

ОЦЕНКА СУЩЕСТВУЮЩЕЙ В РОССИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПУЛОВ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИРОДНЫХ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ПУЛОВ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ТАЕЖНЫХ И ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ С УЧЕТОМ РАЗРАБОТАННЫХ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ПРОГНОЗНЫЕ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ ПУЛОВ УГЛЕРОДА НА МОДЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ В ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ И ТАЕЖНЫХ ЛЕСАХ. РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ФОРМИРОВАНИЮ И ПОДГОТОВКЕ ОПОРНЫХ НАЗЕМНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПУЛОВ УГЛЕРОДА В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ КОМБИНАЦИИ НАЗЕМНЫХ И СПУТНИКОВЫХ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ

**Результаты отчета Федерального государственного учреждения науки
Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН по ВИП ГЗ
«Единая национальная система мониторинга
климатически активных веществ», 2022 г.**

ЛУКИНА НАТАЛЬЯ ВАСИЛЬЕВНА



ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ

- 1- Дать анализ существующей инфраструктуры пробных площадей в России для оценки пулов углерода в лесных и других естественных наземных экосистемах;
- 2- Провести сравнительные оценки пулов углерода в почвах и древостоях таежных и хвойно-широколиственных лесов России;
- 3- Провести сравнительные прогнозные оценки динамики пулов углерода на модельных объектах в хвойно-широколиственных и таежных лесах;
- 4- Разработать методические подходы к формированию и подготовке опорных наземных данных для оценки пулов углерода в наземных экосистемах на основе комбинации наземных данных и спутниковых мультиспектральных изображений высокого пространственного разрешения.

СТАРОВОЗРАСТНЫЕ ЛЕСА РОССИИ



Лукина Н.В.^а, Барталев С.А.^{а, б}, Гераськина А.П.^а, Плотникова А.С.^а, Горнов А.В.^а, Ершов Д.В.^а, Гаврилюк Е.А.^а, Кузнецова А.И.^а, Шевченко Н.Е.^а, Тихонова Е.В.^а, Данилова М.А.^а, Тебенькова Д.Н.^а, Смирнов В.Э.^а, Ручинская Е.В.^а Роль старовозрастных лесов в аккумуляции и хранении углерода // Известия сер. Географическая, 2023

ПЛОЩАДЬ СТАРОВОЗРАСТНЫХ ЛЕСОВ И ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА ПО ФОРМАЦИЯМ

Формация лесов	Общий запас С, млн т	Удельный запас С, т/га	Площадь, млн га
Сосновая	600.24	43.35	13.85
Еловая	247.83	49.79	4.98
Пихтовая	0.90	95.42	0.01
Лиственничная	3752.44	51.30	73.15
Кедровая (кедр сибирский)	10.67	56.53	0.19
Дубовая	38.91	105.91	0.37
Буковая	3.26	119.43	0.03
Березовая (береза каменная)	0.14	41.29	0.003
Березовая	16.30	45.93	0.35
Осиновая	0.23	57.89	0.004
Липовая	0.11	52.60	0.002
Кленовая	0.002	131.46	0.00002
Лиственничное редколесье	2596.19	37.90	68.51
Кедровый стланик	57.53	41.41	1.39
Лиственные кустарники	1.96	35.26	0.06

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗАПАСОВ С И N В ПОЧВАХ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

Запасы	v-test	\bar{X}_1	\bar{X}_2	SD_1	SD_2	p
Северо-Западный Кавказ						
Осино-грабовые жимолостно-мелкотравные (n=30)						
С в подгоризонте L	-2.74	1.37	1.64	0.42	0.65	0.006
N в подгоризонте L	-1.55	0.06	0.06	0.02	0.02	0.121
С в подгоризонте FH	-1.90	1.68	2.04	0.84	1.25	0.058
N в подгоризонте FH	-1.23	0.08	0.09	0.03	0.05	0.218
С в слое 0-30 см	1.95	90.62	82.73	22.01	26.59	0.052
N в слое 0-30 см	2.45	7.51	6.75	1.76	2.05	0.014
Буко-пихто-грабовые мелкотравные (n=36)						
С в подгоризонте L	-0.88	1.57	1.64	0.42	0.65	0.376
N в подгоризонте L	-1.32	0.06	0.06	0.02	0.02	0.187
С в подгоризонте FH	2.60	2.47	2.04	1.69	1.25	0.010
N в подгоризонте FH	3.11	0.11	0.09	0.07	0.05	0.002
С в слое 0-30 см	4.50	98.62	82.73	24.15	26.59	0.000
N в слое 0-30 см	1.78	7.23	6.75	2.52	2.05	0.074
Пихто-буковые мертвопокровные (n= 33)						
С в подгоризонте L	3.57	1.97	1.64	0.87	0.65	0.000
N в подгоризонте L	2.86	0.07	0.06	0.03	0.02	0.004
С в подгоризонте FH	-0.80	1.90	2.04	0.81	1.25	0.425
N в подгоризонте FH	-1.97	0.07	0.09	0.03	0.05	0.049
С в слое 0-30 см	-6.49	58.21	82.73	11.20	26.59	0.000
N в слое 0-30 см	-4.21	5.52	6.75	0.83	2.05	0.000

\bar{X}_1 – среднее в категории, \bar{X}_2 – общее среднее, SD_1 – стандартное отклонение в категории, SD_2 – общее стандартное отклонение, p – уровень значимости

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗАПАСОВ С И N В ПОЧВАХ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ МОСКВОРЕЦКО - ОКСКОЙ РАВНИНЫ

Запасы	v-test	\bar{X}_1	\bar{X}_2	SD_1	SD_2	p
Березово-липовые снытево-волосистоосоковые (n=21)						
С в подгоризонте L	-2.79	0.95	1.55	0.25	1.19	0.005
N в подгоризонте L	-3.26	0.03	0.06	0.01	0.04	0.001
С в подгоризонте FH	-2.09	0.02	0.31	0.05	0.75	0.037
N в подгоризонте FH	-2.31	0.00	0.01	0.00	0.03	0.021
С в слое 0-30 см	-2.67	58.29	68.40	11.66	20.85	0.008
N в слое 0-30 см	-2.29	5.06	5.46	0.90	0.97	0.022
Липовые волосистоосоковые (n=17)						
С в подгоризонте L	-2.14	1.02	1.55	0.38	1.19	0.032
N в подгоризонте L	-2.23	0.04	0.06	0.01	0.04	0.026
С в подгоризонте FH	-1.75	0.03	0.31	0.06	0.75	0.079
N в подгоризонте FH	-1.90	0.00	0.01	0.00	0.03	0.057
С в слое 0-30 см	-1.79	60.58	68.40	12.90	20.85	0.074
N в слое 0-30 см	0.17	5.50	5.46	0.98	0.97	0.863
Широколиственно-еловые зеленчуково-кисличные (n=30)						
С в подгоризонте L	4.46	2.28	1.55	1.48	1.19	0.000
N в подгоризонте L	4.98	0.08	0.06	0.05	0.04	0.000
С в подгоризонте FH	3.48	0.66	0.31	1.03	0.75	0.001
N в подгоризонте FH	3.81	0.03	0.01	0.04	0.03	0.000
С в слое 0-30 см	4.04	79.91	68.40	23.92	20.85	0.000
N в слое 0-30 см	1.98	5.72	5.46	0.95	0.97	0.048

\bar{X}_1 – среднее в категории, \bar{X}_2 – общее среднее, SD_1 – стандартное отклонение в категории, SD_2 – общее стандартное отклонение, p – уровень значимости

ЗАПАСЫ АЗОТА И УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЕЛЬНИКОВ КУСТАРНИЧКОВО-ЗЕЛЕНОМОШНЫХ, Т/ГА

ЭБГА	L подгоризонт подстилки				F подгоризонт подстилки				H подгоризонт подстилки				0-30 см			
	C		N		C		N		C		N		C		N	
	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD
Межкروновый кустарничково- зеленомошный	2.02	0.54	0.05	0.01	14.52	3.60	0.38	0.14	7.66	1.22	0.18	0.05	38.69	7.04	1.91	0.41
Еловые- кустарничково- зеленомошные, 80-120 лет	2.24	0.91	0.07	0.03	5.67	1.61	0.18	0.05	12.88	3.37	0.36	0.12	57.65	24.06	2.70	1.25
Еловые мертвопокровные, >200 лет	3.03	0.88	0.10	0.03	3.82	0.98	0.14	0.03	29.75	13.13	0.99	0.47	44.68	17.04	2.17	0.64

ЗАПАСЫ СТВОЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ И УГЛЕРОДА В ДРЕВОСТОЕ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ

Тип леса	Возраст древостоя, лет	Запас живой древесины, куб. м/га	Запас сухой древесины, куб. м/га	Общий запас древесины, куб. м/га	Запас С в живой древесине, т/га	Запас С в сухой древесине, т/га	Общий запас С в древесине, т/га
Северо-Западный Кавказ							
Осино-грабовые жимолостно- мелкотравные	50-60	274.8±31.2	18.1±8.7	292.9±34.1	119.9±17.6	8.1±3.4	128.1±18.8
Буко-пихто-грабовые мелкотравные	80-110	313.7±81.6	5.3±2.2	319.1±86.5	142.2±34.5	2.4±0.2	144.6±36.7
Пихто-буковые мертвопокровные	Более 450	1089.3±254.6	7.9±9.9	1097.2±264.6	471.6±121.1	2.2±0.3	473.8±123.7
Москворецко - Окская равнина							
Березово-липовые снитево- волосистоосоковые	60-70	374.1±37.3	12.5±4.4	386.6±34.3	133.8±11.12	5.5±2.2	139.2±9.8
Липовые волосистоосоковые	75-90	446.9±30.7	13.1±9.6	460.0±21.2	154.4±7.9	5.2±4.0	159.5±4.1
Широколиственно- еловые зеленчуково- кисличные	90-125	457.6±9.4	35.3±4.5	492.9±10.8	181.0±4.1	18.9±3.1	199.9±3.5

СЦЕНАРИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

- Набор сценариев моделирования разработан с использованием методических подходов проекта INTEGRAL (Schüll, Schröter, 2013) , кросс-матрицы (Kosow and Gaßner, 2008; Тебенькова и др., 2022). Сценарии представляют собой набор потенциально возможных, альтернативных, структурно разных ситуаций развития будущего, обусловленного сложившейся социально-экономической, политической, экологической ситуацией на территории исследования.
- Для лесных участков таежных лесов (Нижегородская область) разработано четыре сценария. В каждом сценарии лесное хозяйство ориентировано на получение выгод от определенных экосистемных услуг (ЭУ) лесов: 1 – от заготовки древесины, 2 – от рекреационных ЭУ и пищевых лесных ресурсов, 3 – от регулирующих ЭУ, 4 – как от заготовки древесины, при условии интенсификации лесовыращивания, так и от регулирующих ЭУ.
- Для лесных участков Московской области актуальны два сценария, при которых потребность граждан в рекреационных ЭУ увеличится в будущем, а приоритет сохранения биоразнообразия при принятии управленческих решений или останется низким, или также возрастет. В первом случае ведется выборочная рубка с последующим естественным лесовосстановлением.
- Модельные расчеты проведены на столетний период. Каждые пять лет моделируется весь набор мероприятий. Рубки проводятся в древостоях, достигших возраста спелости (хвойные насаждения, липа – 80 лет, береза, дуб порослевой – 60 лет, осина – 40 лет, дуб семенной – 100 лет, твердолиственные семенного происхождения (Приказ Федерального агентства лесного хозяйства России от 9 апреля 2015 г. N 105 Об установлении возрастов рубок). Объем изъятия древесины не превышает расчетную лесосеку.

РЕЗУЛЬТАТЫ

- Для моделирования и прогнозных оценок динамики пулов углерода в почвах использовалась разработанная исполнителями проекта программа RUFUSS (Свидетельство №2020666245 от 08.12.2020 г.), разработанная в ходе реализации международного проекта POLYFORES (головная организация - ЦЭПЛ РАН), которая объединяет модель динамики лесных массивов FORRUS-S (Чумаченко, 1993; Chumachenko, 2003), модель динамики органического вещества почвы ROMUL (Kotarov, 2017; Chertov, 2001, 2017a, 2017b) и климатический генератор SCLISS (Быховец, 2002).
- Модельные объекты в хвойно-широколиственных (Данковское участковое лесничество Московской области) и таежных лесах (часть природного парка Воскресенское поветлужье) Нижегородской области)
- Результаты сравнительной прогнозной оценки показали, что изменение климата отрицательно влияет на запасы углерода как в таежных, так и в хвойно-широколиственных лесах.
- Сокращение пула почвенного углерода в таежных лесах ниже, чем в хвойно-широколиственных лесах при реализации климатических сценариев RCP 6.0 и 8.5, в основном потери будут происходить в подстилке. Однако принимая во внимание, что в минеральных горизонтах почв лесов содержится в пять раз больше углерода, чем в подстилке, суммарные потери углерода в минеральных горизонтах будут значительнее.
- Изменения климата в сочетании с лесохозяйственной деятельностью приведут к истощению запасов углерода всех пулов в лесах таежной зоны. Относительные **потери углерода древостоя - от 0,4 до 15,4 %**. **Самый негативный сценарий – текущая ситуация лесохозяйственной деятельности, когда уже при наиболее мягком сценарии изменения климата запасы углерода древостоя снижаются на 12,5% и на 15,4% при самом жестком сценарии изменения климата**. В подстилке относительная убыль углерода будет больше, чем в минеральных горизонтах почв на 2,3 - 5,2% в зависимости от сценария. При сценариях RCP 4.5 и 6.0 **потери почвенного углерода составят 23% и 22%, соответственно, при наиболее «жестком» климатическом сценарии RCP 8.5- 27,4 %**.
- В отличие от таежных лесов, в хвойно-широколиственных лесах изменение климата в сочетании с лесохозяйственной деятельностью не приведет к снижению запасов углерода древостоя. **Для почв этой зоны относительные потери углерода сопоставимы с уровнем таежных лесов и составляют 20-30%;** потери также увеличатся при усилении изменений климата.

A photograph of a forest scene. On the right side, there is a large, textured tree trunk. The foreground is filled with various green plants, including a prominent, thin, upright stem with small leaves and several fern-like plants. The background shows more trees and foliage, creating a dense forest atmosphere. The text "Благодарю за внимание" is overlaid in the center in a bright yellow font.

Благодарю за внимание