

Оборудование для карбонового полигона, принципы отбора и назначение.

Для проведения измерений потоков климатически активных (парниковых) газов на карбоновых полигонах предлагается использование комплексного подхода, основанного как на наземных, так и дистанционных методах наблюдений.

Наземные измерения основаны на использовании прямых методов определения потоков парниковых газов (водяного пара, диоксида углерода, метана, закиси азота, и др.), технологиях для определения запасов углерода в почве и наземной и подземной биомассе, а также концентраций растворенного и взвешенного органического и неорганического углерода в почвенных водах и в водной толще. Методы дистанционного исследования подстилающей поверхности предполагают спектрональные и лидарные исследования подстилающей поверхности с помощью оборудования, установленного на борту дронов и малых летательных аппаратов. Дистанционные исследования предполагают также и проведение интерпретации данных спутникового мониторинга. Для обеспечения дистанционных исследований предполагаются дополнительные наземные исследования структуры и свойств растительного (включая оценку запасов наземной и подземной фитомассы, оптических свойств фитозлементов, и др.) и почвенного покрова.

Основным принципом для выбора ключевых методов и подходов для определения потоков парниковых газов на карбоновых полигонах послужила возможность проведения с помощью выбранных методологий, как прямого так и косвенного определения потоков (эмиссии и поглощения) парниковых газов в разных пространственных и временных масштабах для целей получения интегральных (по времени) значений потоков парниковых газов (день, месяц, год), данных об их внутригодовой и внутрисуточной изменчивости, их пространственной неоднородности и чувствительности к изменению факторов внешней среды.

Для мониторинга метеорологических параметров на полигоне предполагается установка метеорологической станции (стандарта ВМО) для измерения ключевых метеорологических параметров: температуры и влажности воздуха, скорости и направления ветра, количества осадков, приходящей суммарной солнечной радиации, температуры и влажности почвы, атмосферного давления. Станция (или станции) устанавливается на открытых участках местности с травянистой растительностью внутри полигона для проведения фоновых наблюдений за метеорологическими параметрами.

Для прямых измерений потоков парниковых газов в природных экосистемах на полигоне планируется использование метода турбулентных пульсаций (eddy covariance) и метода экспозиционных камер (закрытого типа). Автоматические стационарные камеры устанавливаются на поверхности почвы для получения данных о временной изменчивости потоков парниковых газов. Мобильные камеры используются для оценки пространственной изменчивости потоков. Оборудование для пульсационных измерений устанавливается на метеорологических мачтах на выбранных однородных участках с однородным рельефом и структурой растительности (20-40 га) над растительным покровом (на высоте от 3 до 10 - 20 м над верхней границей растительного покрова). Портативные фотосинтетические системы используются для определения параметров фотосинтеза и дыхания фотосинтезирующих частей растений, что необходимо для интерпретации дистанционной информации и результатов пульсационных измерений, а также калибровки математических моделей. Все измерительное оборудование требует бесперебойного энергоснабжения (в том числе с использованием солнечных панелей и батарей), калибровочных газов, и т.д.

Большой комплекс оборудования на полигонах предназначен для количественного определения пулов (запасов) углерода и других химических элементов в растительности и почве, а также для определения изотопного состава образцов воздуха, растительности, почвы и воды. Данное оборудование эффективно для анализа физиологического состояния растений и особенностей биогеохимических процессов в почвах. Оборудование для измерения концентраций растворенного и взвешенного органического и неорганического углерода (DOC, DIC, POC, PIC) позволяет проводить оценки вертикальной миграции (в почве) и латерального стока терригенного углерода в водные экосистемы (вынос за пределы экосистемы), с помощью чего можно провести уточнение поглотительной (углерода) емкости наземных экосистем, полученной в результате пульсационных измерений.

Для проведения дистанционного исследования концентрации и потоков парниковых газов, а также запасов углерода в надземной фитомассе и в почве предполагается использование дронов и малых летательных аппаратов, укомплектованных спектрально-аналитическим оборудованием высокого разрешения, лидаром и системой позиционирования GPS (или Глонасс). С их помощью, а также с применением разработанных математических алгоритмов, будет создана методология перехода в определении потоков парниковых газов от локального к региональному масштабу.

Список оборудования, рекомендуемого для установления на карбоновых полигонах

№п/п	основная/альтернативная позиция	Наименование оборудования/необходимых комплектующих	Производитель, страна	Срок изготовления и поставки, мес.	Ориентировочная стоимость, руб.
1.	Метеорологические приборы				
1.1	основная позиция	Автоматическая метеорологическая станция, модель MetPRO или MesoPRO	Campbell Scientific, США	до 4 месяцев	2 241 800 (2 829 000)
		Датчики для измерения приходящей солнечной радиации:			
		Датчики солнечной радиации CMP6, CMP21 или CMP22	Kipp and Zonnen, Нидерланды	90 дней	406 600 (413 100; 859 400)
	альтернативная позиция	Датчики солнечной радиации SR25 или SR22	Hukseflux, Нидерланды	100 дней	695 000 (880 000)
1.2	альтернативная позиция	Метеостанция HydroMet™ Automatic Weather Station AWS 310	Vaisala, Финляндия	60 дней	5 389 291
2.	Приборы для измерения потоков климатически активных газов				
2.1	основная позиция	Пульсационная система для измерения потоков парниковых газов (CO₂, CH₄ и H₂O) Eddy Covariance LI-COR, состоящая из:	LI-COR, США	до 4 месяцев	для мачты 3м – 21 824 500 для мачты 50 м – 21 651 400
		Анемометр цифровой ультразвуковой с нагревателем, модель Multipath Cage Anemometer with Heater	Metek, Германия		1 604 900
		Газоанализатор CO ₂ /H ₂ O закрытого типа LI-7200RS с модулем воздушного потока	LI-COR, США		5 117 900
		Газоанализатор CH ₄ открытого типа LI-7700	LI-COR, США		6 520 100

		Комплект оборудования для крепления приборов, включая штатив для 3 м мачты	LI-COR, США		для мачты 3м – 3 948 900 для мачты 50 м – 3 775 800
		Комплект оборудования для автономного электропитания приборов на солнечных батареях, мощность бесперебойного электропитания 65 Вт, ghb солнечной инсоляции 2 - 3 часа в день	н/д		
		Набор метеорологических датчиков для использования совместно со станциями пульсационных измерений	разные производители		
альтернативные позиции		Анемометр цифровой uSonic-3 MP Class A	Metek, Германия	100 дней	2 135 000
		Анемометр ультразвуковой WindMaster HS	Gill, Великобритания	100 дней	1 030 000
		Анализатор CO ₂ /H ₂ O открытого типа - LI-7500	LI-COR, США	до 4 месяцев	3 200 000
		Лазерный анализатор закрытого типа Picarro G2311-f для измерения потоков водяного пара, метана и углекислого газа	Picarro, США	до 3 месяцев	9 252 120
2.2	основная позиция	Стационарная камерная система для измерения потоков парниковых газов (N₂O, CH₄, CO₂, и H₂O) с поверхности почвы покрытой растительностью, состоящая из:	LI-COR, США	до 4 месяцев	22 910 500
		Светонепроницаемая камера для длительных измерений почвенного газообмена 8200-104			4 шт. - 3 554 800
		Прозрачная камера для длительных измерений почвенного газообмена 8200-104C			4 шт. - 3 554 800
		Мультиплексор для стационарных систем измерения газообмена почв, модель LI-8250-M8			3 060 000
		Высокочувствительный мобильный газоанализатор CH ₄ /CO ₂ /H ₂ O, модель LI-7810			4 322 400

		Высокочувствительный мобильный газоанализатор N2O/H2O, модель LI-7820			7 836 900
		Набор кабелей и трубок для подключения почвенных камер к мультиплексу LI-8250, длина 15 м, максимум 8 комплектов)			8 комплектов - 581 600
	альтернативная позиция	Анализатор закрытого типа G2508 для измерений N2O, CH4, CO2, NH3, and H2O с поверхности почвы покрытой растительностью, включающая:	Picarro, США	до 3 месяцев	25 578 240
		Почвенные камеры eosAC или eosAC-LT/LO с мультиплексером для присоединения автоматических прозрачных и непрозрачных камер 72 литра (до 12 камер), датчиками температуры и влажности почвы	Eosense, Канада		
2.3	основная позиция	Мобильная камера с газоанализаторами для проведения измерений потоков парниковых газов с поверхности почвы, состоящая из:	LI-COR, США	до 4 месяцев	14 145 800
		Многофункциональная портативная почвенная камера (d=20 см) с автономным электропитанием для измерения почвенного газообмена, модель Smart Chamber (с набором кабелей и трубок для подключения к газоанализаторам серии LI-78xx)			1 986 500
		Высокочувствительный мобильный газоанализатор CH4/CO2/H2O, модель LI-7810			4 322 400
		Высокочувствительный мобильный газоанализатор N2O/H2O, модель LI-7820			7 836 900
	альтернативная позиция	Мобильная система на основе анализатора закрытого типа G4301 (Mobile Gas Concentration Analyzer) для измерений CO2, CH4, and H2O	Picarro, США	до 3 месяцев	6 529 560
Мобильная камера закрытого типа A0947, GPS система, датчики температуры и влажности почвы					

3.	Высотные мачты для установления пульсационного оборудования над высокой растительностью, бесперебойное энергообеспечение (в том числе на базе солнечных батарей), калибровочные газы и т.д.					
	...	Россия	1-3 месяца	1 000 000		
4.	Системы для дистанционного зондирования подстилающей поверхности на базе дронов, укомплектованные спектрональным оборудованием высокого разрешения и системой позиционирования GPS (или Глонасс)					
4.1	основная позиция	Беспилотный комплекс для аэрофотосъемки Геоскан 401 Лидар, состоящий из:		Россия	1-3 месяца	4 879 362
		- БВС Геоскан 401				3 660 000
		- Лазерный сканер АГМ-МС 1.200 с инерциальной системой ПС.М-33				
		- ПО для работы с данными с лазерного сканера ScanWorks Base				
		- Консультация по работе с данными лазерного сканирования				
		- 2АКБ для Геоскан 401				
		- АГМ PosWorks Web подписка на 12 месяцев				
		Фотоаппарат Sony ILCE-6000 с креплением к АГМ-МС				
	Двухосевой подвес с модернизированным фотоаппаратом Sony DSC-RX1RM2		430 000			
GNSS приемник Topcon L1/L2 (для фотоаппарата Sony DSC-RX1RM2)		330 000				
Дополнительная аккумуляторная батарея		88 000				
Фотограмметрическое программное обеспечение AgiSoft Metashape Professional		277 530				
альтернативная позиция	Беспилотный комплекс для аэрофотосъемки Геоскан 401 Лидар, состоящий из:				10 469 362	
	- БВС Геоскан 401				9 250 000	
		- Лазерный сканер АГМ-МС 3.200				
		- ПО для работы с данными с лазерного сканера				

		ScanWorks Pro - Консультация по работе с данными лазерного сканирования - 2АКБ для Геоскан 401			
		Фотоаппарат Sony ILCE-6000 с креплением к АГМ-МС			93 832
		Двухосевой подвес с модернизированным фотоаппаратом Sony DSC-RX1RM2			430 000
		GNSS приемник Topcon L1/L2 (для фотоаппарата Sony DSC-RX1RM2)			330 000
		Дополнительная аккумуляторная батарея			88 000
		Фотограмметрическое программное обеспечение AgiSoft Metashape Professional			277 530
4.2	основная позиция	Беспилотный комплекс для аэрофотосъемки Геоскан 401, состоящий из:	Геоскан, Россия	1-3 месяца	2 525 530
		Геоскан 401 без полезной нагрузки			1 450 000
		Мультиспектральная камера MicaSense RedEdge-MX с подвесом для БВС			710 000
		Фотограмметрическое программное обеспечение AgiSoft Metashape Professional			277 530
		Дополнительная аккумуляторная батарея			88 000
5.	Оборудование для наземных определений характеристик и свойств растительности, химического анализа образцов воздуха, растительности, почвы и воды				
5.1	основная позиция	Портативная фотосинтетическая система для измерения фотосинтеза и дыхания элементов растительности LI-6800 (в комплекте с источником освещения, рабочей камерой 3 × 3 см и аксессуарами)	LI-COR, США	до 4 месяцев	7 453 200
5.2		Оборудование для определения содержания С и N в почве, растительности	Elementar Analysensysteme GmbH, Германия	14-16 недель	10 300 000

		Элементный анализатор vario MACRO cube, версия CN			
5.3		Анализатор площади проективного покрытия (измерения листового индекса) модель LAI-2200C	LI-COR, США	до 4 месяцев	1 492 700
5.4		Оборудование для измерения содержания растворенного и нерастворенного органического и неорганического углерода (DOC, DIC, IOC, PIC), включающее:	разные производители		
		Elementar Vario TOC cube (углерод) + Опциональный детектор TNb (азот)	Elementar Analysensysteme GmbH, Германия	14-16 недель	7 290 000
	альтернативная позиция	Shimadzu TOC-Vcsh + опциональный детектор Total Nitrogen Module, TNM-1	Shimadzu, Япония	-	-
		Анализаторы параметров TOC/TNb серии multi N/C®	Analytik Jena, Германия	-	-
		Vario TOC cube	Abacus Analytical Systems GmbH, Германия	-	-
	Автоматический анализатор уровня содержания растворенного неорганического углерода в морских и пресных водах, модель AS-C6L	Apollo SciTech, США	до 4 месяцев	11 620 000	
5.5	основная позиция	Оборудование для измерения содержания стабильных изотопов ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$, δD) в растительности и почве	Elementar Analysensysteme GmbH, Германия	до 3 месяцев	31 729 300
5.6		Лазерный анализатор Picarro G2201-i для определения изотопного состава $\delta^{13}\text{C}$ для CO ₂ и	Picarro, США	14-16 недель	10 990 600

5.7	CH4 в воздухе			
5.8	Камерная система открытого типа для измерения скорости эмиссии CO2 с поверхности стволов (стеблей) растений на базе газоанализаторов	Picarro или LI-COR, США	до 4 месяцев	9 359 300 (4 200 000)
5.9	Дистанционный датчик высоты снежного покрова - Snow Depth Sensor SHM 30	Lufft, Германия	от 1 до 3 месяцев	300 000
5.10	Системы для дистанционного измерения профилей температуры, влажности и ветра: над земной поверхностью (Содар + МТП 5)	НПО "АТТЕХ", Россия	3 месяца	7 000 000
5.11	Газовый хроматограф для измерения газовых компонент в лабораторных условиях	Разные производители	-	-
5.12	Система для измерения скорости потока пасоки в растениях (sap flow) для определения скорости транспирации растительного покрова.	Dynamax, США; ICT International, Австралия	до 4 месяцев	2 400 000
Суммарные затраты на оборудование по основным позициям п.п. 1-5, включая метеостанцию; пульсационную систему для измерения потоков (3 м); стационарную и камерную системы для измерения потоков; оборудование для химического анализа образцов воздуха, растительности, почвы и воды; мультиспектральное оборудование и лидары на дронах				86 704 692