается с верхней границы гумусового горизонта), т/га;

В) содержание валового азота в гумусовых горизонтах почв, %.

Для исследования выбраны именно эти параметры, так как результаты исследования содержания гумуса и азота в гумусовых горизонтах и запасов углерода в слое 0–20 см часто встречаются в научной литературе [10–13].

Оценка статистической значимости разницы проводилась с использованием различных непараметрических и параметрических критериев и способов обработки данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание гумуса

Проведенные исследования позволили установить, что содержание гумуса в отдельных образцах гумусовых горизонтов дерново-подзолистых почв Волжско-Камского заповедника колеблется от 0,9 % до 8,1 %, средние значения для пробных площадок – от 1,9 % до 6,9% (рис. 2). Полученные результаты согласуются с данными, полученными ранее для дерново-подзолистых почв под лесами разных типов в Республике Татарстан, где разброс содержания гумуса в горизонте А1 составлял от 1,4 до 14,0 % [12, 14]. В последнем случае, по-видимому, речь идет о включениях так называемого грубого гумуса. Сходные результаты получены для почв лесных экосистем и другими авторами [10].

Коэффициент вариации по содержанию гумуса в горизонте А1 для Раифского участка заповедника 45 %, для Саралинского – 35 %. В обоих случаях вариабельность очень высокая, но характерная для лесных экосистем, где обычно наблюдается неравномерность почвенного покрова благодаря наличию так называемых «тессер», формирующихся под древесными породами [15]. Кроме того, в лесах встречаются вывалы, пни, муравейники, вносящие свой вклад в неоднородность почвенного покрова [15].

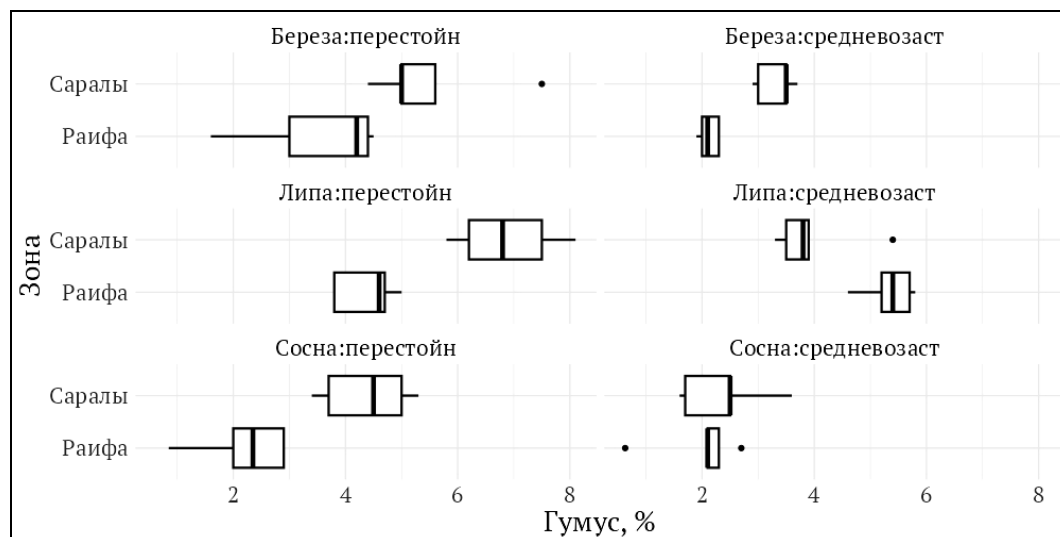


Рис. 2. Содержание гумуса в почвах Саралинского и Раифского участка под лесами одинакового породного состава и возраста

Породный состав древостоя оказывает воздействие на содержание гумуса в почвах под лесами за счет количества и химического состава поступающего опада [2, 12, 15]. Согласно полученным нами данным в почвах под лесами Волжско-Камского заповедника содержание гумуса в горизонте А1 увеличивается в ряду: сосняки < березняки < липняки. Такая же закономерность отмечалась в работе

М. А. Винокурова с соавторами для дерново-подзолистых почв согласно исследованиям, проводившимся на территории Раифского участка заповедника более 50 лет назад [12].

Однако в данном случае нас интересовало воздействие климатических факторов. На рис. 2 заметно, что среднее содержание гумуса в горизонте А1 дерново-подзолистых почв под лесами одного породного состава и возраста в четырех случаях из шести выше на Саралинском участке, чем на Раифском.

Статистическая обработка результатов, а именно, Welch Two Sample t-test с учетом поправки Бонферрони указал на статистически значимую разницу по содержанию гумуса в почвах только для почв под березняками средневозрастными, липняками перестойными и сосняками перестойными (табл. 2). Для этих лесов содержание гумуса в почвах статистически значимо выше на территории Саралинского участка. Для остальных – разница незначима.

Таблица 2

Оценка значимости разницы по содержанию гумуса под лесами одинакового породного состава и возраста между Саралинским и Раифским участком заповедника (Welch Two Sample t-test с поправкой Бонферрони)

Характеристика древостоя	diff	t	p_adj
Березняк перестойный	-1,960	-2,544	0,207
Березняк средневозрастный	-1,200	-6,838	0,003*
Липняк перестойный	-2,500	-5,148	0,010*
Липняк средневозрастный	1,360	3,179	0,105
Сосняк перестойный	-2,180	-4,145	0,019*
Сосняк средневозрастный	-0,414	-0,823	1,000

Примечание: *разница значима

Полученные данные согласуются с данными А. И. Кузнецовой с соавторами, показавшими на примере песчаных почв сосновых лесов Запада России, что с севера на юг под лесами одного породного состава содержание гумуса закономерно увеличивается [2]. Влияние климатического фактора авторы увязывали с увеличивающейся в более теплых условиях активностью почвенной микробиоты, что способствовало более интенсивному формированию гумусово-аккумулятивного горизонта.

Запасы углерода в слое 0–20 см

В почвах Саралинского участка средние запасы углерода в слое 0–20 см колебались от 14,5 т/га до 58,1 т/га (рис. 3), что составило 44–68 % от запасов метровой толщи, или о 70–84 % от запасов толщи 0–30 см.

В почвах Раифского участка заповедника средние для пробных площадок запасы углерода колебались от 12,3 т/га под до 45,8 т/га, что составило 49–71 % от запасов метровой толщи, или 79–93 % от запасов толщи 0–30 см.

Полученные результаты согласуются с данными И. А. Лихановой с соавторами, определившими запасы углерода в слое 0–20 см подзолистых почв под сосняками в 22,9 т/га [10]. Результаты также близки к рассчитанным М. А. Винокуровым с соавторами для дерново-подзолистых почв Республики Татарстан без указания конкретного типа леса – 30,4–57,7 т/га [12].

В целом для запасов углерода в слое почв 0–20 см Волжско-Камского заповедника сохраняется та же тенденция, что и для содержания гумуса, то есть средние запасы углерода увеличиваются в ряду: сосняки < березняки < липняки (рис. 3). Однако не везде – в средневозрастных лесах Саралинского участка запасы углерода в почвах березняков в среднем выше, чем в почвах липняков.

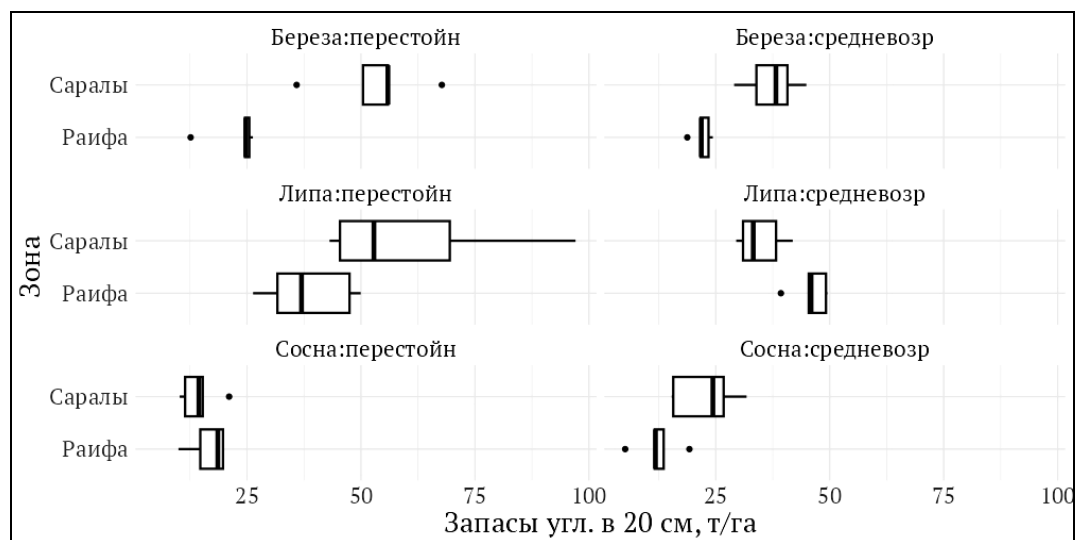


Рис. 3. Запасы углерода в слое почв 0–20 см Саралинского и Раифского участков заповедника.

Welch Two Sample t-test с поправкой Бонферрони показал, что запасы углерода в слое 0–20 см статистически значимо отличаются в почвах Саралинского и Раифского участков под березняками средневозрастными, березняками перестойными и липняками средневозрастными (табл. 3).

Причем в почвах Саралинского участка запасы органического углерода выше только под березняками обоих возрастов (рис. 3). Обратная зависимость под липняками средневозрастными, по-видимому, обусловлена разницей гранулометрического состава почв. Запасы углерода в почвах липняков перестойных и сосняков средневозрастных не имеют статистически значимых отличий между участками заповедника, однако, увеличение запасов на Саралинском участке прослеживается как тенденция (рис. 3).

Таким образом, статистически значимые изменения, предположительно связанные с климатическими условиями, для таких показателей как содержание

гумуса и запасы углерода в слое почв 0–20 см наблюдаются для разных биотопов. Единственное совпадение – березняки средневозрастные.

Таблица 3

**Оценка значимости разницы по запасам углерода в почвах в слое 0–20 см
между Саралинским и Раифским участком заповедника
(Welch Two Sample t-test с поправкой Бонферрони)**

Характеристика древостоя	diff	t	p_adj
Березняк перестойный	-30,429	-5,284	0,012*
Березняк средневозрастный	-15,341	-5,295	0,020*
Липняк перестойный	-23,097	-2,104	0,501
Липняк средневозрастный	11,083	3,751	0,037*
Сосняк перестойный	2,114	0,788	1,000
Сосняк средневозрастный	-10,512	-2,687	0,183

Примечание: *разница значима

Отличия в распределении содержания гумуса и запасов углерода определяется несколькими причинами:

1) содержание гумуса рассматривалось только в горизонте А1, имеющем разную мощность, а запас углерода – в слое 0–20 см,

2) содержание гумуса рассчитывается в процентах от веса почвы, а запас углерода рассчитывается на объем слоя,

3) расчет запаса углерода происходит с учетом объемного веса почвы, который отличается в гумусовом и нижележащем горизонтах.

Содержание общего азота

Исследования общего или, по-другому, валового азота в почвах заповедника показали, что его содержание колеблется от 0,09 % под сосняками до 0,46 % под липняками. Полученные результаты согласуются с данными о том, что на содержание азота в почве влияет качество опада, зависящее в свою очередь от состава растительности [2, 10] и данными по содержанию азота в дерново-подзолистых почвах Республики Татарстан [12, 14].

Результаты теста Тьюки (Tukey HSD test) при учете только породного состава лесов, под которыми отбирались образцы почв, показали, что разница по содержанию азота в гумусовых горизонтах статистически значима между сосняками и лиственными лесами. Между почвами липняков и березняков разница незначима (табл. 4).

Однако некоторые авторы отмечали, что на содержание азота в почве влияет не только состав растительности, но и климатический фактор [2].

Увеличение содержания азота в почвах более южного Саралинского участка по сравнению с Раифским прослеживается даже лучше, чем содержания гумуса и запасов углерода в слое 0–20 см (рис. 4).

Таблица 4

Оценка значимости разницы по содержанию валового азота согласно тесту Тьюки (Tukey HSD test) под преобладающими породами

Преобладающие породы	diff	lwr	upr	p adj
Липа-Береза	0,070	-0,017	0,157	0,149
Сосна-Береза	-0,094	-0,181	-0,007	0,030*
Сосна-Липа	-0,164	-0,251	-0,077	0,000*

Примечание: *разница значима

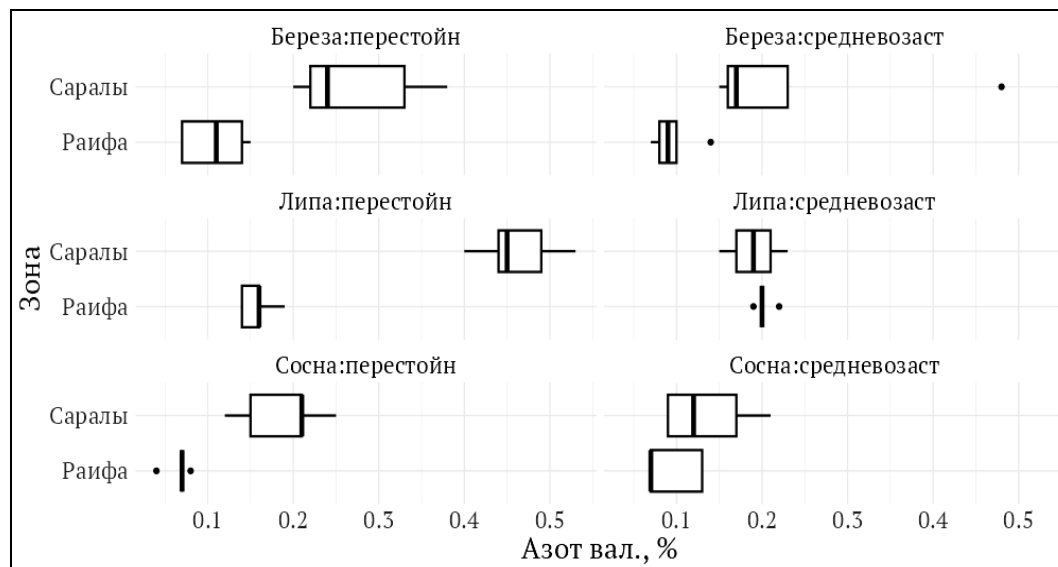


Рис. 4. Содержание валового азота в почвах Саралинского и Раифского участков заповедника.

Welch Two Sample t-test позволил признать статистически значимую разницу только для перестойных лесов разного породного состава: березняков перестойных, липняков перестойных и сосняков перестойных. По-видимому, климатическое воздействие на содержание азота в почвах становится значимым только в лесах такого возраста (табл. 5).

Для средневозрастных лесов разница статистически незначима, но тенденция к увеличению в почвах южного участка прослеживается.

Увеличение содержания азота в почвах Саралинского участка по сравнению с Раифским в значительной мере связано с увеличением содержания гумуса. Взаимосвязь этих признаков высокая, коэффициент корреляции в целом для заповедника равен 0,75, для Саралинского участка 0,71, для Раифского 0,85. С другой стороны, климатический фактор также может влиять на процессы минерализации и иммобилизации азота через изменение температурного и водного режима, регулирование микробиологической деятельности.

Таблица 5
Оценка значимости разницы по содержанию валового азота в почвах
Саралинского и Раифского участков заповедника
(Welch Two Sample t-test с поправкой Бонферрони)

Характеристика древостоя	diff	t	p_adj
Березняк перестойный	-0,166	-4,315	0,033*
Березняк средневозрастный	-0,142	-2,245	0,500
Липняк перестойный	-0,304	-12,645	0,000*
Липняк средневозрастный	0,012	0,802	1,000
Сосняк перестойный	-0,122	-5,023	0,029*
Сосняк средневозрастный	-0,042	-1,512	1,000

Примечание: *разница значима

Содержание валового азота рассматривается в комплексе с содержанием углерода в почвах, так как круговороты углерода и азота тесно связаны. От соотношения углерода и азота зависит скорость разложения опада, минерализация и иммобилизация азота в почвах и др. [2].

Данные, представленные в таблице 6, свидетельствуют о том, что соотношение углерода и азота в почвах Раифского участка шире, чем Саралинского. Это позволяет предположить, что процессы иммобилизации в почвах Раифского участка выражены сильнее. Поскольку породный и возрастной состав лесов одинаковый, то остается предположить, что в данном случае проявляется воздействие климатического фактора.

Таблица 6
Соотношение углерода и азота в почвах Волжско-Камского заповедника

Характеристика древостоя	Саралинский участок		Раифский участок	
	C:N	Обогащенность гумуса азотом*	C:N	Обогащенность гумуса азотом
Березняк средневозрастный	9,8	средняя	12,8	низкая
Липняк средневозрастный	12,2	низкая	15,3	очень низкая
Березняк перестойный	12,0	низкая	19,0	очень низкая
Липняк перестойный	8,7	средняя	16,1	очень низкая
Сосняк средневозрастный	11,4	низкая	12,1	низкая
Сосняк перестойный	14,2	очень низкая	19,3	очень низкая

Примечание: *по Л. А. Гришиной и Д. С. Орлову [16].

Это согласуется с мнением А. И. Кузнецовой с соавторами, что отношение C/N в почвах северных районов шире, чем расположенных южнее. Широкое соотношение также указывает на менее интенсивный круговорот [2].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что содержание гумуса, азота и запасов углерода в дерново-подзолистых почвах статистически значимо выше на территории Саралинского участка по сравнению с Раифским в двух-трех из шести сравниваемых лесных биотопов. Для остальных биотопов разница незначима, но в большинстве случаев прослеживается тенденция к увеличению показателей на том же участке.

Саралинский участок расположен южнее и отличается более теплыми и менее влажными климатическими условиями, с чем, по-видимому, и связаны лучшие условия для гумификации и накопления органического углерода, а также связанного с ними азота в почвах.

Содержание гумуса статистически значимо выше на Саралинском участке в почвах под липняком перестойным, сосняком перестойным и березняком средневозрастным.

Запасы углерода в слое 0–20 см достоверно выше на более южном участке под березняком средневозрастным и березняком перестойным.

Содержание общего азота статистически значимо выше в почвах Саралинского участка только под перестойными лесами всех изученных пород.

Таким образом, статистически значимые отличия между почвами лесов одинакового породного состава Саралинского и Раифского участков заповедника обнаружены. Влияние климатических условий подтверждается также разными величинами соотношений C:N в почвах более южного и более северного участков заповедника.

Однако на данном этапе исследований полученных данных недостаточно, чтобы включать в региональные нормативы по запасам органического углерода в почвах поправочный коэффициент, учитывающий биоклиматическую зону.

Изучение запасов органического углерода в почвах лесов должно быть продолжено, возможно, с рассмотрением влияния других факторов.

Список литературы

1. Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов. Утв. Распоряжением Минприроды России от 30.06.2017 №20-р.
2. Кузнецова А. И. Запасы углерода в песчаных почвах сосновых лесов на западе России / А. И. Кузнецова, Н. В. Лукина, А. В. Горнов, М. В. Горнова, Е. В. Тихонова, В. Э. Смирнов, М. А. Данилова, Д. Н. Тебенькова, Т. Ю. Браславская, В. А. Кузнецов, Ю. Н. Ткаченко, Н. В. Геникова // Почвоведение. – 2020. – № 8. – С. 959–969.
3. Осипов А. Ф. Запасы углерода в почвах лесов Красноярского края: анализ роли типа почвы и древесной породы / А. Ф. Осипов, В. В. Старцев, А. С. Прокушкин, А. А. Дымов // Теоретическая и прикладная экология. – 2023. – № 1. – С. 67–74.
4. Кулагина В. И. Запасы органического углерода в почвах Раифского участка Волжско-Камского заповедника / В. И. Кулагина, А. Б. Александрова, С. С. Рязанов, Р. Р. Шагидуллин,

- А. А. Андреева, Т. Г. Кольцова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2023. – Т. 9, № 1. – С. 143–158.
5. Иванов Д. В. Предварительные оценки запасов углерода в почвах лесных экосистем Республики Татарстан / Д. В. Иванов, А. Б. Александрова // Российский журнал прикладной экологии. – 2022. – № 2 (30). – С. 56–60.
 6. Chernova O. V. Integrated approach to spatial assessment of soil organic carbon in the Russian Federation / O. V. Chernova, O. M. Golozubov, I. O. Alyabina, D. G. Schepaschenko // Eurasian Soil Science. – 2021. – Vol. 54. – P. 325–336.
 7. Osipov A. F. Carbon stocks of soils under forest in the Komi Republic of Russia / A. F. Osipov, K. S. Bobkova, A. A. Dymov // Geoderma Regional. – 2021. – Vol. 27. – Article No. e00427. – DOI: 10.1016/j.geodrs.2021.e00427
 8. Barthès G. B. Soil organic carbon content and stock in Martinique – relations to near infrared spectra / G. B. Barthès, C. Venkatapen, A. Cambou, E. Blanchart // European Journal of Soil Science. – 75(1) – Article No. e13453. – <https://doi.org/10.1111/ejss.13453>
 9. Чернова О. В. Оценка запасов органического углерода лесных почв в региональном масштабе / О. В. Чернова, И. М. Рыжова, М. А. Подвезенная // Почвоведение. – 2020. – №3. – С. 140–150.
 10. Лиханова И. А. Почвенное органическое вещество и запасы углерода в почвах техногенных ландшафтов средней тайги европейского северо-востока России / И. А. Лиханова, Е. Г. Кузнецова, Ю. В. Холопов, С. В. Денева, Е. М. Лаптева // Лесохозяйственная информация. – 2022. – № 3. – С. 125–134.
 11. Зорина С. Ю. Гумусное состояние разновозрастных залежей лесостепной зоны Прибайкалья / С. Ю. Зорина, Л. Г. Соколова, Н. В. Дорофеев, С. Г. Казановский // Вестник ИРГСХА. – 2020. – № 96. – С. 16–24.
 12. Винокуров М. А. Гумус почв Волжско-Камской лесостепи и его роль в плодородии / М. А. Винокуров, А. В. Колоскова, Г. И. Сперанская, К. Ш. Шакиров. – Казань: Изд-во Казанского университета, 1972. – 132 с.
 13. Копчик Г. Н. Оценка запасов углерода в почвах лесных экосистем как основа мониторинга климатически активных веществ / Г. Н. Копчик, С. В. Копчик, Ю. В. Куприянова, М. С. Кадулин, И. Е. Смирнова // Почвоведение. – 2023. – №12. – С. 1686–1702.
 14. Александрова А. Б. Красная книга почв Республики Татарстан / А. Б. Александрова, Н. А. Бережная, Б. Р. Григорьян, Д. В. Иванов, В. И. Кулагина. – Казань: Фолиант, 2012. – 192 с.
 15. Карпачевский Л. О. Почвенный покров и парцеллярная структура лесного биогеоценоза / Л. О. Карпачевский, Т. А. Зубкова, Л. Н. Ташнинова, Р. Н. Руденко // Лесоведение. – 2007. – № 6. – С. 107–113.
 16. Гришина Л. А. Система показателей гумусного состояния почв / Л. А. Гришина, Д. С. Орлов // Проблемы почвоведения. – М.: Наука, 1978. – С 42–47.

ORGANIC CARBON STOCKS, HUMUS AND NITROGEN CONTENTS IN THE SOILS OF THE SARALINSKY AND RAIFA SECTIONS OF THE OF THE VOLZHSKO-KAMSKY RESERVE

***Kulagina V. I., Alexandrova A. B., Ryazanov S. S., Shagidullin R. R.,
Sungatullina L. M., Gordeeva K. A.***

*Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of
Sciences, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia
E-mail: viksoil@mail.ru*

An inventory of carbon reserves in forest ecosystems remains relevant task and it is necessary for developing the state policy of the Russian Federation in the field of

atmospheric decarbonization. The decarbonization policy must take into account carbon reserves in forest soils, but they have not yet been sufficiently studied. As work is carried out to inventory carbon reserves in forest soils, the need to develop regional standards that are more detailed than the currently existing reference data for 12 macro regions of Russia is becoming increasingly apparent. Currently, the question arises whether regional standards, in addition to species and age composition of forest and soil type, should also take into account climatic differences. The purpose of this work was to compare soil organic carbon reserves in the 0–20 cm layer, as well as humus and nitrogen content in topsoil of soddy-podzolic soils, under forests with similar species and age composition of the Saralinsky and Raifsky sections of the Volga-Kama State Natural Biosphere Reserve, which are located at a distance of 100 km. Despite the relatively short distance, the areas belong to different bioclimatic zones. The Raifa section is located further north and has a colder and wetter climate than the Saralinsky section. On the territory of the Saralinsky section the average annual air temperature is 0.4 °C higher, and the average annual precipitation is 50 mm/year lower in comparison to the Raifa section. At each section, 6 sample plots were established under forests of the predominant species composition and age group. Samples were collected in fivefold repetition under birch, linden and pine forests of middle and over mature age groups. Welch Two Sample t-test with the Bonferroni correction showed that in half of the compared biotopes, the Saralinsky soils contain significantly higher amounts of humus, nitrogen, and organic carbon reserves than the soils of the Raifa section. For other biotopes, the difference was statistically insignificant. The humus content was significantly higher on the Saralinsky section in soils under over mature lime forests, over mature pine forests and middle-aged birch forests. Carbon reserves in the 0–20 cm layer were significantly higher in the southern section under the middle-aged birch forests and over mature birch forests. The content of total nitrogen was significantly higher in the soils of the Saralinsky section under over mature forests of all studied species. It has been established that the C:N ratio in topsoils was wider in the Raifa soils. Thus, it was shown that the Saralinsky section has better climatic conditions for humification and accumulation of organic carbon, as well as associated nitrogen in soils. However, since significant difference has been proven only for the half of biotopes, at this stage of the research the data obtained was not enough to include a correction factor that takes into account the bioclimatic zone into regional standards for organic carbon reserves in soils.

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

References

1. Guidelines for the quantitative determination of the volume of absorption of greenhouse gases. Approved By order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated June 30, 2017 №. 20 p.
2. Kuznetsova A. I., Lukinal 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. Carbon Stock in Sandy Soils of Pine Forests in the West of Russia, *Eurasian Soil Science*, **8**, 1056 (2020).
3. Osipov A. F., Startsev V. V., Prokushkin A. S., Dymov A. A. Carbon stocks in forest soils of the Krasnoyarsk Region: analysis of soil and tree species role, *Theoretical and Applied Ecology*, **1**, 67 (2023).

4. Kulagina V. I., Alexandrova A. B., Ryazanov S. S., Shagidullin R. R., Andreeva A. A., Koltcova T. G. Organic carbon stocks in the soils of the Raifa section of the Volzhsko-Kamsky reserve, *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **1**, 143 (2023).
5. Ivanov D. V., Alexandrova A. B. Preliminary estimations of carbon stocks in soils of forest ecosystems of the Republic of Tatarstan, *Russian Journal of Ecosystem Ecology*, **2(30)**, 56 (2022).
6. 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*, **3**, 325 (2021).
7. Osipov A. F., Bobkova K. S., Dymov A. A. Carbon stocks of soils under forest in the Komi Republic of Russia, *Geoderma Regional*, **27**, Article No. e00427 (2021)– DOI: 10.1016/j.geodrs.2021.e00427
8. Barthès G. B., Venkatapen C., Cambou A., Blanchart E. Soil organic carbon content and stock in Martinique – relations to near infrared spectra, *European Journal of Soil Science*, **75(1)**, Article No. e13453 (2023) –<https://doi.org/10.1111/ejss.13453>
9. Chernova O. V., Ryzhova I. M., Podvezennaya M. A. Assessment of organic carbon stocks in forest soils on a regional scale, *Eurasian Soil Science*, **3**, 339 (2020).
10. Likhanova I., Kuznetsova E., Kholopov Y., Deneva S., Lapteva E. Soil Organic Matter and Carbon Stocks in Soils of Technogenic Landscapes in the Middle Taiga Subzone of the European North-East of Russia, *Forestry information*, **3**, 125 (2022).
11. Zorina S. Yu., Sokolova L. G., Dorofeev N. V., Casanovsky S. G. Humus state of different fallows of forest-steppe zone of Prebaikalia, *Vestnik IrGSHA*, **96**, 16 (2020).
12. Vinokurov M. A., Koloskova A. V., Speranskaya G. I., Shakirov K. Sh. Humus in soils of the Volga-Kama forest-steppe and its role in fertility, 132 p. (Kazan University Publishing House, Kazan, 1972).
13. Koptsik G. N., Koptsik S. V., Kupriianova I. V., Kadulin M. S., Smirnova I. E. Estimation of carbon stocks in soils of forest ecosystems as a basis for monitoring climatically active substances, *Soil science*, **12**, 1686 (2023).
14. Alexandrova A. B., Berezhnaya N. A., Grigoryan B. R., Ivanov D. V., Kulagina V. I. Red Book of Soils of the Republic of Tatarstan, 192 p. (Foliant, Kazan, 2012).
15. Karpachevskii L. O., Zubkova T. A., Tashninova L. N., Rudenko R. N. The Soil Cover and Parcel Structure of a Forest Biogeocenosis, *Forestry*, **6**, 107 (2007).
16. Grishina L. A., Orlov D. S. System of indicators of the humus status of soils, Problems of soil science (Nauka, Moscow, 1978) p. 42.