

Прогнозная оценка динамики пулов углерода и потоков парниковых газов в основных типах наземных экосистем России

Шанин В.Н.,
Чумаченко С.И.,
Тебенькова Д.Н.,
Щепащенко Д.Г.,
Голубятников Л.Л.,
Романенков В.А.,
Суховаева О.Э.,
Богомолов В.Ю.

Рабочая группа 4: Моделирование

Цель: прогнозная оценка динамики пулов и потоков углерода наземных экосистем методами математического моделирования

Задачи:

- Формирование комплекса моделей для прогнозной оценки изменений в пулах углерода и потоков парниковых газов в основных типах наземных экосистем России
- Параметризации и валидация моделей на основе базы входных параметров
- Проведение имитационных экспериментов для прогноза динамики пулов и потоков углерода в наземных экосистемах с использованием набора сценариев природопользования и климатических сценариев
- Интеграция системы прогнозной оценки с системой мониторинга пулов и потоков углерода (применение результатов мониторинга для параметризации и валидации моделей) для наземных экосистем

Наземные измерения

Эколого-климатические станции:

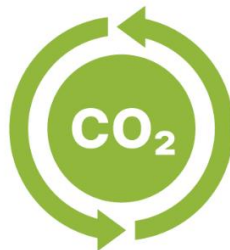
- измерение потоков парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O , H_2O);
- метеорологические наблюдения.



Сеть пробных площадей:

- видовой состав растительности;
- продуктивность;
- параметры горизонтальной и вертикальной структуры;
- характеристики почв;
- характеристики напочвенного покрова.

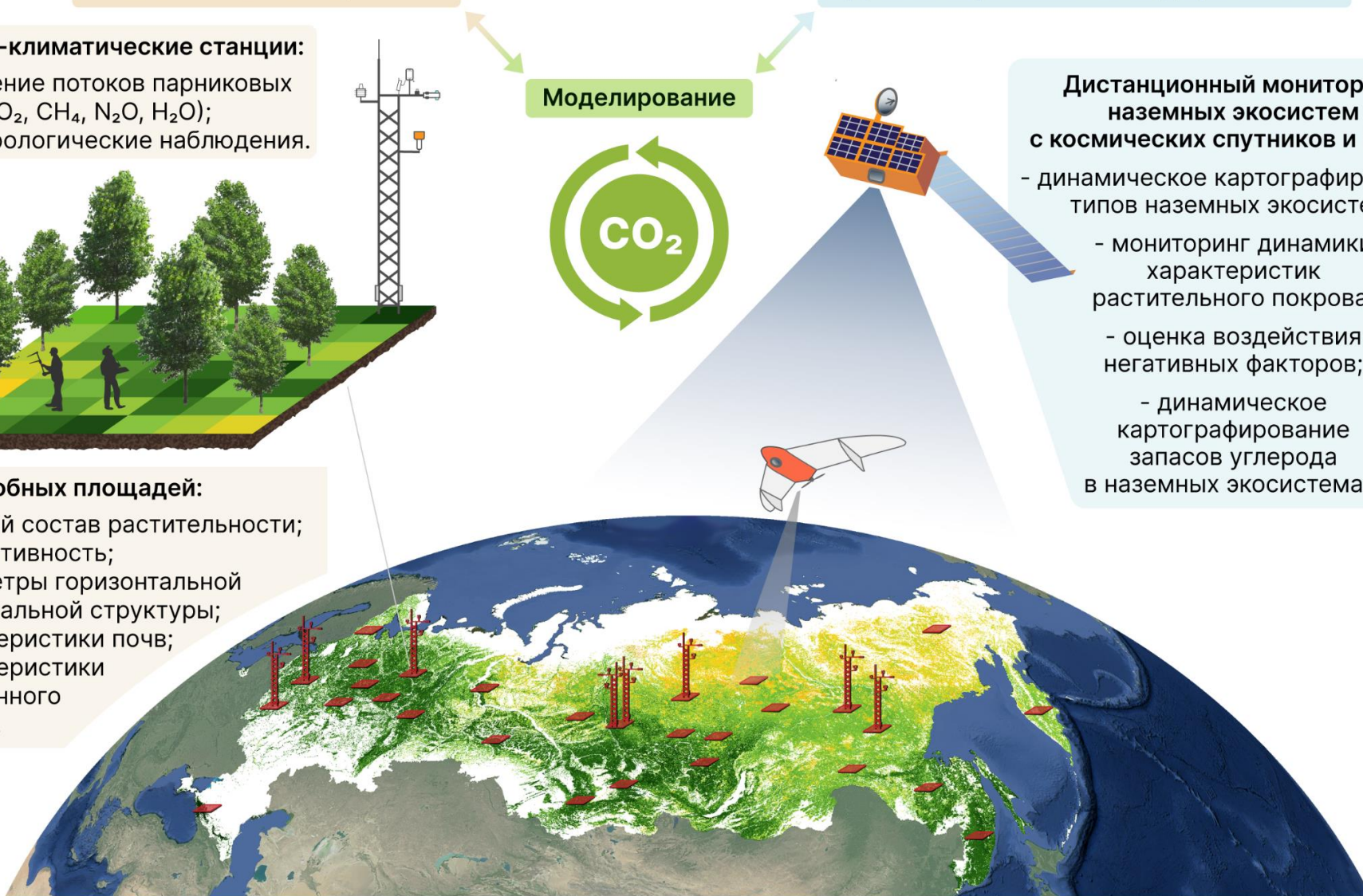
Моделирование



Дистанционное зондирование

Дистанционный мониторинг наземных экосистем с космических спутников и БПЛА:

- динамическое картографирование типов наземных экосистем;
- мониторинг динамики характеристик растительного покрова;
- оценка воздействия негативных факторов;
- динамическое картографирование запасов углерода в наземных экосистемах.



Общая схема интеграции в рамках Консорциума
(произведено по: Лукина и др.)

Связь с общими целями и задачами Консорциума

- Оценка репрезентативности создаваемой сети мониторинга
- Разработка методов интеграции данных сети мониторинга со средствами прогнозной оценки
- Включение прогнозных оценок в общую информационно-аналитическую систему
- Получение новых оценок бюджета углерода на национальном уровне

В контексте Рамочной конвенции ООН об изменении климата

- Выработка рекомендаций по повышению эффективности управления наземными экосистемами с точки зрения снижения эмиссии / повышения связывания парниковых газов
- Уточнение оценок эмиссии парниковых газов в разных типах наземных экосистем для учета в Национальном кадастре

Задачи РГ4 на 2022 год

- Формирование комплекса моделей для прогнозных оценок динамики пулов углерода и потоков парниковых газов в разных типах наземных экосистем
- Выполнение пилотных имитационных экспериментов по прогнозным оценкам для ключевых участков в разных типах наземных экосистем
- Оценка потенциальной репрезентативности прогноза с помощью комплекса моделей для всей сухопутной территории России

Комплекс прогнозных моделей

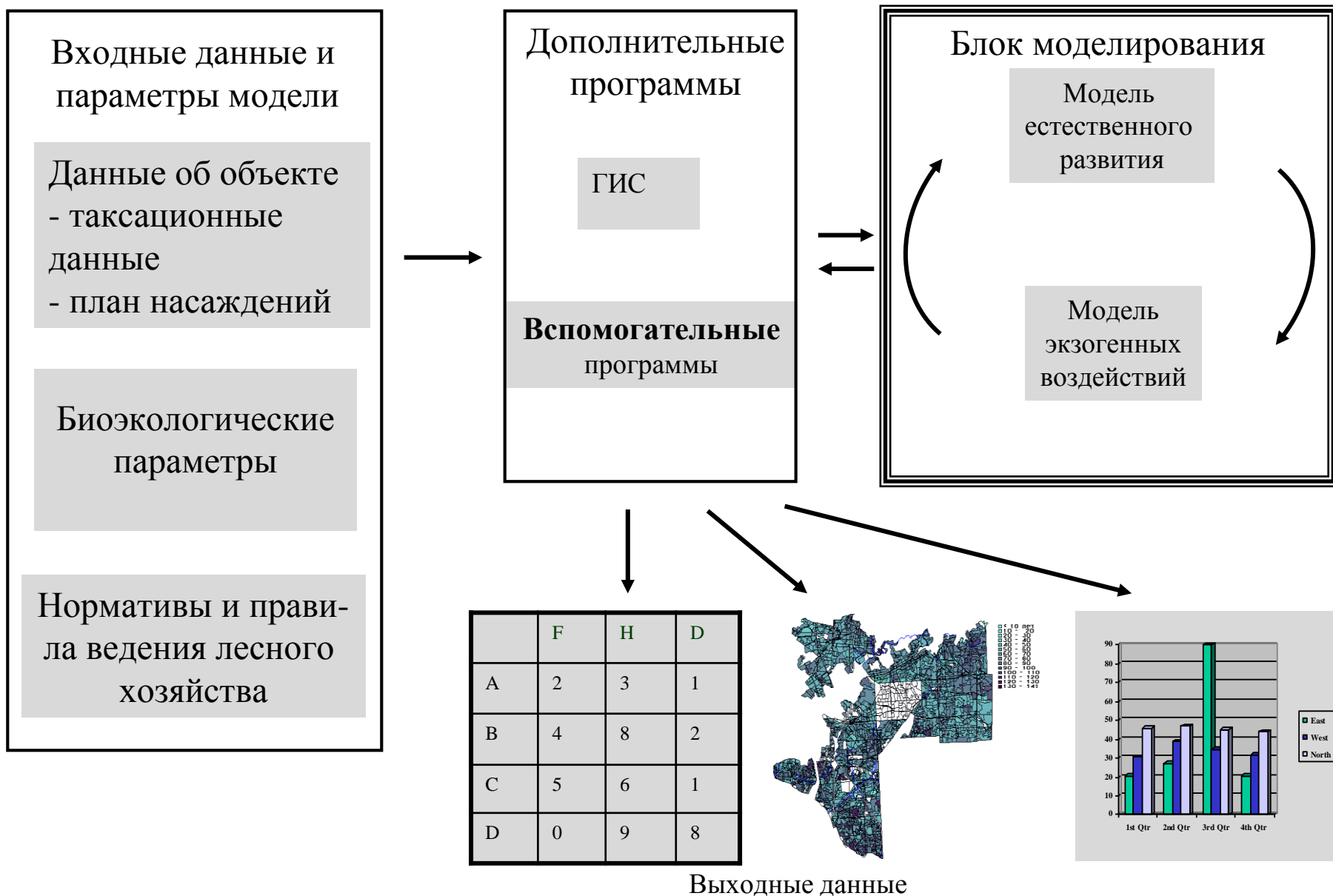
- **Лесные экосистемы:** динамическая модель древостоя (*ЦЭПЛ РАН*), модель динамики органического вещества почвы (*ФИЦ ПНЦБИ РАН*), регрессионные модели оценки фитомассы древостоя и дыхания почвы (*ИЛ СО РАН*)
- **Агроэкосистемы:** модели круговорота углерода в агроландшафтах, углеродные калькуляторы (*ИГ РАН, факультет почвоведения МГУ*)
- **Тундровые и лесотундровые экосистемы:** нелинейная динамическая модель углеродного цикла (*ИФА РАН*)
- **Болотные экосистемы:** численная модель тепло- и влагопереноса и эмпирическая модель для расчёта потоков парниковых газов (*ИМКЭС СО РАН*)

Оценка репрезентативности комплекса моделей

Тип наземных экосистем	Доля от общей площади сухопутной территории России, %	Возможности сценарного моделирования
Лесные экосистемы	47	хозяйственная деятельность, изменения климата, биотические и абиотические нарушения
Агроэкосистемы	13	хозяйственная деятельность, изменения климата
Тундровые и лесотундровые экосистемы	12	изменения климата, биотические нарушения
Болотные экосистемы	8	хозяйственная деятельность, изменения климата
ИТОГО:	80%	

Пространственный уровень: ландшафтный, региональный.
Национальный - с рядом допущений.

Общая схема комплекса FORRUS-S



Модели гидротермического режима и динамики органического вещества лесных почв

Входные данные:

Начальные запасы органического вещества и азота органо-генного и органо-минерального горизонтов почвы

Количество поступающего опада

Химические свойства поступающего опада (содержание углерода, азота, зольных элементов)

Температура воздуха и количество осадков

Характеристики древостоя

Выходные данные:

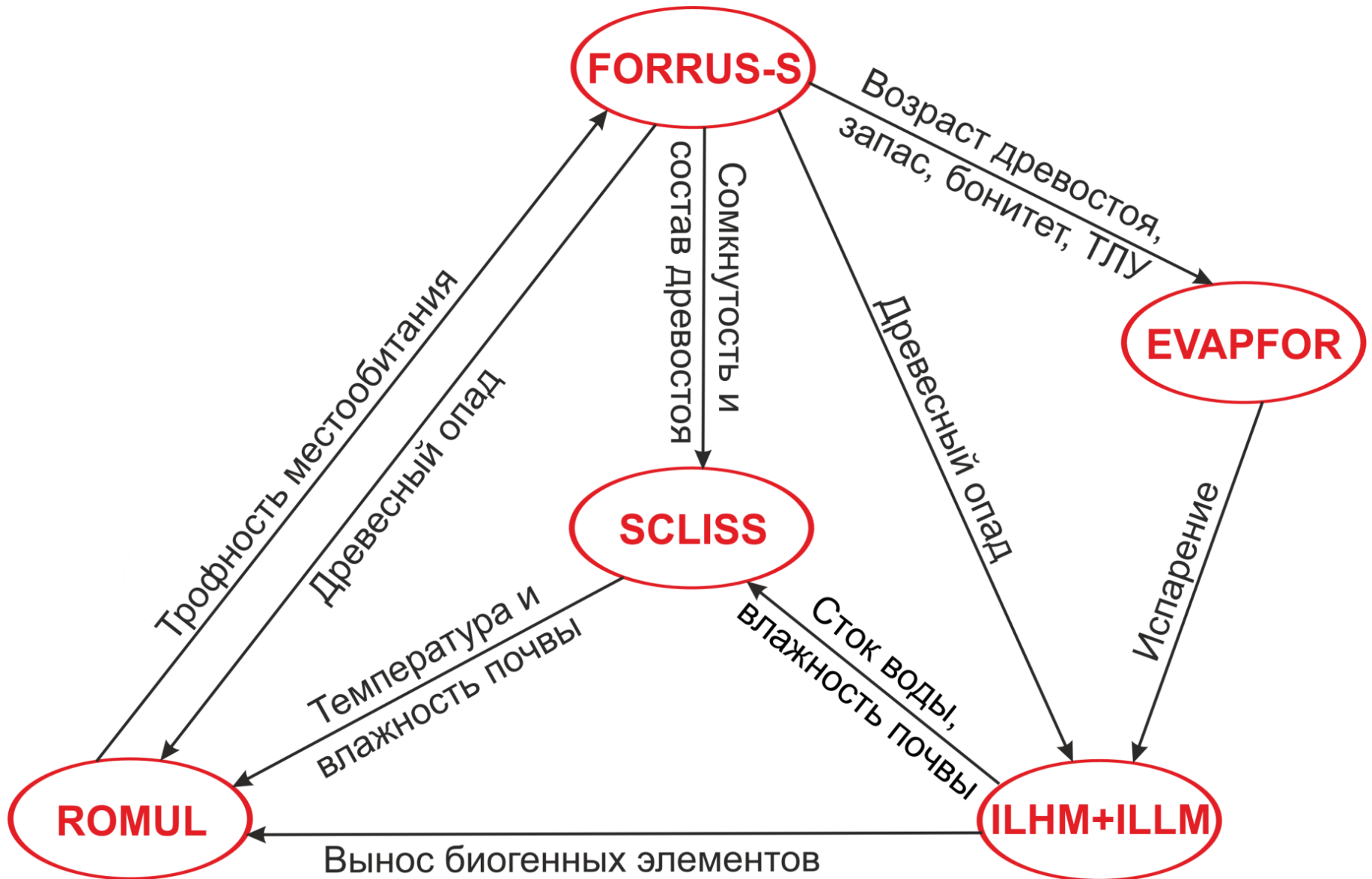
Запасы органического вещества и азота органо-генного и органо-минерального горизонтов почвы

Гетеротрофное дыхание почвы

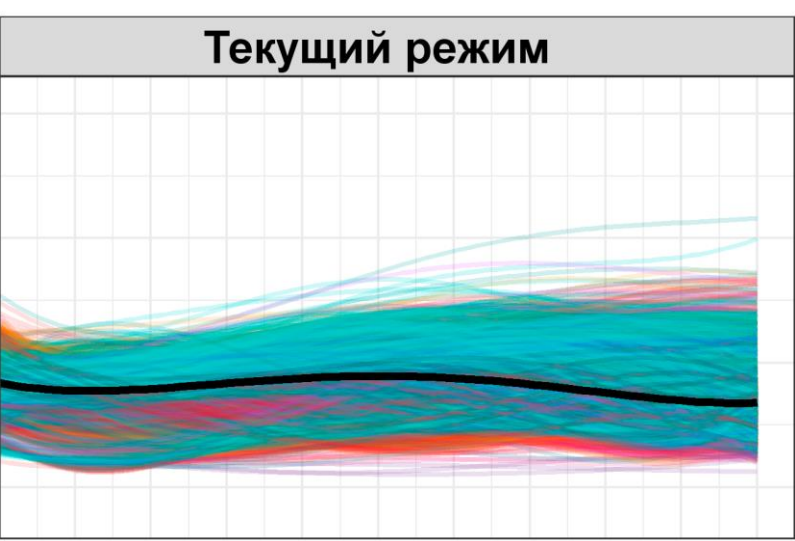
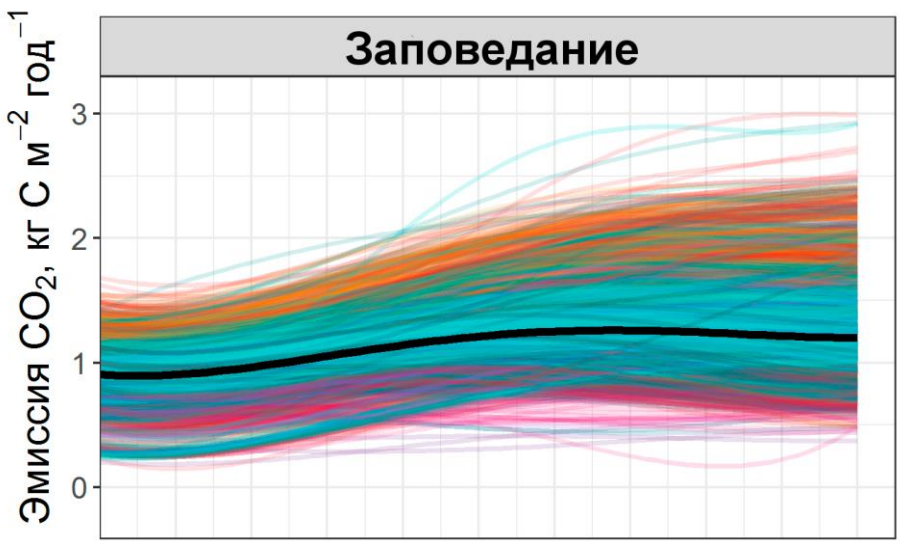
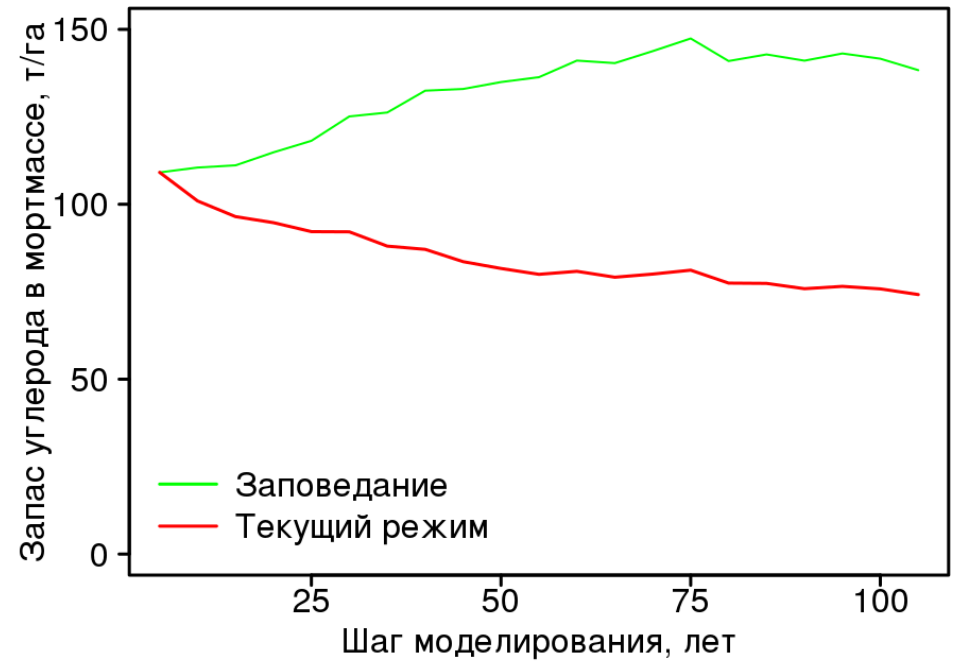
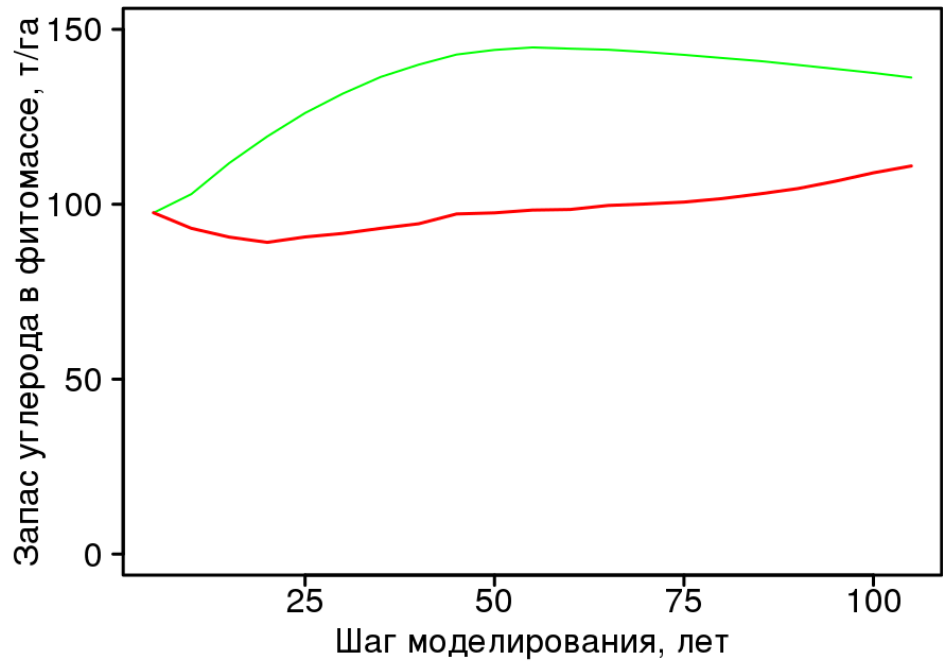
Количество минерализованного азота

Температура и объемная влажность органо-генных и органо-минеральных горизонтов почвы

Интеграция моделей

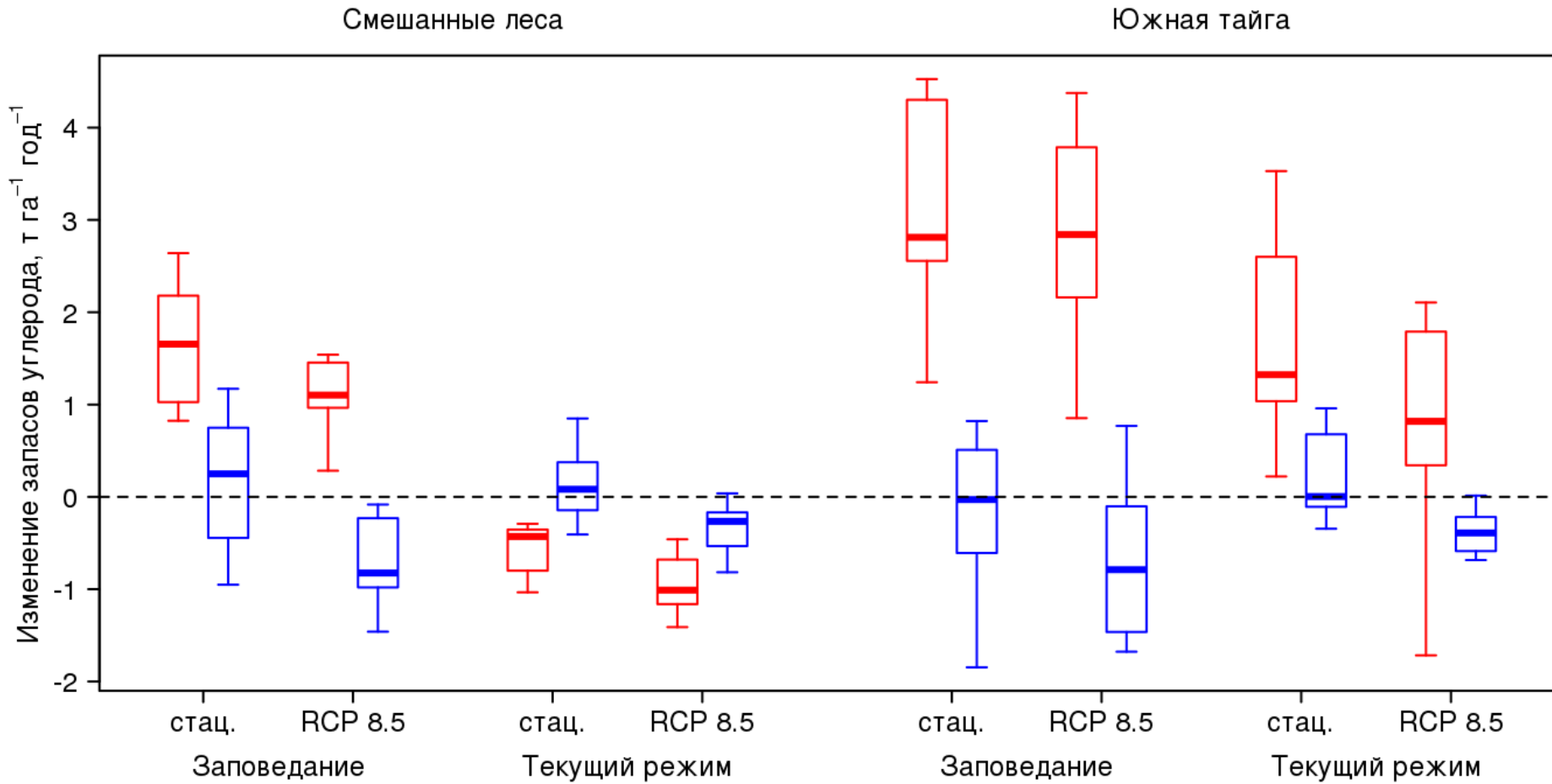


Пилотный прогноз: лесные экосистемы



- ТЛУ
- A2
 - A4
 - A5
 - B2
 - B3
 - B4
 - C2
 - C3
 - C4

Пилотный прогноз: лесные экосистемы



Прогнозируемые с помощью системы моделей FORRUS-S – ROMUL изменения запасов углерода лесных экосистем (суммарно по всем пулам) для периода 2001–2050 гг. (красным) и 2051–2100 гг. (голубым) в зависимости от климатического сценария и режима лесопользования

Также разработаны:

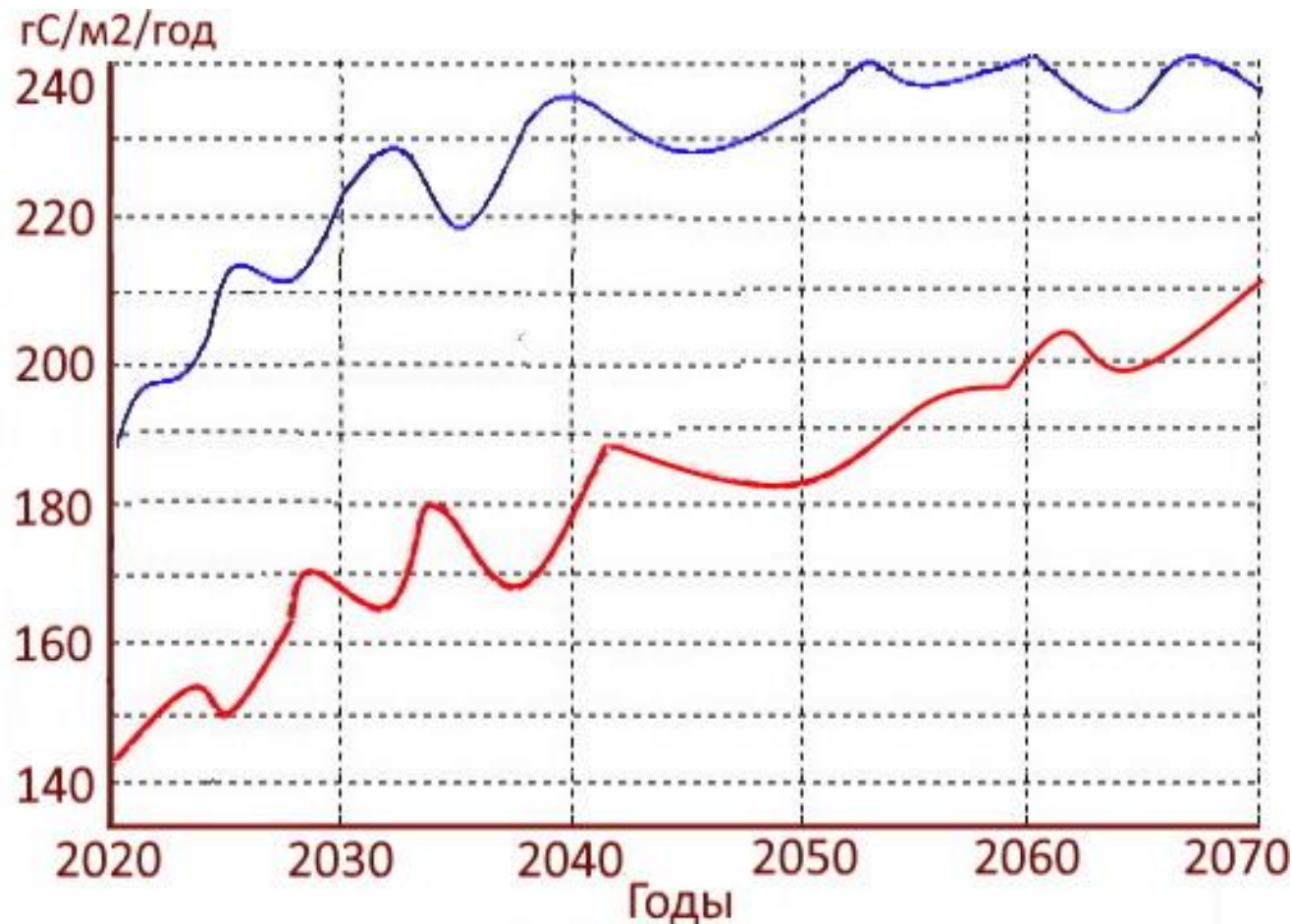
- Пространственно-распределенная система многомерных регрессионных моделей с видоспецифичными параметрами для оценки фитомассы лесов России
- Система регрессионных моделей для оценки гетеротрофного дыхания лесных почв в зависимости от климата, типа почвы и типа растительности, режима землепользования, биотических нарушений и пожаров
- Пространственно-распределенная система многомерных регрессионных моделей для оценки запасов крупных древесных остатков в лесных экосистемах

Пилотный прогноз: агроэкосистемы



Средняя абсолютная скорость секвестрации углерода в пахотных почвах, т/га в год, по субъектам РФ при сценарии неизменного землепользования (оценка с помощью модели RothC)
(основной доклад: Романенков и др.; Карелин и др.)

Пилотный прогноз: тундровые и лесотундровые экосистемы



Динамика продуктивности (синяя линия) и гетеротрофного дыхания (красная линия) при климатических изменениях согласно сценарию антропогенных выбросов RCP 8.5
(основной доклад: Голубятников и др.)

Пилотный прогноз: болотные экосистемы

- Численная модель тепло- и влагопереноса и эмпирическая модель для расчета потоков ПГ в болотных экосистемах интегрированы в модель деятельного слоя суши ИВМ РАН – МГУ. Модель производит расчеты с учетом особенностей разных типов почв как внутри деятельного слоя, так и на его поверхности без обратного взаимодействия с атмосферой.
- Подготовлены данные о характеристиках и динамике процессов в болотных экосистемах, пулах углерода, потоках ПГ, температурном режиме и колебаниях уровня болотных вод на ключевых участках, необходимые для запуска модели деятельного слоя суши.

Основные результаты за 2022 г.

- Сформирован комплекс моделей, позволяющих осуществлять прогнозную оценку динамики пулов углерода и потоков ПГ в основных типах наземных экосистем, представленных на территории Российской Федерации.
- Получены прогнозные оценки изменения запасов углерода и потоков парниковых газов на ключевых участках в основных типах наземных экосистем при разных сценариях
- Получена оценка репрезентативности прогноза
- Подготовлены предложения по стандартизации входных и выходных данных

Связь с другими Консорциумами

- K1 (“Разработка глобальной модели Земной системы...”): входные данные, вычислительные модули и блоки, кросс-валидация
- K5 (“Создание методик разработки сценариев...”): прогнозные оценки эффективности сценариев декарбонизации
- K6 (“Техническое перевооружение ... Национального кадастра...”): валидация / уточнение конверсионных коэффициентов для расчета эмиссии и поглощения парниковых газов

Потенциальные проблемы и пути их решения

- Отсутствует единая методика валидации моделей – необходимо ее разработать
- Модели имеют разные требования ко входным данным и разный формат выходных данных – необходима стандартизация
- Необходим алгоритм масштабирования до национального уровня
- Дефицит кадров – может быть решен с помощью обучающих семинаров

Благодарю за внимание