

Изменения углеродного бюджета лесных экосистем под действием нарушений, вызванных экстремальными погодными явлениями

Замолодчиков Д.Г.^{1,2}, Честных О.В.¹, Петухов И.Н.³, Каганов В.В.²

¹*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова*

²*Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН*

³*Костромской государственной университет имени Н.А. Некрасова*

Цели РФФИ-РГО 13-05-41478 «Изменения углеродного бюджета лесных экосистем под действием нарушений, вызванных экстремальными погодными явлениями»:

- 1. Экспериментально-полевые измерения эмиссий углекислого газа и метана из почвы и от разложения мертвой древесины в регионах с интенсивным характером исследования;
- 2. Оценка площадей лесных насаждений, погибших от воздействия климатических факторов, с использованием системы дистанционной идентификации климатогенных нарушений;
- 3. Оценка вклада климатогенных нарушений в модификацию углеродного бюджета лесов на региональном уровне.

Подходы к достижению цели исследований

Методы условно разделяются на:

- **традиционные** (таксационные описания, почвенные описания, химический анализ образцов, камерный метод измерения эмиссий углекислого газа);
- **оригинальные**, апробированные в предшествующих работах (процедуры расчета запаса углерода в фитомассе и сухостое, учет валежа на линейных трансектах, процедуры расчета сезонных величин эмиссии углекислого газа);
- **инновационные** (камерный метод измерения эмиссий метана в применении к валежу, приемы дистанционного зондирования, использование системы РОБУЛ).

Методы исследований

На выбранных объектах использован метод **ключевых участков** для сравнения нарушенных и ненарушенных древостоев с целью установления направленности и масштабов процесса перераспределения углеродов между пулами, а также потерь углерода, возникших в результате нарушающего воздействия.

Метод **оценки запасов углерода в пулах фитомассы и сухостоя** базировался на данных таксационных описаний древостоя с последующим расчетом по ранее разработанным оригинальным методикам.

Для определения **запасов углерода в валежной древесине** использовались учеты на линейных трансектах.

Для **оценки запасов почвенного углерода** была организована система почвенных разрезов с послойным отбором образцов и их последующим химическим анализом на содержание углерода и азота.

Измерения эмиссии углекислого газа с поверхности почвы на нарушенных и контрольных участках выполнялись камерным с применением портативных газоанализаторов Li-Cor 6200 и AZ 77532.

Для **измерения эмиссии метана с поверхности валежной древесины** использовался анализатор «Поларис», приобретенный за средства проекта.

Дистанционная идентификация климатогенных нарушений

Тематическое дешифрирование площадей массовых ветровалов осуществлялось по космическим снимкам Landsat (TM, ETM) в два этапа:

1. Визуальное дешифрирование и ручное оконтуривание участков с использованием программы Quantum GIS;
2. Автоматическое оконтуривание участков с использованием программы GRASS GIS.

На первом этапе проанализировано 165 сцен космических снимков Landsat (TM, ETM) за период съемки 1984-2011 гг. с соответствующим пространственным и временным покрытием, размещенных на сайте Национальной геологической службы США (<http://www.usgs.gov>). Полигоном поиска и выделения ветровальных нарушений полностью охвачена Костромская область, а также частично Ярославская (11.5%), Вологодская (22.5%), Кировская (6.6%), Нижегородская (22.5%) и Ивановская (29.9%) области.

На втором этапе осуществлялось автоматическое оконтуривание фрагментов массовых ветровалов по методике Е.Н. Социловой и Д.В. Ершова (Социлова, Ершов, 2007), адаптированных к задачам данного исследования.

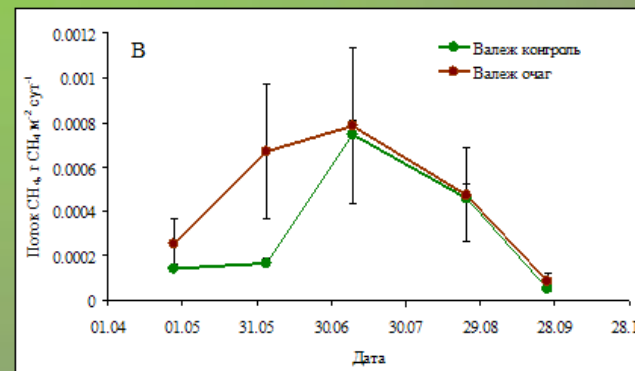
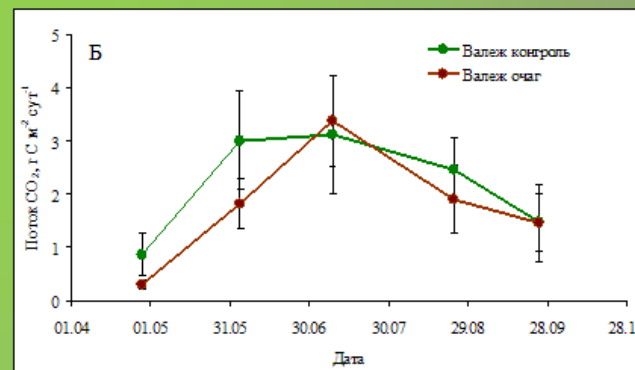
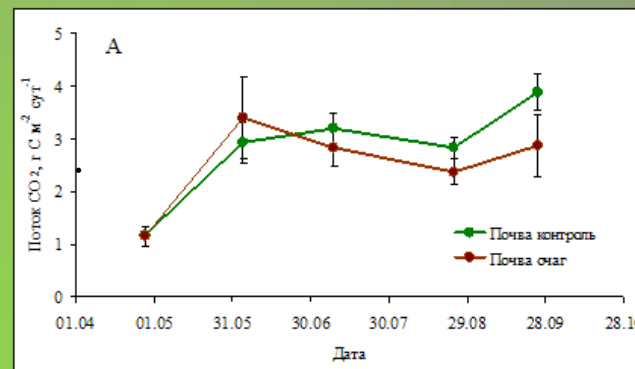
Региональная оценка бюджета углерода лесов (РОБУЛ)

- Для оценки климатогенных потерь углерода лесами на пространственном уровне субъектов Российской Федерации использована оригинальная система РОБУЛ. Основным источником данных для проведения расчетов служат материалы Государственного лесного реестра (ГЛР).
- Система может быть применена к пространственным объектам от лесничества (заповедника, национального парка) по субъект Российской Федерации. Детальное описание уравнений и табличных параметров РОБУЛ осуществлено в предыдущих работах (Замолодчиков и др., 2011, 2013) и приводится в ежегодных Национальных кадастрах парниковых газов.
- Начальная часть расчетов состоит в оценке запасов углерода по возрастным группам преобладающих пород лесного региона **в дифференциации на пулы фитомассы, мертвой древесины, подстилки и органического вещества почвы** в слое 0-30 см.
- Получение оценок запасов углерода в разрезе групп возраста обеспечивает возможность расчета углеродных приростов по каждому из пулов с применением информации о продолжительности групп возраста. Использование сведений о годовых масштабах деструктивных нарушений (рубки, лесные пожары, прочие климатогенные нарушения) дает оценку годовых потерь углерода. Величины баланса углерода рассчитываются по разности углеродных приростов и потерь.

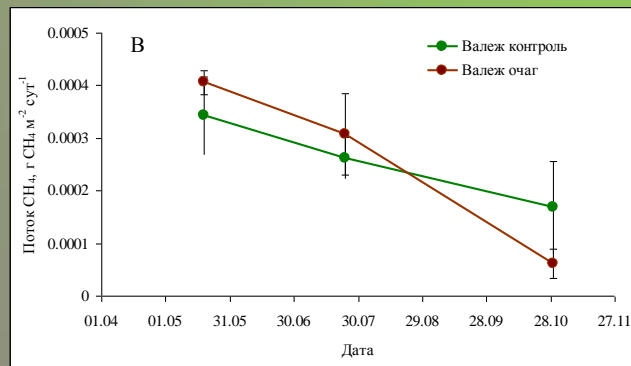
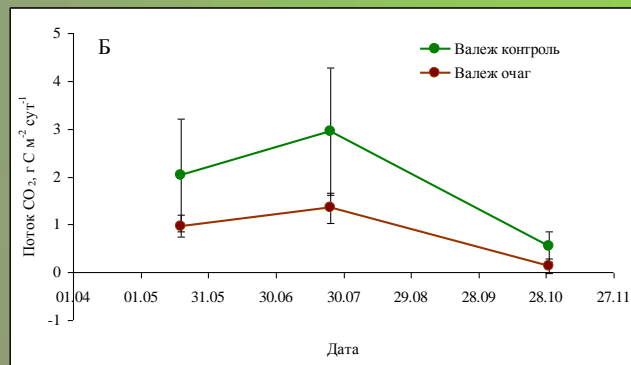
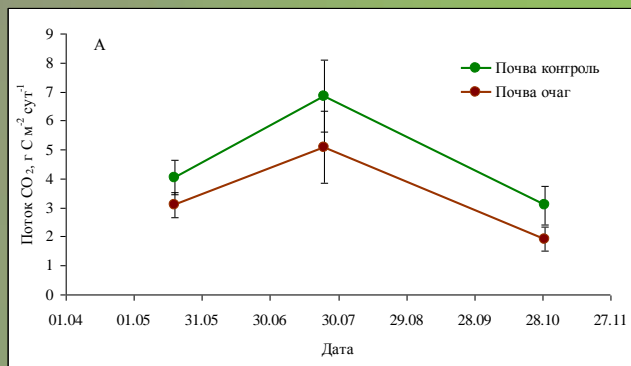
Географическое положение и общая характеристика контрольных и климатогенно-нарушенных лесных участков

Точка	Участок	Северная широта	Восточная долгота	Состав	Возраст, лет	Нарушение
Валдай	контроль	57°57'45.6"	33°20'20.4"	9Е1С	110	
	очаг	57°57'45.6"	33°20'20.4"			усыхание 2002-2003 гг.
Ногинск	контроль	55°55'59.82"	38°14'42.94"	6Е2С1Б+Ос	90-100	
	очаг	55°55'59.15"	38°14'39.34"	7С2Е1Б		усыхание 2012-2013 г.
Тула	контроль	54°17'23.75"	37°51'55.70"	7ЕЗБ	80	
	очаг	54°17'22.65"	37°51'59.43"	9Е1Б		усыхание 2013 г.
	расчищенный очаг	54°17'22.65"	37°51'59.43"			расчистка 2015 г.
Солигалич	контроль	59° 3'44.22"	42°21'43.50"	5С3Е1Б1Ос	110-125	
	очаг	59° 3'50.46"	42°21'46.32"	7С2Е1Б		ветровал 2010 год
	расчищенный очаг	59° 3'59.63"	42°21'8.31"			ветровал 2010 г., расчистка 2011-2012 г.
Вельск	контроль	61° 4'18.35"	41°49'1.01"	6Е4Б+Олс	80-90	
	расчищенный очаг	61° 4'15.49"	41°48'58.38"			ветровал 2010 год
Брянск	контроль	53°11'26.90"	34°34'11.68"	7Е2Д1Олс+Б,ед.Кло,Лпм	120	
	очаг	53°11'26.46"	34°34'14.52"	5Е2Ос1Олс1С1Б+Д,ед.Кло		усыхание 2012-2013 г.
	расчищенный очаг	53°11'26.46"	34°34'14.52"	10С		усыхание 2012-2013 гг., расчистка 2014 г.

Сезонная динамика эмиссии диоксида углерода с поверхности почвы (А), поверхности валежа (Б) и метана с поверхности валежа (В) в контрольном ельнике и очаге усыхания на объекте Валдай



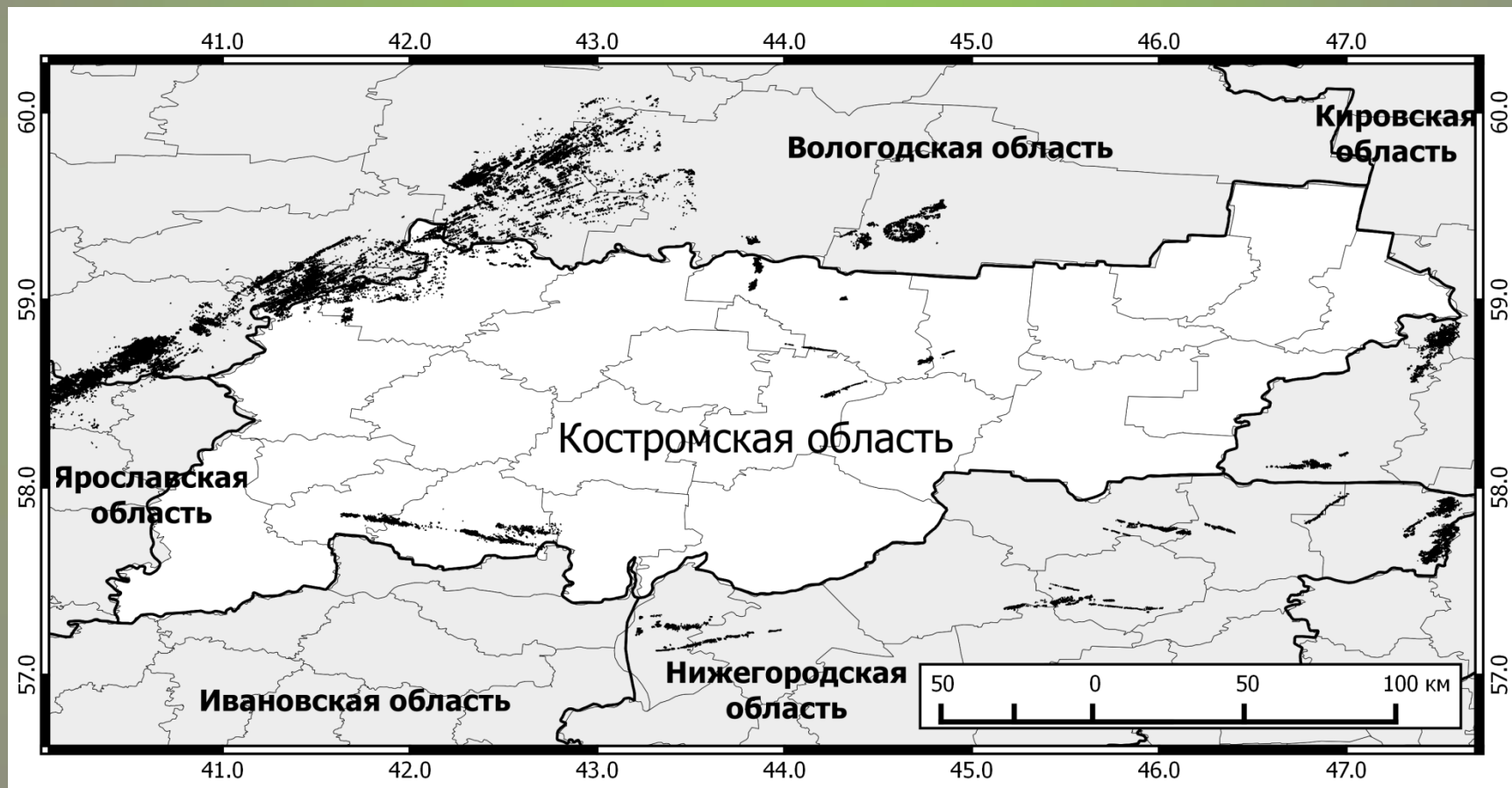
Сезонная динамика эмиссии диоксида углерода с поверхности почвы (А), поверхности валежа (Б) и метана с поверхности валежа (В) в контрольном ельнике и очаге усыхания на объекте Ногинск



Сезонные эмиссии диоксида углерода с поверхности почвы, диоксида углерода и метана с поверхности валежа на контрольных и нарушенных участках лесов с 1 апреля по 31 октября 2015 г.

Точка	Участок	Эмиссия CO ₂ с почвы, г С/м ² /сезон	Эмиссия CO ₂ от валежа, г С/м ² /сезон	Эмиссия CH ₄ от валежа, г CH ₄ /м ² /сезон
Валдай	контроль	515.5±46.7	409.3±132.2	0.061±0.007
	очаг усыхания	464.4±78.5	336.1±104.0	0.085±0.038
Ногинск	контроль	941.8±166.8	382.8±191.1	0.049±0.012
	очаг усыхания	686.4±146.8	172.1±46.3	0.051±0.009
Тула	контроль	787.3±59.9	384.1±95.2	0.048±0.010
	очаг усыхания	1264.1±168.3		
Брянск	контроль	1778.1±97.4	591.2±45.6	0.032±0.010
	очаг усыхания	1790.2±369.6	827.5±311.2	0.061±0.008
Солигалич	контроль	581.0±73.9	285.5±130.2	0.084±0.005
	ветровал	900.7±264.9	650.2±178.0	0.131±0.008
Вельск	контроль	1471.1±133.9	195.6±65.1	0.004±0.001
	ветровал	1105.6±122.8	379.7±214.0	0.009±0.006
Среднее (без Тулы)	контроль	1057.5±103.8	372.9±112.8	0.046±0.007
	нарушение	989.5±196.5	473.1±170.7	0.067±0.014

Массовые ветровалы в Костромской области и на сопредельных территориях, произошедшие в 1989-2010 гг.



Площади массовых ветровалов за 2001-2010 гг. в оцениваемых областях

Административная область	Лесничество	Период нарушения	Площадь, га
Костромская	Нейское, Кологривское, Межевское	2002	892.3
Костромская	Кологривское	2007-2009	124.3
Костромская	Октябрьское	2007	230.7
Костромская	Кологривское, Нейское	2008-2009	146.3
Костромская	Парфеньевское	2009-2010	119.2
Нижегородская	Пижемское	2009-2010	3506.7
Нижегородская	Ветлужское, Шахунское	2009-2010	1035.6
Нижегородская	Сокольское, Ковернинское	2009-2010	1906.6
Нижегородская	Уренское, Варнавинское	2009-2010	175.6
Нижегородская	Уренское, Варнавинское	2009-2010	574.4
Костромская	Судиславское, Островское	2010	4894.9
Костромская	Мантуровское	2010	262.4
Нижегородская	Пижемское, Шахунское	2006	331.2
Ярославская	Тутаевское, Даниловское, Пошехонское, Пречистенское	2010	60424.7

Общая площадь лесов (га) и годовые уровни рубок, пожаров и климатогенных нарушений (га/год) в рассматриваемых областях за 2001-2010 гг.

Область	Площадь лесов	Рубки	Пожары	Климатогенные нарушения
Костромская	4394500	15782	526	667
Ярославская	1532400	3504	584	6042
Нижегородская	3573600	9016	18249	753
Новгородская	3474000	15099	683	173



Потоки углерода (тыс. т С/год) в рассматриваемых областях

Область	Поглощение	Потери			Баланс С
		рубки	пожары	климатогенные нарушения	
Костромская	5665.4	-1933.1	-45.1	-57.2	3630.0
Ярославская	1662.4	-377.2	-53.7	-555.7	675.9
Нижегородская	5096.8	-1034.1	-1514.7	-62.5	2485.5
Новгородская	3633.8	-1619.5	-59.2	-18.5	1936.5
Итого	16058.4	-4963.9	-1672.7	-694.0	8727.9

Лесной участок в Брянской области, расчищенный после усыхания, утратил более 90% углерода пулов фитомассы и мертвой древесины



Измерение эмиссий метана от валежной древесины



Спасибо за внимание!

Москва 2016