



ритм
углерода



Оценка запасов углерода и потоков парниковых газов
в лесных экосистемах Средней Сибири
на основе данных многолетнего мониторинга.

Система регрессионных моделей
для оценки фитомассы лесов и система моделей
для оценки гетеротрофного дыхания лесных почв.

Результаты исследования 2022 года и планы работ на 2023 г.

**Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН – обособленное
подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН (ИЛ СО РАН)**

Тема проекта: «Оценка запасов углерода и потоков парниковых газов в лесных экосистемах Средней Сибири на основе данных многолетнего мониторинга. Система регрессионных моделей для оценки фитомассы лесов и система моделей для оценки гетеротрофного дыхания лесных почв»



Заявленные задачи:

Оценка запасов углерода и пространственно-временной изменчивости баланса парниковых газов на основе результатов наблюдений в репрезентативных экосистемах на территории Средней Сибири. Разработка методологии пространственно распределенной системы нормативно-справочных данных для оценки основных показателей углеродного бюджета лесных экосистем, системы регрессионных моделей для оценки фитомассы лесов и моделей гетеротрофного дыхания лесных почв.

Результаты:

1. Оценка запасов углерода и пространственно-временной изменчивости баланса парниковых газов на основе результатов наблюдений в репрезентативных экосистемах на территории Средней Сибири:

- *Обоснована репрезентативность растительных сообществ Средней Сибири;*
- *Оценено содержание углерода в фитомассе и почвах сосновых и березовых древостоев лесостепной зоны Средней Сибири;*
- *Сформирована лесоводственно-типологическая база данных постоянных объектов мониторинга лесотундровых экосистем Арктической зоны Средней Сибири;*
- *Проведен анализ пространственно-временной изменчивости нетто-обмена CO₂ по данным эколого-климатических станций на территории Средней Сибири;*
- *Проведен ретроспективный анализ и актуализирована информация о существующей мониторинговой инфраструктуре в бассейне р. Енисей (Средней Сибири);*
- *Сформирован каталог мониторинговых площадок инструментальных измерений эмиссионных потоков углерода с поверхности почвы.*

2. Разработка методологии пространственно распределенной системы нормативно-справочных данных для оценки основных показателей углеродного бюджета лесных экосистем, системы регрессионных моделей для оценки фитомассы лесов и моделей гетеротрофного дыхания лесных почв:

- *Модели фитомассы по компонентам основных лесообразующих пород - 92 модели;*
- *Модели мертвой древесины по компонентам основных лесообразующих пород - 90 моделей;*
- *База данных почвенного дыхания: 3946 записи из 950 источников за период 1961-2022 гг и модели почвенного дыхания (ПД) 16 групп почв.*



Цели и задачи ИЛ СО РАН в контексте общих целей и задач Консорциума, целей и задач РКИК ООН:

1. Оценка запасов углерода в резервуарах (пулах) экосистем Средней Сибири и их динамика

- разработка региональных (локальных) коэффициентов (аллометрические, конверсионные, скорости разложения ОВ), актуализация ТХР

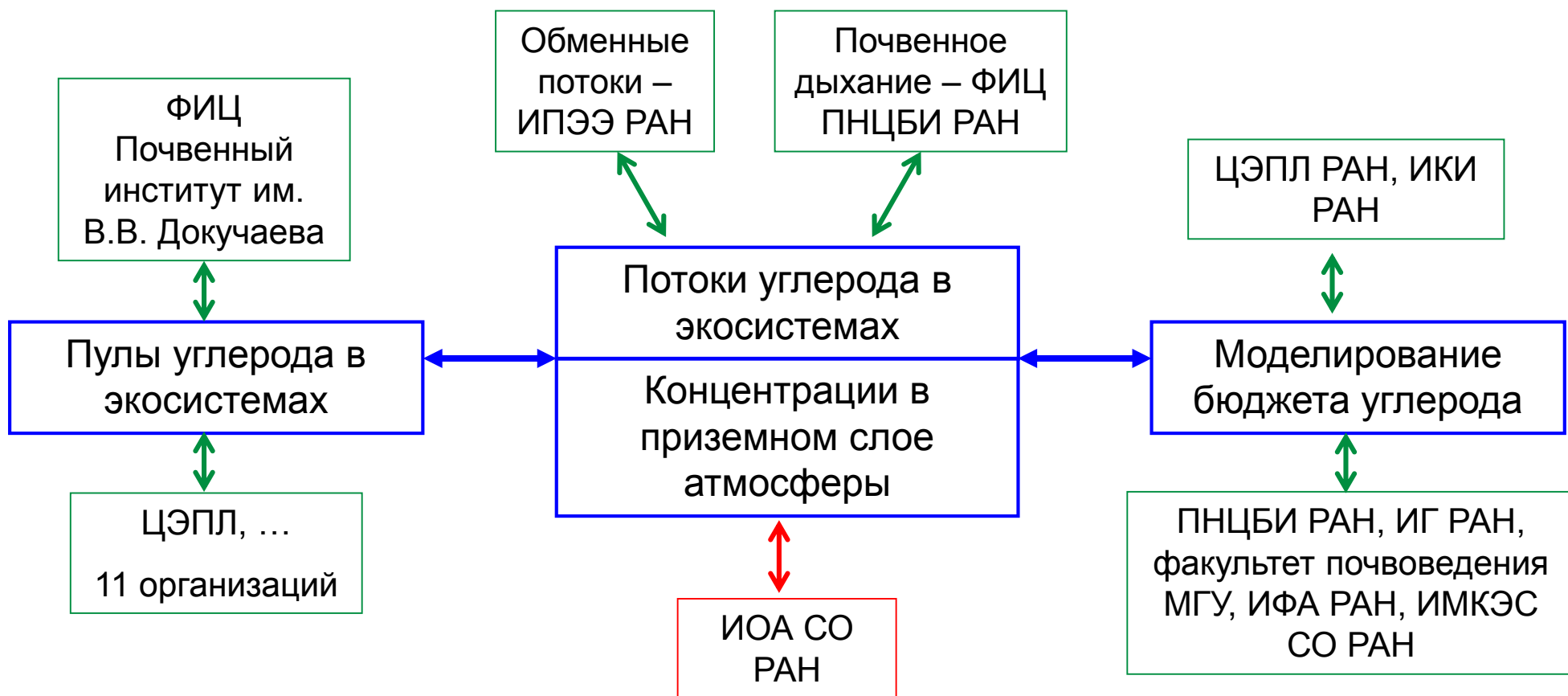
2. Мониторинг концентраций и потоков парниковых (климатически активных) газов на территории Средней Сибири

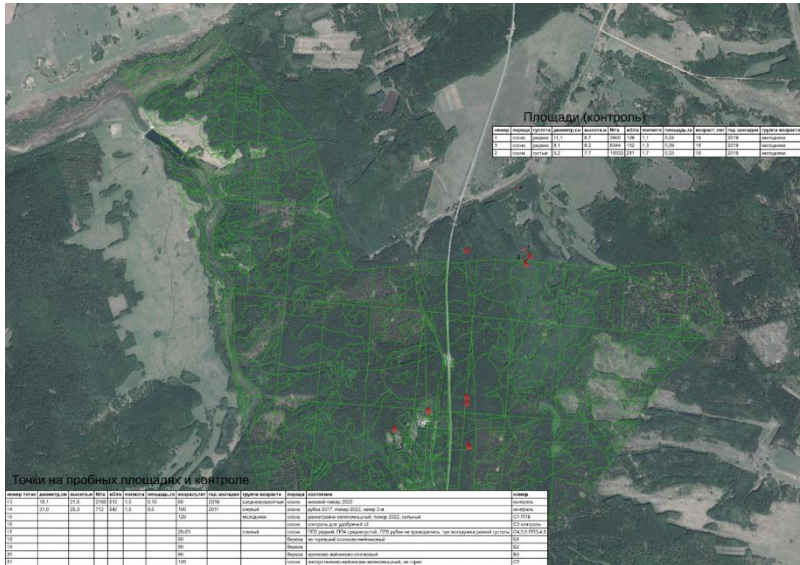
- концентрации в приземном слое атмосферы на базе высотных мачт
- обменные потоки углерода между экосистемами и атмосферой (чистый экосистемный обмен) на основе метода турбулентных пульсаций
- почвенное дыхание в наземных экосистемах на основе камерных методов

3. Эмпирическое моделирование бюджета углерода

- запасов фитомассы, мёртвой древесины
- приростов древесины и фитомассы
- дыхания почв

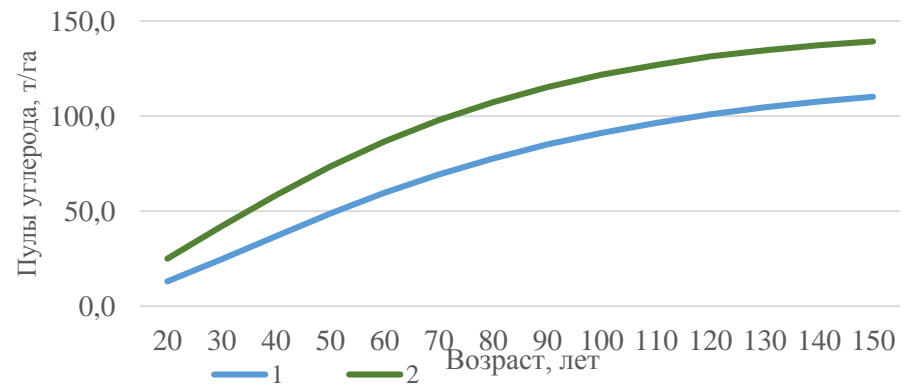
Связи работ ИЛ СО РАН по проекту с работой других участников Консорциума





Выявлена возрастная динамика запасов фитомассы и пулов углерода в наиболее представительных сосняках II класса бонитета Красноярской лесостепи, которая свидетельствует об монотонном росте фитомассы стволов с возрастом в диапазоне от 20 до 150 лет, увеличении фитомассы крон и корней до 90 летнего возраста и последующем ее снижении.

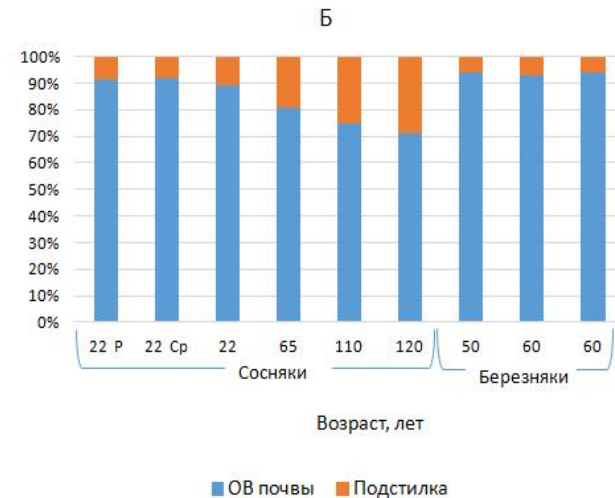
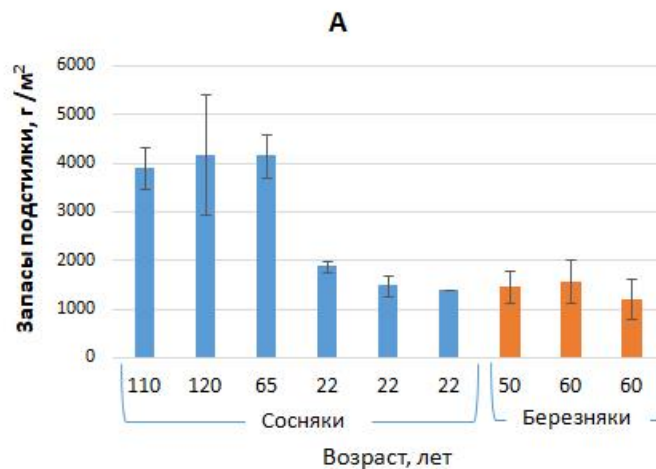
Оценка пулов углерода в фитомассе репрезентативных типов сосновых и березовых насаждений Красноярской лесостепи проведена на основании расчета содержания углерода в фитомассе сосновых и березовых древостоях по методике конверсии абсолютно сухой фитомассы фракций в углерод. Пул углерода преобладающих сосняков составил около 84.8 млн. т., а березняков – 121.6 млн. т. Полученные данные свидетельствуют о высоком уровне депонирования углерода, что придает особую экологическую значимость сосновым и березовым насаждениям Красноярской лесостепи.



Динамика углеродного пула сосновых древостоях II класса бонитета: 1 – стволовая древесина, 2 – общая

Определение запасов углерода в подстилке и почве сосновых и березовых лесов проводили в репрезентативных насаждениях Красноярской лесостепи. Запасы углерода в подстилке, под пологом сосновых древостоев увеличиваются почти в 2 раза при переходе от молодняков к средневозрастным и спелым древостоям. К возрасту 65 лет запас подстилки составляет от 3.9 до 4.2 кг/м², что соответствует 1.28 - 1.32 кг С/м². В спелых древостоях сосны не наблюдается дальнейшего увеличения запасов подстилки, что может свидетельствовать об относительной сбалансированности процессов поступления и разложения растительных остатков в составе подстилки к этому возрасту. Запасы углерода в подстилке спелых березняков более чем в 2 раза ниже по сравнению с сосняками такого же возраста и находятся на нижней границе запасов углерода в подстилке сосновых молодняков.

Для березняков характерны более высокие запасы углерода в почвенной системе, по сравнению с сосновыми древостоями такого же возраста. В первую очередь это происходит за счет аккумуляции органического вещества в минеральном профиле почвы, что обуславливает большую стабильность этих запасов, по сравнению с сосновыми древостоями.



В арктической зоне Средней Сибири на полуострове Таймыр подобраны два участка для создания тестовых полигонов наземного мониторинга запасов углерода с наличием 13 потенциальных объектов (пробных площадей), имеющих ретроспективные измерения давностью более 25 лет, на основе которых **сформирована лесоводственно-типологическая база данных** постоянных объектов мониторинга для оценки и последующего мониторинга запасов углерода в компонентах лесотундровых экосистем.

База данных объектов наземного мониторинга:
13 объектов

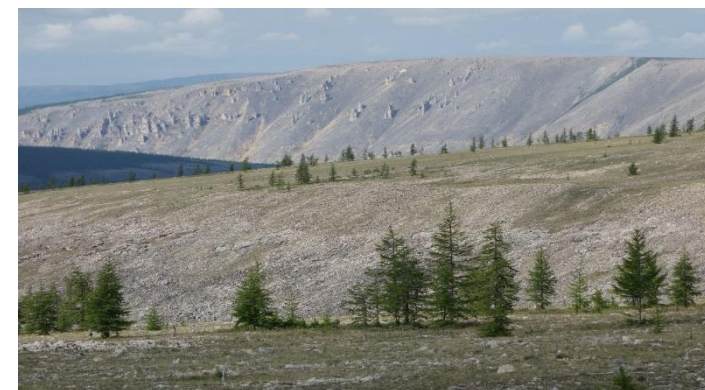
Таблица - «МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ»

№ объекта мониторинга	Лесничество	Участковое лесничество	№ квартала	№ выдела	Год создания	Исполнитель	Размер по длинной стороне, м	Размер по короткой стороне, м	Площадь, га	Координаты центра пикета, град	Координаты центра донгота, град	ВУМ, м
-----------------------	-------------	------------------------	------------	----------	--------------	-------------	------------------------------	-------------------------------	-------------	--------------------------------	---------------------------------	--------

Таблица - «ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВОСТОЯ»

№ объекта мониторинга	Лесничество	Участковое лесничество	№ квартала	№ выдела	Год создания	Исполнитель	Размер по длинной стороне, м	Размер по короткой стороне, м	Площадь, га	Координаты центра пикета, град	Координаты центра донгота, град	ВУМ, м	Характеристика древостоя														
													Живые деревья				В том числе сухостойные деревья				Сухостойные деревья				Валек		
													Количество, экз	Диаметр, см	Высота, м	Запас, м³	Количество, экз	Диаметр, см	Высота, м	Запас, м³	Количество, экз	Диаметр, см	Высота, м	Запас, м³	Количество, экз	Запас, м³	
1	Таймырский заповедник	Ар																									
2	Таймырский заповедник	Ар																									
3	Таймырский заповедник	Ар	№ объекта мониторинга	Год проведения изысканий	Возраст, лет	Советность	Итого деревьев	Живые деревья				В том числе сухостойные деревья				Сухостойные деревья				Валек							
4	Таймырский заповедник	Ар	1	1990	173	0,19	432	416	9,9	4,7	9,52	68	7,6	3,80	0,80	16	5,8	3,7	0,16								
5	Таймырский заповедник	Ар	2	1990	186	0,17	692	658	7,3	4,5	9,58	52	7,3	3,90	0,56	34	4,8	3,2	0,14								
6	Таймырский заповедник	Ар	3	1990	168	0,11	424	422	8,2	4,8	7,01	17	7,3	3,40	0,19	2	4,4	3,1	0,01								
7	Таймырский заповедник	Ар	4	1995	100	0,22	800	774	8,8	4,7	12,98	50	8,9	4,90	1,00	26	5,6	3,5	0,22	56	1,50						
8	Таймырский заповедник	Ар	5	1990	121	0,15	802	772	5,3	3,6	4,90	156	4,9	3,40	0,72	30	5,3	3,8	0,22								
9	Таймырский заповедник	Ар	6	1990	163	0,20	510	502	8,2	4,9	8,72	42	6,0	3,70	0,38	8	5,8	2,9	0,04								
10	Таймырский заповедник	Ар	7	1990	185	0,15	430	428	8,8	4,8	8,04	82	7,5	4,00	0,98	2	8,5	5,1	0,04								
10А	Таймырский заповедник	Ар	8	1995	117	0,16	780	706	7,2	4,5	9,30	160	6,5	4,10	1,50	74	5,3	3,2	0,42	34	0,60						
21	Таймырское	Хал	8	2019	142	0,09	756	618	7,7	4,7	9,34	316	7,9	4,70	4,62	138	5,3	3,4	0,88	80	1,40						
22	Таймырское	Хал	9	1994	92	0,18	1438	1394	4,9	3,5	8,02	178	4,0	2,90	0,62	44	4,1	3,1	0,16								
23	Таймырское	Хал	9	2019	114	0,15	1478	1398	5,4	3,7	9,58	474	4,8	3,40	2,52	80	4,4	3,2	0,34	8	0,08						
			10	1994	113	0,12	498	492	6,9	4,3	5,34	88	6,3	3,60	0,76	6	3,9	2,7	0,02								
			10А	2019	136	0,13	506	486	7,9	4,5	7,10	140	7,3	4,10	1,54	20	5,6	3,5	0,12	8	0,12						
			21	2019	105	0,12	480	472	6,9	4,1	5,60	40	7,0	4,30	0,44	8	5,6	3,4	0,04								
			21	1994	97	0,15	428	412	6,4	3,8	4,42	10	9,0	3,50	0,15	16	5,8	3,2	0,10								
			22	1994	229	0,05	194	179	6,7	3,6	1,84	43	9,0	3,90	0,72	15	4,9	3,1	0,07								
			23	1994	262	0,30	614	506	11,6	6,1	26,14	106	14,7	6,50	8,18	108	10,0	5,1	3,06								

Тестовые полигоны в Арктической зоне Средней Сибири





За отчетный период эксперты ИЛ СО РАН приняли участие в разработке единой структуры баз данных, для представления в едином формате измерений запасов и химического состава, органического вещества почв, КДО, напочвенного покрова и опада, а также по скорости разложения опада. Провели сбор имеющихся данных для Средней Сибири по запасам и химическому составу компонентов лесных экосистем и представили анализ собранных в базу материалов. Приняли участие в обсуждении методик отбора образцов и методов их анализа.

В базу данных «ППН» по имеющейся инфраструктуре пробных площадей внесены метаданные для 79 пробных площадей на 12 ключевых участках расположенных на территории Средней Сибири и гор Южной Сибири, для которых проводилось определение запасов углерода в почвенном профиле или его отдельных горизонтах. Эти пробные площади представляют собой основные типы лесов, произрастающих в лесотундровой зоне, в северной, средней и южной подзонах тайги, также есть пробные площади, заложенные в лесных экосистемах юго-западного и восточного Прибайкалья. В таежной зоне Средней Сибири имеющиеся пробные площади охватывают диапазон условий от 56° с.ш. до 69° с.ш., в горнотаежных лесах Прибайкалья – от темнохвойных лесов Хамар-Дабана (51.5° с.ш.) и подтаежно-лесостепных сосновых лесов (52.1° с.ш.) до горно-таежных лиственничников (55.2° с.ш.).

По запасам фитомассы напочвенного покрова собраны данные по 14 пробным площадям (38 записей), по количеству опада собраны данные для 10 пробных площадей (61 запись), по скорости разложения опада собраны данные для 9 пробных площадей (23 записи). Данные по запасам КДО собраны для 49 пробных площадей: для 11 ПП представлены данные по валежу и для 38 ПП – данные по сухостою.



2023 г.

Квартал 2: Организация тестового полигона (постоянных стационарных объектов наблюдения) в наиболее репрезентативных типах насаждений на базе Опытного хозяйства ИЛ СО РАН «Погорельский бор»

Квартал 3: Организация тестового полигона (постоянных стационарных объектов наблюдения) в лесотундровых экосистемах Арктической зоны Средней Сибири. **Сбор по согласованным методикам наземных данных о лесах на пробных площадях сети тестовых полигонов, в том числе оценка продуктивности древостоя, нижних ярусов растительности, оценки запасов углерода в почвах, биомассы и разнообразия ключевых групп почвенной биоты.**

Квартал 4: **Оценка пулов углерода в фитомассе и почвах сосновых и березовых насаждений Красноярской лесостепи**

Направление 1. Создание сети мониторинга пулов углерода в наземных экосистемах России на основе стандартизированной инфраструктуры мирового уровня



2023 г.

1 квартал - Подготовка (согласование) методик учета и отбора образцов для определения запасов биомассы живого напочвенного покрова, опада, подстилки, крупных древесных остатков, органического углерода в почве, **биомассы и разнообразия ключевых групп почвенной микро- и макробиоты** на пробных площадях тестовых полигонов, подходов к картографированию почвенного углерода. Определение биомассы живого напочвенного покрова в лиственных лесах лесотундровой зоны, на основании исследования образцов, собранных в 2022 г.

2 квартал - Определение фракционного состава подстилки в сосновых и березовых лесах лесостепной зоны (тестовый полигон «Погорелка»). Оценка содержания углерода и азота в элементах древесной и кустарниковой растительности (стволовая древесина, кора, листья (хвоя) и др.), и в компонентах живого напочвенного покрова лесотундровой зоны на основании исследования образцов, собранных в 2022 г. Начало проведения полевых исследований на тестовом полигоне «Погорелка».

3 квартал - Проведение комплекса исследовательских работ и отбор образцов на существующих объектах мониторинга (пробных площадях) и вновь созданных объектах на тестовых полигонах в лесотундровой (полигон «Кындын») и в лесостепной (полигон «Погорелка») зонах. Предварительная обработка собранных образцов и материалов.

4 квартал - Оценка запасов биомассы живого напочвенного покрова на пробных площадях на тестовых полигонах «Кындын» и «Погорелка». Оценка запасов крупных древесных остатков на тестовых полигонах в лесотундровой (полигон «Кындын») и в лесостепной (полигон «Погорелка») зонах. Оценка содержания углерода и азота в компонентах живого напочвенного покрова и в крупных древесных остатках разной степени разложения на тестовых полигонах в лесотундровой и в лесостепной зонах. **Оценка биомассы почвенной микро- и макробиоты** на пробных площадях на тестовых полигонах в лесотундровой (полигон «Кындын») и в лесостепной (полигон «Погорелка») зонах. Определение объемной массы и содержания углерода и азота в почве на части пробных площадей на тестовых полигонах в лесотундровой и в лесостепной зонах. Формирование тематических баз данных для информационной системы ИАС «Углерод -Э».

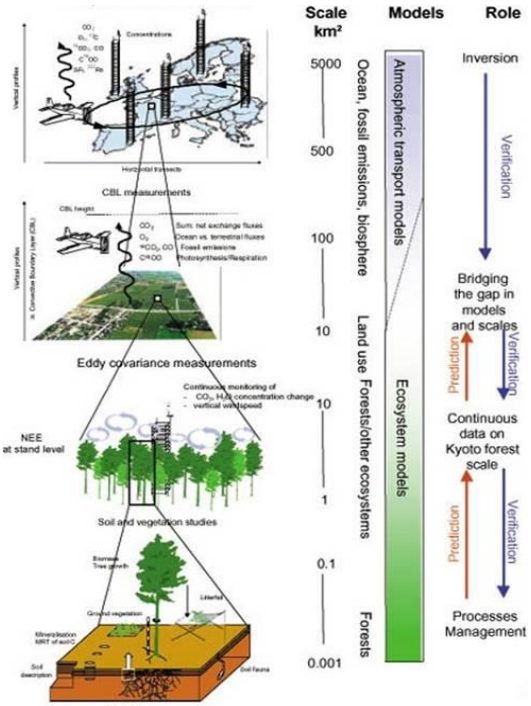
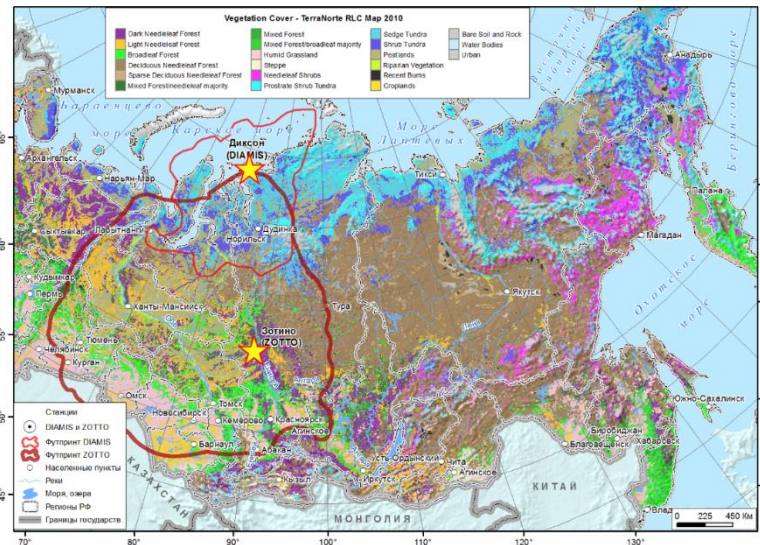
Направление 1. Создание сети мониторинга ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ в наземных экосистемах России на основе стандартизированной инфраструктуры мирового уровня



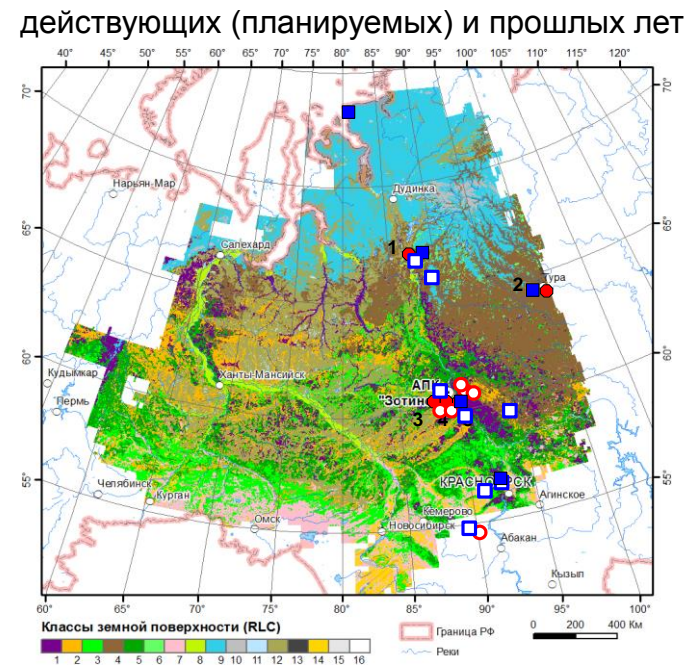
За отчетный период экспертами ИЛ СО РАН проведена инвентаризация мониторинговой инфраструктуры на территории Средней Сибири и систематизация данных:

- Измерений концентраций климатически активных газов в приземном слое атмосферы с использованием высотных мачт
- Измерений обменных потоков парниковых газов на основе метода турбулентных пульсаций
- Измерений почвенного дыхания с помощью камер (темновые и световые камеры)

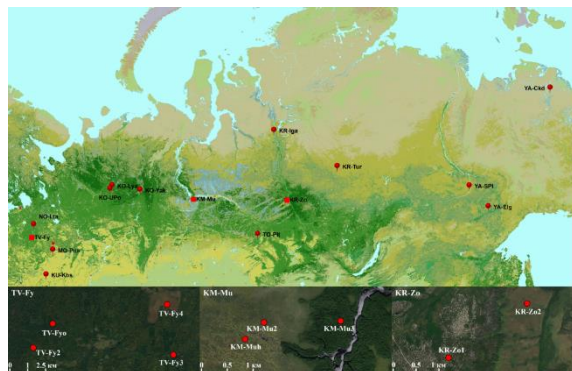
Зоны охвата (футпринт) высотных мачт



Размещение мачт ЭКС и участков мониторинга почвенного дыхания



Формирование общероссийского каталога сети станций измерений обменных потоков углерода в экосистемах РФ методом турбулентных пульсаций (эколого-климатических станций (ЭКС)) и мониторинговых площадок инструментальных измерений эмиссионных потоков углерода с поверхности почвы (почвенного дыхания (ПД)) методом закрытых динамических камер.



- Легенда**
- Вечнозеленые хвойные леса
 - Листопадные хвойные леса
 - Листопадные лиственные леса
 - Смешанные леса
 - Сомкнутый кустарниковый покров
 - Редкий кустарниковый покров
 - Редколесья, сомкнутость 30-60%
 - Редколесья, сомкнутость 10-30%
 - Травянистые сообщества
 - Непересыхающие болота
 - Агрэкосистемы
 - Антропогенные ландшафты
 - Мозаика природных ландшафтов
 - Постоянные снега и льды
 - Местность, лишенная растительности
 - Водные поверхности



Атмосферные обсерватории - мониторинг концентраций ПГ

Станции измерения ЧЭО в экосистемах

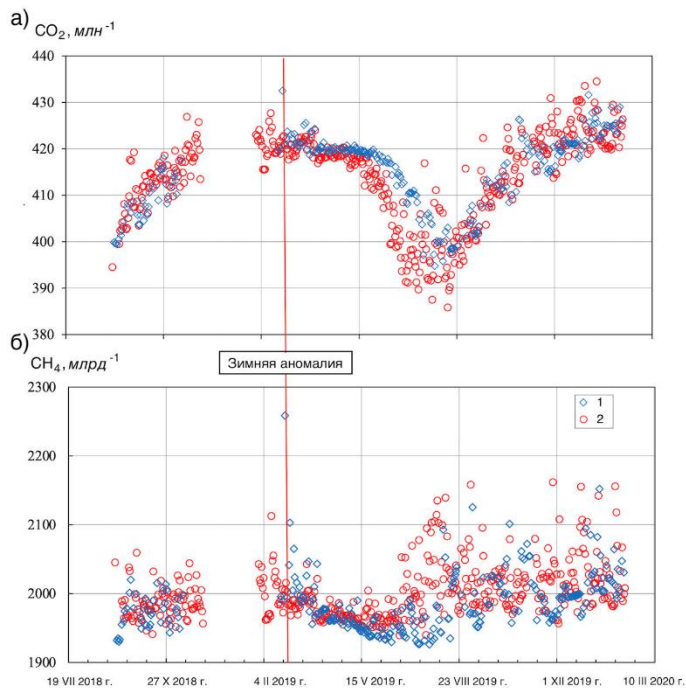
Измерения почвенного дыхания

Предложено расширение сети тестовых полигонов (ЭКС) в биогеоценозах Средней Сибири для измерения обменных потоков и почвенного дыхания. Требуется доукомплектование функционирующих ЭКС анализаторами метана (3 шт.).

Направление 1. Создание сети мониторинга **ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ** в наземных экосистемах России на основе стандартизированной инфраструктуры мирового уровня

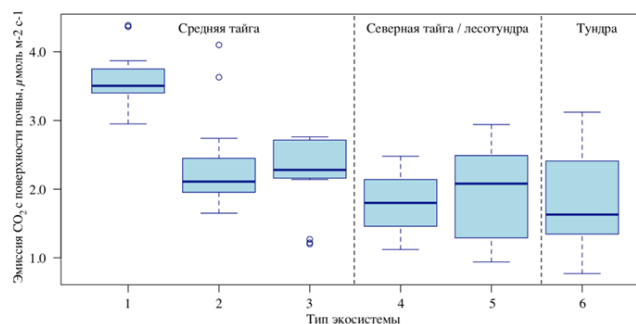


Проводится мониторинг концентраций и потоков парниковых газов, и анализ их пространственно-временной изменчивости по данным эколого-климатических станций на территории Средней Сибири.

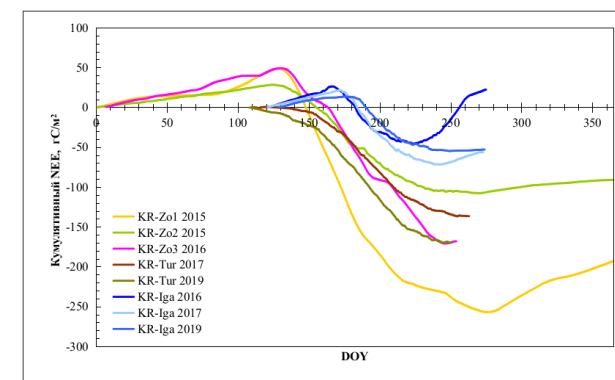


Формируются базы данных результатов многолетних измерений

- концентрации ПГ в приземном слое атмосферы
- обменных потоков CO_2 (CH_4) методом турбулентных пульсаций
- дыхания почвы с помощью камерного метода (темновые и световые камеры)



Почвенное дыхание



Величины чистого экосистемного обмена

Концентрация парниковых газов в атмосфере

Направление 1. Создание сети мониторинга **ПОТОКОВ парниковых газов** в наземных экосистемах России на основе стандартизированной инфраструктуры мирового уровня



2023 г.

Высотные мачты – круглогодичный мониторинг концентраций климатически активных газов в приземном слое атмосферы

Эколого-климатические станции (ЭКС) – мониторинг обменных потоков методом турбулентных пульсаций

Эколого-климатические станции – мониторинг почвенного дыхания

Квартал 1-4: Мониторинг концентраций и потоков парниковых газов в репрезентативных экосистемах Средней Сибири в виде базы данных результатов измерений. **Оценка пространственно-временной изменчивости баланса парниковых газов на основе результатов наблюдений на территории Средней Сибири.**

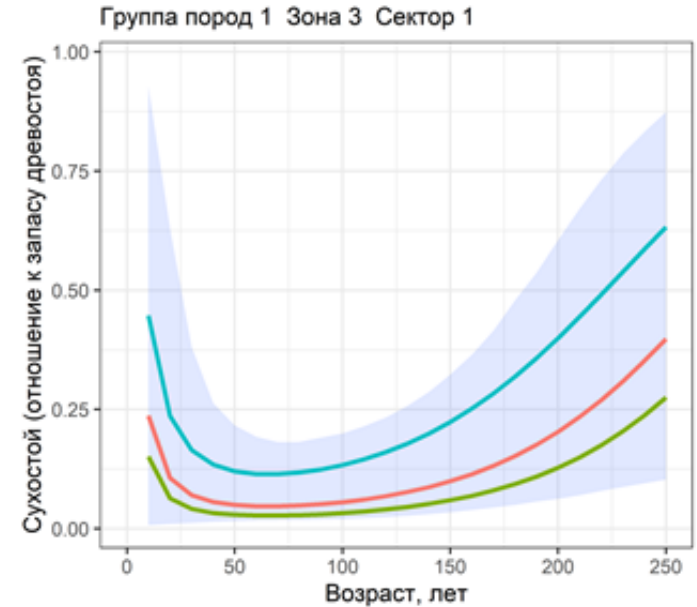
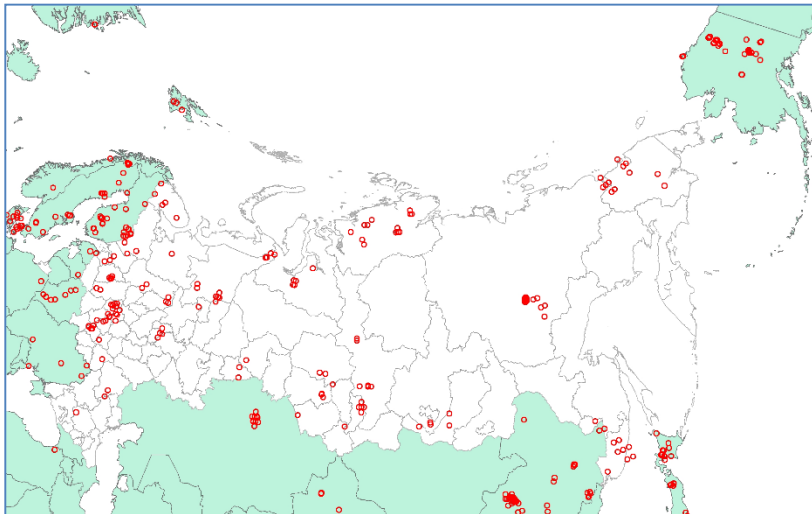
Квартал 2-3: Сбор по согласованным методикам наземных данных о лесах (болотах) на пробных площадях сети тестовых полигонов, в том числе оценка продуктивности древостоя, нижних ярусов растительности, оценки запасов углерода в почвах

Квартал 4: Произведена оценка пулов углерода в компонентах лесных и болотных экосистем размещения ЭКС на территории Средней Сибири.

Разработаны системы регрессионных моделей для оценки фитомассы лесов и модели гетеротрофного дыхания лесных почв. Результаты включают методико-системный обзор проблемы, две системы моделей и нормативно- справочной информации для расчета показателей, необходимых для оценки углеродного бюджета лесных экосистем

Модели фитомассы (конверсионных коэффициентов) по компонентам (ствол, ветви, листья, корни) для основных лесообразующих пород, распределённые географически (регионы и зоны природы) – всего 92 модели.

Модели мертвой древесины (конверсионные коэффициенты) по компонентам (сухостой, валёж, пни, сухие ветви) для основных лесообразующих пород, распределённые географически (регионы и зоны природы) - всего 90 моделей.



Математическая модель конверсионных коэффициентов

База данных почвенного дыхания, состоящая из обобщения опубликованных данных и собственных измерений: 3946 записи из 950 источников за период 1961-2022 гг. В базу данных включены тип растительности, группа почв, климатические характеристики, вид нарушений. На основе этих данных разработаны модели почвенного дыхания (ПД) для 16 групп почв.



Направление 4. Разработка информационно-моделирующей системы для прогноза динамики пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России при разных сценариях землепользования и изменений климата

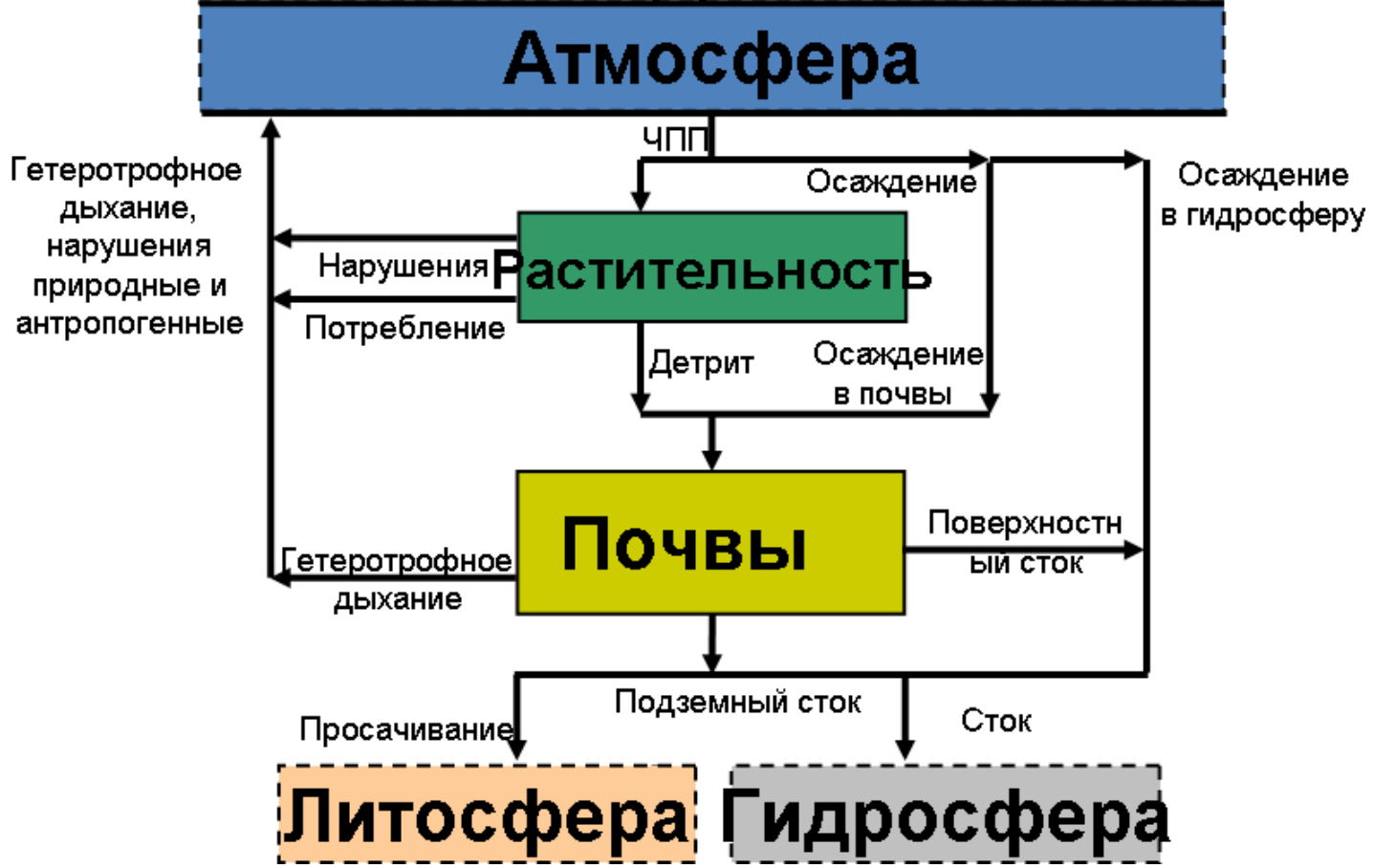
2023: Разработка системы моделей текущего прироста и нетто-первичной продукции лесов России

Квартал 2: Система моделей текущего прироста древостоев. Разработка пространственно распределенной системы моделей для оценки полного (по общей продуктивности – gross growth) текущего прироста и текущего прироста по наличному запасу (net growth) для насаждений основных лесообразующих пород. Моделирование производится в двух вариантах – базовом, на основе существующих нормативов роста и биологической продуктивности насаждений без учета влияния удобряющего эффекта повышенной концентрации углекислоты в атмосфере [CO₂] и с учетом такового.

Квартал 4: Система моделей чистой (нетто) первичной продукции лесных экосистем России в двух подходах – базовом, на основе существующих нормативов роста и продуктивности и модельном, с учетом механизмов влияния изменений внешней среды.



Полный углеродный бюджет



Заключение



Результаты работы, их соответствие мировому уровню

Shvidenko A., Mukhortova L., Kapitsa E., Kraxner K., See L., Pyzhev A., Gordeev R., Fedorov S., Korotkov V. Bartalev S., Schepaschenko D. Modelling System for Dead Wood Assessment in the Forests of Northern Eurasia // Forests 2023, 14(1), 45; <https://doi.org/10.3390/f14010045>

Panov A., Prokushkin A., Semiletov I., Kübler K., Korets M., Putilin I., Urban A., Bondar M., Heimann M. Atmospheric CO₂ and CH₄ Fluctuations over the Continent-Sea Interface in the Yenisei River Sector of the Kara Sea // Atmosphere 2022, 13, 1402. <https://doi.org/10.3390/atmos13091402>

Куричева О.А., В.К. Авилов, А.В. Варлагин, М.Л. Гитарский, А.А. Дмитриченко, Е.А. Дюкарев, С.В. Загирова, Д.Г. Замолодчиков, В.И. Зырянов, Д.В. Карелин, С.В. Карсанаев, И.Н. Курганова, Е.Д. Лапшина, А.П. Максимов, Т.Х. Максимов, В.В. Мамкин, А.С. Марунич, М.Н. Мигловеце, О.А. Михайлов, А.В. Панов, Р.Е. Петров, А.С. Прокушкин, Н.В. Сиденко, А.В. Шилкин, Курбатова Ю.А. МОНИТОРИНГ ЭКОСИСТЕМНЫХ ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ: СЕТЬ RUFLUX // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2023 (подана в печать)

Готовятся совместные публикации по почвенному дыханию, обменным потокам ПГ

Заключение



ПРОБЛЕМЫ

Направление 1

Лесорастительное районирование территории Средней Сибири (России) – утвержденное на государственном уровне и альтернативы в «научном сообществе»

Обеспечение кадрами для проведения масштабных полевых работ по оценке запасов углерода на тестовых полигонах, камеральной обработки собранного материала (привлечение студентов вузов?)

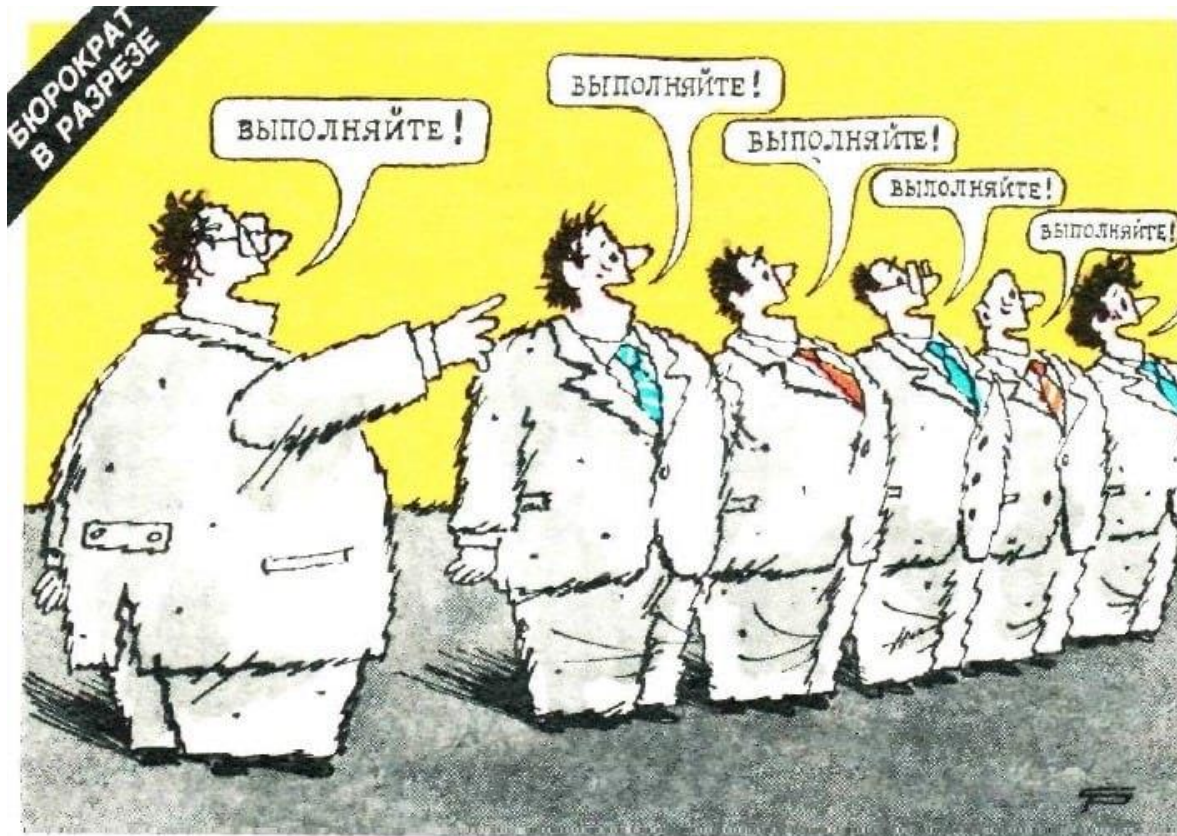
Обеспечение кадрами, оборудованием и материалами для развития мониторинговой сети ЭКС и почвенного дыхания (проведение регулярных семинаров/рабочих совещаний)

Определение состава оборудования, удовлетворяющего Росгидромет (централизованная закупка, обслуживание, калибровка...)

Направление 4

Успешность моделирования в значительной степени зависит от данных первичных наблюдений (пробных площадей). Желательно получить доступ к собираемым в рамках проекта базам данных как можно раньше, по мере их готовности

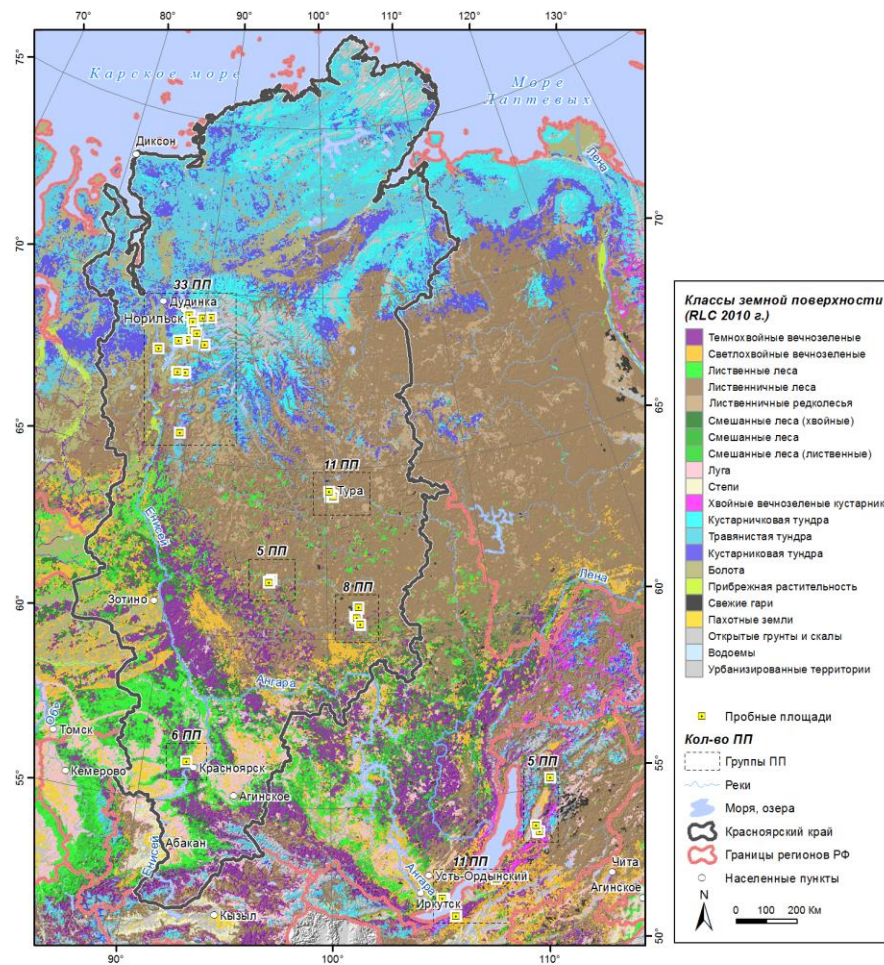
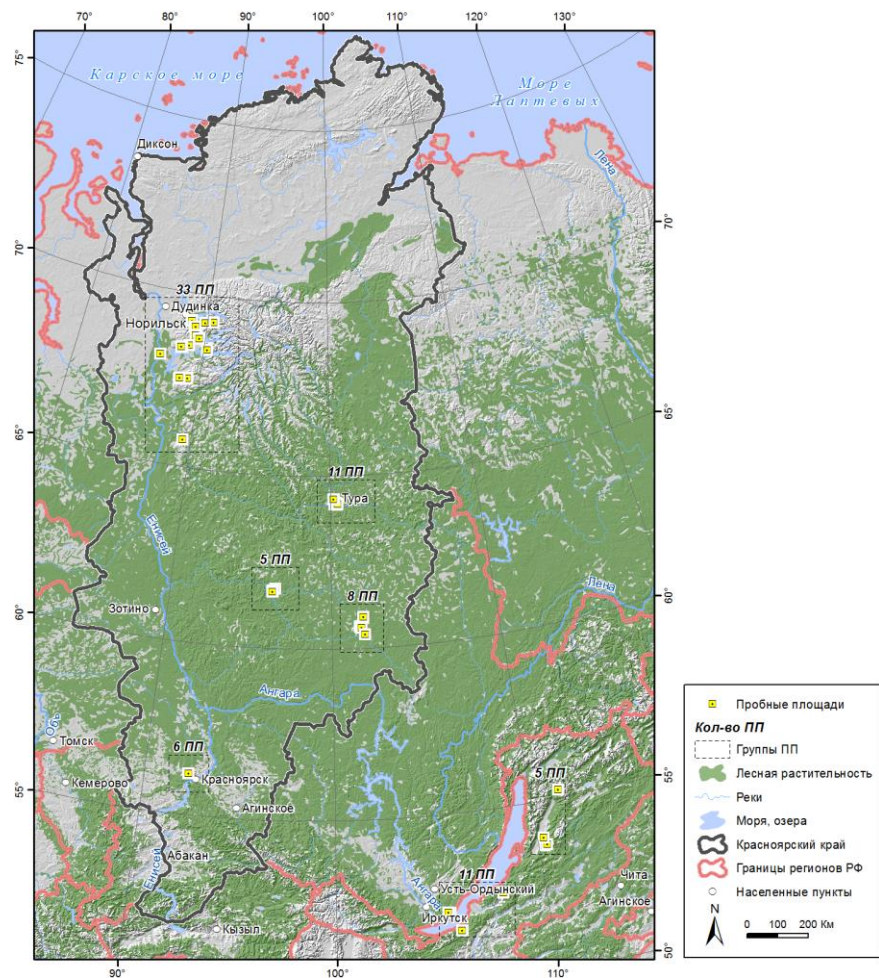
Спасибо за внимание!



Журнал Крокодил, 1988, №24

Рисунок Р. САМОЙЛОВА.

Дополнительные слайды



Группа математического моделирования ИЛ СО РАН

– базовые предпосылки и предмет исследования

- Современная наука о глобальных изменениях предполагает необходимость оценки двух главных показателей бюджета основных климатически активных веществ (CO_2 , CH_4 , N_2O): искомый показатель (напр., нетто-экосистемный обмен, чистая (нетто-) биомная продукция и т.д.) и его неопределенности. Бюджет должен быть полным (т.е. рассматривать все экосистемы, все процессы) и верифицируемым. Обеспечить это возможно только при условии последовательного применения системного анализа.
- Экосистемы представляют собой особый тип систем – это нечеткие (fuzzy) или недостаточно определенные системы, и их познание требует специальных подходов. Различные типы моделей являются незаменимым средством их научного описания. Эмпирические модели, как первый этап оценивания, играют одну из важнейших ролей в системном анализе бюджетов климатически активных веществ лесных экосистем. Существующие модели рассматриваемого типа устарели и не рассматривают влияние изменений климата.
- Исследования в рамках настоящего проекта предполагают разработку и модификацию систем эмпирических моделей, наиболее часто применяемых в оценке углеродного бюджета лесных экосистем, следуя основным принципам анализа нечетких систем. Такие модели необходимы в первую очередь при оценке определяющих показателей углеродного бюджета, таких как запасы и динамика углерода в основных пулах (фитомасса, мертвая древесина, почва) и потоков (нетто-первичная продукция, гетеротрофное дыхание почв, потоков вследствие влияния природных и антропогенных нарушений, «боковых» потоков). Всего предполагается разработка 6 групп моделей.

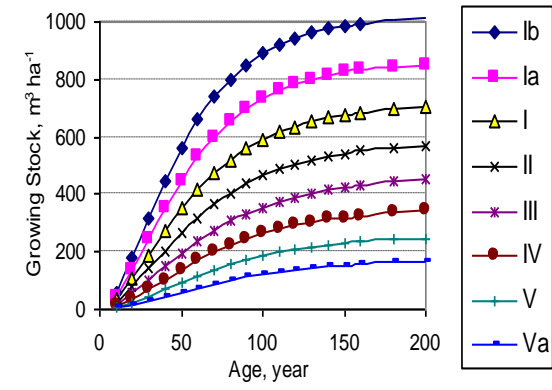
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

ТАБЛИЦЫ И МОДЕЛИ ХОДА РОСТА И ПРОДУКТИВНОСТИ НАСАЖДЕНИЙ ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ (нормативно-справочные материалы)

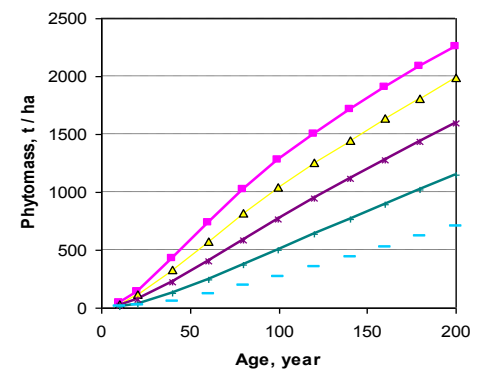
Издание второе, дополненное

Москва 2008

Запас, м3/га



Общая продукция фитомассы, т/га



Чистая первичная продукция, г/м2/год

