

ЗАПАС УГЛЕРОДА В ВЕРХНИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ГОРИЗОНТАХ ПОЧВЫ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ОПЫТНОГО ОБЪЕКТА «КАРАУЛЬНОЕ»

Е. Ф. Лузина, А. В. Мантулина, А.Г. Неповинных, О.В. Трефилова, В.Н. Немич

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева,
660037, г. Красноярск, проспект им. газеты Красноярский рабочий, 31

Ключевые слова: сосняки, верхние горизонты почвы, органические остатки, гумус, запас углерода

Важной особенностью бореальных лесов, и в первую очередь хвойных, является относительно медленный процесс разложение биомассы, в результате чего формируется существенный запас органического вещества в верхних почвенных горизонтах [1, 2]. В почвах бореальных лесов может содержаться более половины депонированного экосистемой углерода [3].

На долю почвы приходится большая часть депонированного лесными экосистемами углерода. В связи с этим актуально изучение связи углерод-депонирующих функций почвы с характеристиками лесного насаждения, макро и микрорельефа, климатических условий.

В органическом веществе почвы выделяют две составляющие – органические остатки и гумус. Органические остатки – это органические вещества, ткани растений и животных, частично сохранившие исходную форму и строение, видны невооруженным глазом или под лупой. Они составляют 5–10 % общего содержания органического вещества почвы. Гумус – часть органического вещества почвы, представленная совокупностью специфических и неспецифических органических веществ почвы, за исключением соединений, входящих в состав живых организмов и их остатков [4]. На долю гумуса, в большинстве минеральных горизонтов почв приходится до 90–99 % общего содержания органического вещества [5].

Объектом исследования являлись чистые сосновые насаждения Красноярского Караульного участкового лесничества. В целом для всех участков преобладающей породой является сосна с включениями берёзы, кедра и осины, единично – ели и пихты.

Исследования проводились на четырех пробных площадях. Две (№3 и 4) заложены в высокопроизводительных древостоях 1 класса и полнотой более 1.0 и две (№5 и 6) в условиях 3 класса близких типов леса. При этом пробная площадь № 3 заложена в лесу, сформировавшемся естественным путем на залежи. Все участки имеют южный уклон от 10 до 22 ° (Таблица 1).

Таблица 1 – Таксационная характеристика насаждений

Кв./в. (№ ПП)	Состав	Высота, м	Возраст, лет	Диаметр, см	Бонитет	Тип леса	Полнота	Запас, м ³ га ⁻¹	Запас пдр., пдл., ЖНП т/га	Склон
50/11 (3 ПП)	10С	27,0	86	25,5	I	С ртзм	1,3	500	0,872	Ю-11,4°
50/8 (4 ПП)	10С	24,0	80	27,7	I	С осчрт	1,4	520	6,82	Ю-15°
38/18 (5 ПП)	10С	22,4	95	24,7	III	С ртзм	1,4	420	2,807	Ю-21,7°
38/25 (6 ПП)	9С1Б	29,0	97	30,0	III	С осчрт	0,6	252	2,713	Ю-10°

Район исследования представлен серыми лесными почвами. Однако из-за горного рельефа их мощность сильно варьирует.

Для оценки структуры и запасов органического вещества, на каждой пробной площади помимо таксационного и ботанического описания, в систематическом порядке по всей территории, были заложены 9–10 учетных площадок 20х20 см, на которых были извлечены почвенные монолиты по 20х20х20 см [6].

Извлечение почвы проводилось послойно с глубин 0 до 10 см и от 10 до 20 см. Из собранных образцов удалялись живые растения (кустарнички, трава, мох с корнями). Оставшаяся мортмасса разделялась на фракции: корни мёртвые, корни живые, хвоя, кора, древесные остатки, шишки, сухие трава и листья.

Мелкие корни и органические остатки, неподдающаяся ручной сортировке, были извлечены методом отмачивания в водопроводной воде (мокрый способ) на сито с размером ячеек 0,5 мм.

Взвешивание каждой фракции проводилось на электронных весах с точностью до 0,01 г. Для каждой фракции, по общепринятой методике [7, 8], определялась масса в воздушно-сухом и абсолютно сухом состоянии, и рассчитан коэффициент гигроскопичности.

Образцы почвы в полученные в монолитах для оценки запаса углерода в верхних горизонтах были разделены на фракции; для каждой фракции определён коэффициент гигроскопичности рассчитана, масса в абсолютно сухом состоянии. Результаты обработки приведены в таблице 2.

Анализ собранных данных показал высокую изменчивость запасов органических остатков на учетных площадках. Наименьшей изменчивостью у хвои (средний коэффициент варьирования 50 %, наибольшая у корней и шишек 80 и 110 %.).

Таблица 2 – Запаса органических остатков в абсолютно сухом состоянии, т га⁻¹

Горизонт	ПП № 3		ПП № 4		ПП № 5		ПП № 6	
	0–10	10–20	0–10	10–20	0–10	10–20	0–10	10–20
Всего (в т.ч.)	6,92	4,57	11,20	4,50	14,20	2,92	12,41	1,76
– корни мертвые	2,05	0,33	5,77	1,54	7,43	1,72	9,28	1,10
– хвоя	2,06	0,00	1,64	0,00	2,65	0,00	1,46	0,00
– кора	0,85	0,81	0,62	0,57	1,31	0,68	0,41	0,35
– древесные остатки	1,04	1,17	1,83	2,18	1,52	0,52	0,83	0,31
– шишки	0,92	2,26	1,34	0,22	0,92	0,00	0,27	0,00
– трава, листья	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,00	0,16	0,00

Заметно довольно большое количество органических остатков в горизонте почвы глубиной от 10 до 20 см. В основном это отмершие корни, и медленно разлагаемые шишки, и древесные остатки (таблица 2, рисунок 1).

Анализ показывает, запас корневой массы в верхних минеральных почвенных горизонтах зависит в основном от мощности почв. Так мелкие почвы с каменистым основанием, как на ПП № 5 и № 6, способствуют формированию поверхностной корневой системы и увеличению числа корней в верхних почвенных слоях. Кроме того, ПП № 5 имеет самый крутой уклон в 21,7°. В таких условиях влажность почвы несколько меньше, что снижает интенсивность гетеротрофных процессов и приводит к накоплению органических остатков. Существенного влияния развития нижних ярусов насаждения не выявлено.

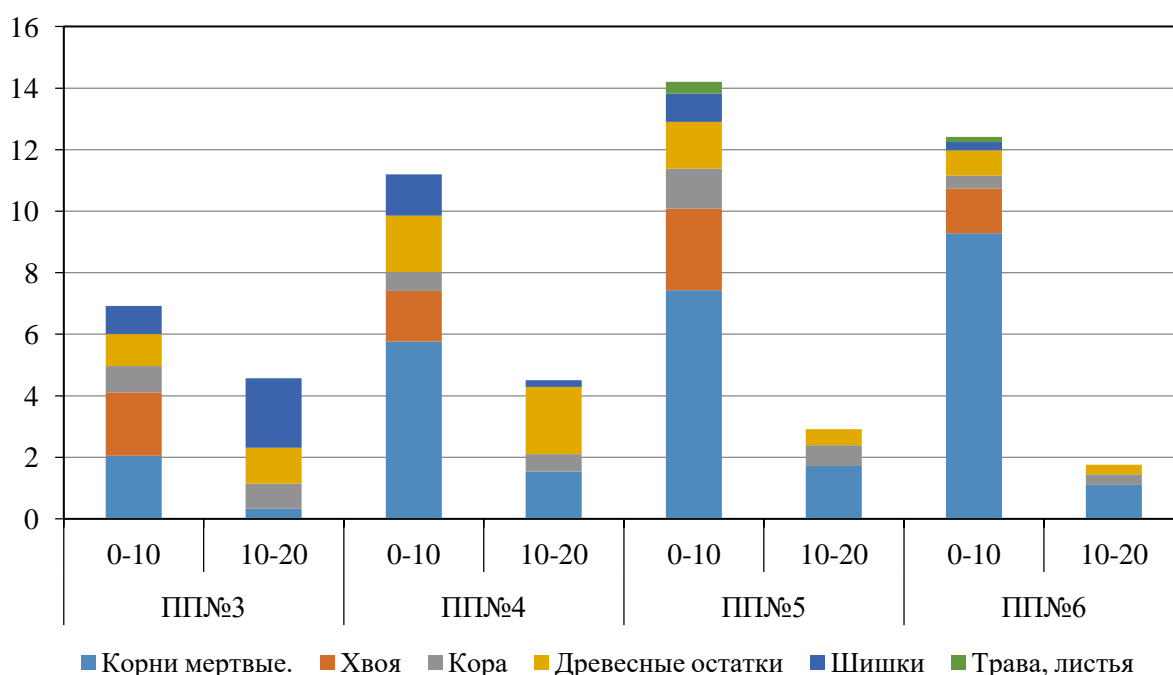


Рисунок 1 – Структура запаса органических остатков по пробным площадям, т га⁻¹

Для определения запаса гумуса в почвах, был использован метод оценки потери массы при прокаливании образца грунта [9]. Для этого средние образцы почвы были очищены от всех видимых органических остатков и просеяны через сито с размером ячеек 0,5 мм. Прокаливание подготовленных образцов проводилось при температуре 525 °С до постоянной массы. Доля органического вещества показана в таблице 3.

Таблица 3 – Доля (%) гумуса в верхних слоях почвы

ПП	3		4		5		6	
Горизонт	0–10	10–20	0–10	10–20	0–10	10–20	0–10	10–20
Гумус	9,6	8,4	14,3	9,6	8,9	15,2	9,3	12,0

Для расчета общего запаса углерода, депонированного в растительных остатках, принят коэффициент содержание углерода – 0,4, а для углерода в гумусе почвы 0,58 [10].

Общий запас углерода депонированного в верхних минеральных горизонтах почвы отражен в таблице 4.

Таблица 4 – Запас С в верхнем 20 сантиметровом минеральном слое почвы (т га⁻¹)

№ ПП	ПП № 3		ПП № 4		ПП № 5		ПП № 6	
Горизонт	0–10	10–20	0–10	10–20	0–10	10–20	0–10	10–20
Запас углерода в гумусе	45,04	52,81	47,78	55,97	27,25	40,44	23,63	28,75
Запас углерода в растительных остатках	2,77	1,83	4,48	1,8	5,68	1,17	4,96	0,70
Всего	47,81	54,64	52,26	57,77	32,93	41,61	28,59	29,45
	102,45		110,03		74,54		58,04	

Древостои пробных площадей № 5 и № 6 имеют меньший запас углерода в расчете на га. Это связано с тем, что в общем объеме почвенных горизонтов образцах почв имелась значительная примесь камней в обоих горизонтах (таблица 5).

Таблица 5 - Средняя доля камней в общей массе почвы на учетных площадках (пределы 0–10; 10–20 представлены в см)

№ ПП	ПП № 5		ПП № 6	
Горизонт	0–10	10–20	0–10	10–20
Доля камней в горизонте	0,32	0,50	0,18	0,44

В целом полученные результаты имеют значительное варьирование и не позволяют надежно оценить запас углерода в насаждении и закономерности его распределения.

Основной вклад в запас углерода вносит гумус почвы и очевидна связь этого показателя с крутизной склона и соответственно мощностью почв. Это в свою очередь определяет условия произрастания древостоев. Так на пробных площадях 5 и 6 класс бонитета ниже, чем на 3 и 4.

Объем органических остатков имеет большую изменчивость внутри каждого исследуемого участка и зависит от развития подроста и подлеска. Мелкие почвы способствуют увеличению запаса корней в верхних горизонтах, даже в древостоях более низкой полноты и запаса.

Изменчивость мощности почв в зависимости от микрорельефа (в первую очередь в горных условиях) не позволяет использовать обобщенные нормативы для оценки локальных запасов углерода при проектировании лесоклиматических проектов.

Одним из индикаторов для (создания нормативов) оценки углероддепонирующей функции почвы может выступать класс бонитета древостоев.

Исследование проводилось в рамках государственного задания, установленного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, для реализации проекта «Закономерности формирования пула углерода в лесных насаждениях на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного назначения» (№ FEFE–2023–0006) коллективом научной лаборатории «Лесных экосистем».

Библиографический список

1. Шихова Л.Н., Зубкова О.А., Русских Е.А. Динамика запасов углерода в почвенном ярусе лесной таежной экосистемы // Вестник Удмуртского университета. – 2011. – № 4. – С. 31–39.
2. Чернова О.В., Рыжова И.М., Подвезенная М.А. Оценка запасов органического углерода лесных почв в региональном масштабе // Почвоведение. – 2020. – № 3. – С. 340–350.
3. Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Краев Г.Н. Динамика баланса углерода в лесах федеральных округов Российской Федерации // Вопросы лесной науки. – 2018. – Том 1 № 1. – С. 1–24.
4. [ГОСТ 27593-88](#) Межгосударственный стандарт «Почвы. Термины и определения». – М.: Стандартинформ, 2008. – 11 с.

5. Мамонтов В. Г., Панов Н.П., Игнатьев Н.Н. Общее почвоведение: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по агрономическим специальностям. – Москва: КноРус, 2015. – 538 с.
6. Рахтеенк, И. Н. Корневые системы древесных и кустарниковых пород. – Москва: Гослесбумиздат, 1952. – 106с.
7. Иванов А. В. Запасы лесных подстилок в кедрово-широколиственных лесах южного Сихотэ-Алиня // Сибирский лесной журнал. – 2015. – № 5. – С. 87–95.
8. Шуркина В. В. Изменение запаса и фракционного состава лесной подстилки в кедровниках, пораженных шестизубчатым короедом (участок «Малый Абакан» заповедника «Хакасский») // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 3. – С. 40–45.
9. ГОСТ 23740-2016. Метод прокаливания, основанный на потере массы образца почвы до и после нагрева до температур выше 500°С и выжигания органических веществ. – М.: Стандартиформ, 2017. – 12 с.
10. Распоряжение Минприроды России «Об утверждении методических указаний по количественному определению объёма поглощения парниковых газов» от 30.06.2017 г. № 20-р (ред. от 20.01.2021 г.). – 2017. URL: <https://rulaws.ru/acts/Rasporyazhenie-Minprirody-Rossii-ot-30.06.2017-N-20-r/> (дата обращения 15.11.2022).