

II Всероссийская конференция "Научные основы устойчивого управления лесами"
25-27 октября 2016 г. Москва

Новые наукоёмкие методы прогнозирования динамики лесов

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ
КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ДИНАМИКИ ЛЕСОВ**

О.Г. Чертов, В.Н. Шанин, С.С. Быховец, П.Я. Грабарник



**Institute of Physicochemical and Biological Problems
in Soil Science of the Russian Academy of Sciences**



**Laboratory
of ecosystem
modelling**

Практически до настоящего времени основным инструментом прогноза в лесном хозяйстве являются таблицы и кривые хода роста древостоев, основанные на теории нормального леса

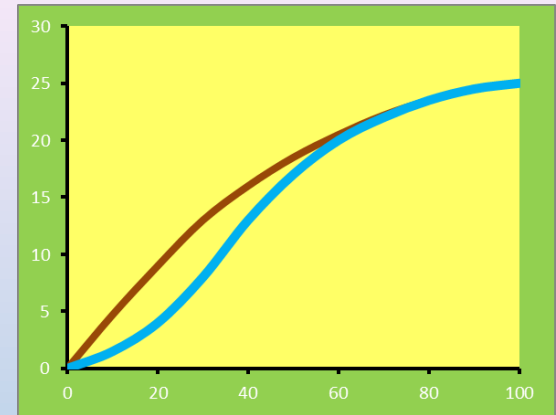
Основным постулатом теории нормального леса является неизменность параметров роста насаждений (от всходов до возраста спелости) в строгой зависимости от неизменных условий произрастания и почв в данном климате, с ранжированием по классам бонитета

Этот подход успешно развивался и практически используется в экстенсивном лесном хозяйстве в течение почти 200 лет

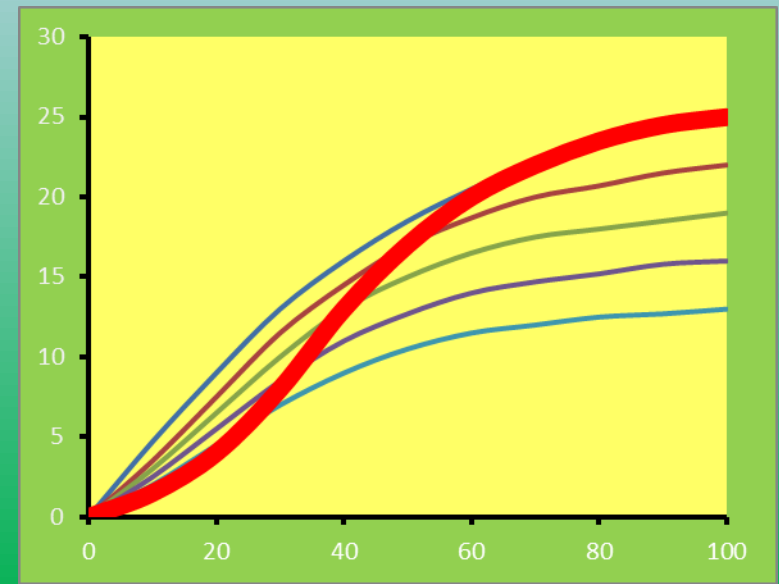
Несовпадение динамических
типов кривых:

сигмоидная кривая роста
организмов в биологии и
экологии и

кривая хода роста древостоев



Несовпадение бонитировочных
кривых хода роста и данных
постоянных пробных площадей



Таблицы хода роста и существующая лесная типология не отражают динамическую природу лесных экосистем, особенно при постоянно растущем антропогенном прессе и изменении природной среды

Нарушения, особенно пожары, загрязнение и рекреационную деградацию трудно отразить в таблицах хода роста

Типы леса статичны: изменение продуктивности, состава древостоев и растительности почвенного покрова при восстановлении после рубок и нарушений недостаточно отражаются в лесной типологии.

Занижение приростов при инвентаризации российских лесов было удобно в плановой экономике; теперь это ведет к недооценке роли лесов России в депонировании углерода и, соответственно, к потере денег по углеродным квотам

В этом году исполнилось 100 лет со дня выхода в свет книги А. А. Крюденера по лесной типологии.

Это первая целостная классификация, послужившая основой при создании лесотипологической школы Алексеева-Погребняка.

Во введении книги Крюденер пишет:

«... и только тогда, когда лесоводы научатся с математической точностью определять производительные силы почво-грунта, только тогда померкнет звезда типов [леса]...» с.16.

Крюденер А.А. Основы классификации типов насаждений. Материалы по изучению русского леса. Петроград. 1916. 190 с.

Немецкое издание в 2-х томах в 1927 г.

Биограф. справка об А. А. Крюденере: <http://www.bbl-digital.de/seite/416/>

ЭТО ВРЕМЯ ПРИШЛО.

Таким инструментом должно служить математическое моделирование лесной растительности, древостоев, лесных почв и лесных экосистем

Динамическое (имитационное, численное) моделирование представляет собою наиболее строгий способ обобщения экспериментальных данных, существующих теорий и концепций в математической форме

(а) для изучения механизмов и факторов функционирования объекта моделирования в их взаимосвязи

(б) для количественной прогнозной оценки изменения объекта моделирования во времени под влиянием разнообразных факторов

По сути, это количественное описание основных положений лесоведения, ботаники, почвоведения, биоклиматологии и в целом - лесной экологии

Лесные динамические модели

Лесоводственные модели уровня дерева, древостоя, лесничества

Индивидуально-ориентируемые и гэд-модели

Экологические процессные модели:

- Модели компонентов экосистем: экологические и эко-физиологические дерева и древостоя, растительности напочвенного покрова, водно-теплового режима, органического вещества почвы
- Древостой-имитирующие (когортные), с обобщенными пулами листвы, ветвей, стволов, корней, гумуса почвы всего древостоя/ выдела/ фиксированной площади
- Индивидуально- и пространственно-ориентируемые комбинированные экосистемные модели (дерево-почва-вода-атмосфера),
- **Ландшафтные и региональные**

Существующие модели

ЗАРУБЕЖНЫЕ

- ❖ Лесоводственные (growth models): FIBER 3.0, Solomon et al. 1995; SILVA, Pretzsch et al. 2002; Forcyte & Forecast, Kimmins & Scoullar 1979; CO2Fix, Nabuurs et al. 2002; MOTTI, Hynynen et al. 2002, Salminen et al. 2005
- ❖ Лесоводственные ресурсные: CBM-CFS, Kurz & Apps 1992; EFISCEN, Shellhaas et al, 2007; SaMARE, Fortin et al. 2009
- ❖ Индивидуально-ориентируемые и гэп-модели (individual-based gap models): JABOWA, Botkin et al., 1972; Foret, Shugart West, 1977; ...десятки других... ForestMAS: Kolmanič et al. 2014
- ❖ Экофизиологические когортные: EFM, Thornley & Cannell 1992; FinFor, Kellomäki et al. 1993; 4C, Potsdam; Q, Ågren & Bosatta 1996; TRIPLEX, Peng et al. 2002
- ❖ Комбинированные: Hybrid, Friend 1997; IMPACT, Chertov et al., 2003

РОССИЯ

- Большое количество теоретических моделей: М.Д.Корзухин и Ю.Л.Цельникер; Г.Н.Карев; П.Я.Грабарник; А.С. Алексеев
- Система РОБУЛ, Д.Г. Замолодчиков 2011
- FORRUS-S, С.И.Чумаченко 1995
- SPECOM, Chertov 1990
- Система моделей EFIMOD 2, Komarov et al. 2003; Моделирование динамики...2007

Возможности процессных индивидуально-ориентируемых моделей лесных экосистем как ансамбля «лес-почва-вода-воздух»:

- отражение широкого спектра динамических параметров лесных экосистем при их развитии, включая стандартные таксационные характеристики, на любых временных интервалах и пространственных уровнях
- количественная оценка воздействия различных видов хозяйственных мероприятий, включая инновационные, в целом на экосистемы и вычисление численных значений и параметров для оценки «экосистемных услуг»
- количественная оценка последствий естественных и антропогенных нарушений лесных экосистем
- в целом - всесторонняя прогностическая эколого-лесоводственная оценка динамики лесных экосистем

Система моделей EFIMOD 2

Эта система моделей служит развитием ряда предшествующих, основанных на единой теоретической платформе:

SPECOM 1990

SPESOIL 1995

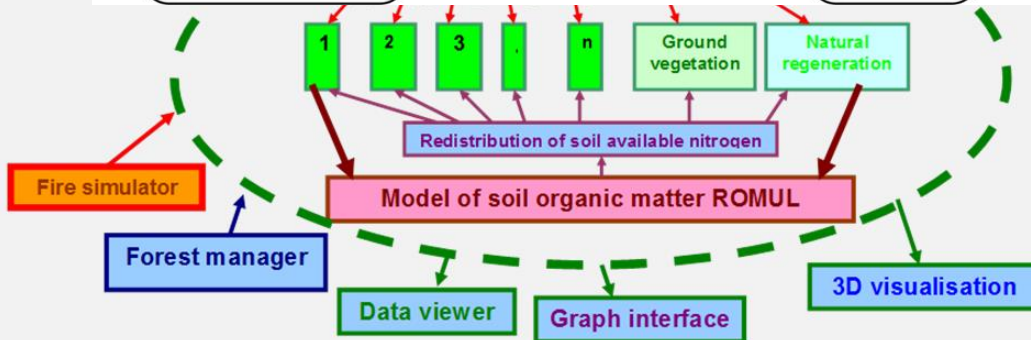
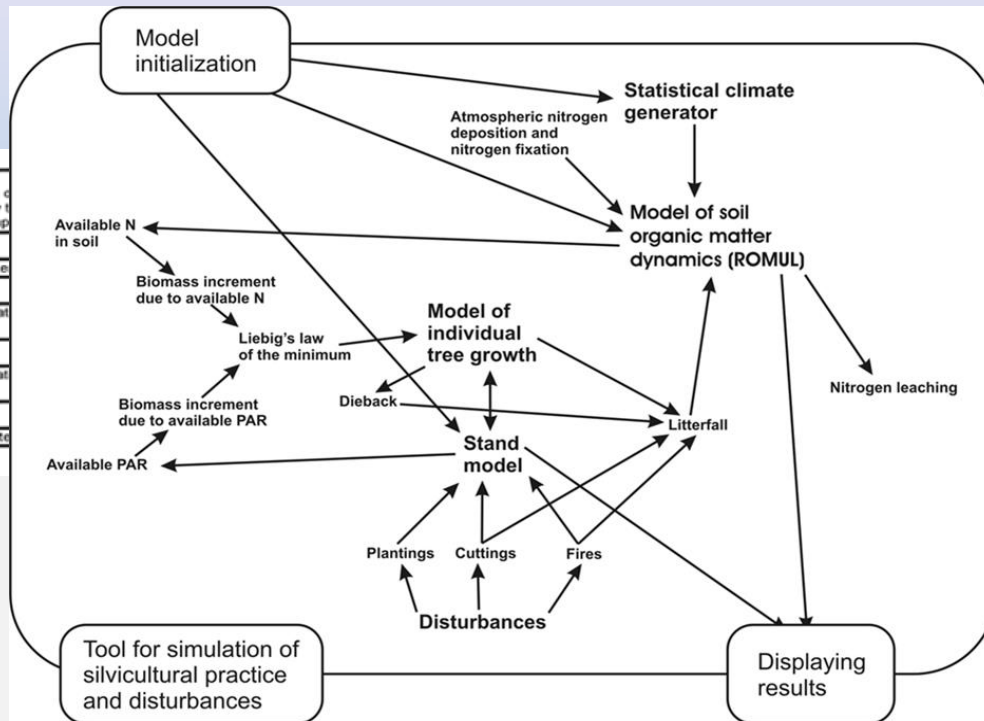
SOMM 1997

EFIMOD 1999

ROMUL 2001

SCLISS 2002

EFIMOD 2 2003



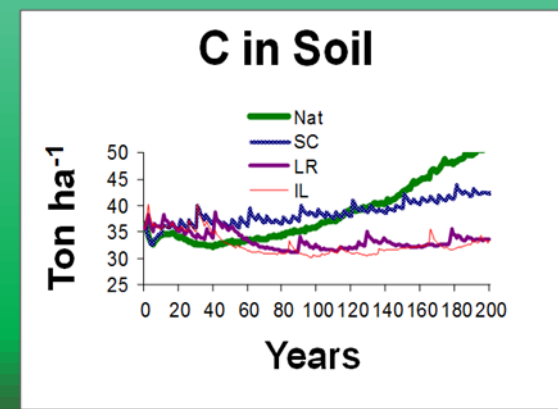
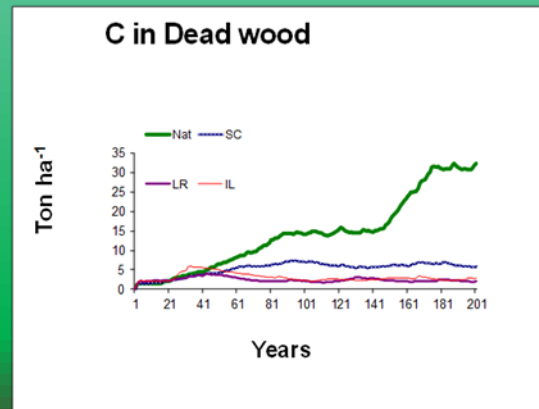
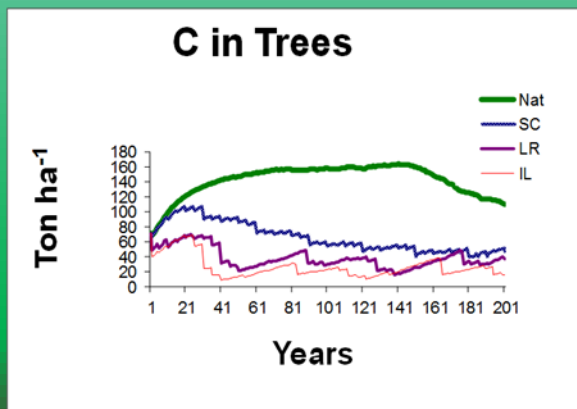
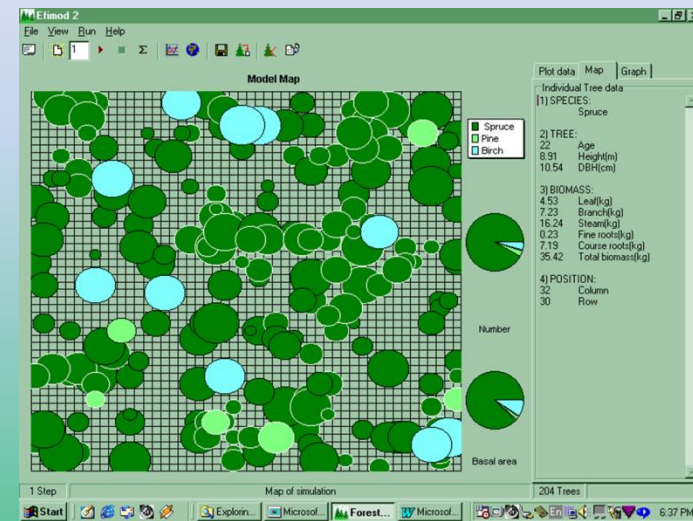
EFIMOD 2 flow-chart

Теоретической основой EFIMODa является концепция «экосистемы одного растения» для расчета продукции биомассы дерева и динамики гумуса почвы в их взаимодействии



Основными компонентами системы являются:

- ✓ модель роста каждого дерева
- ✓ модель динамики органического вещества почвы ROMUL
- ✓ популяционный модуль древостоя
- ✓ модуль возобновления
- ✓ генератор почвенного климата SCLISS
- ✓ модуль лесохозяйственных мероприятий
- ✓ модуль лесных пожаров

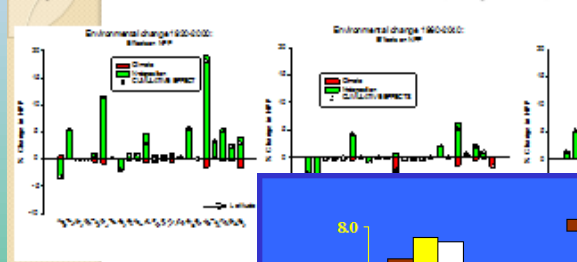


Применение EFIMOD'a

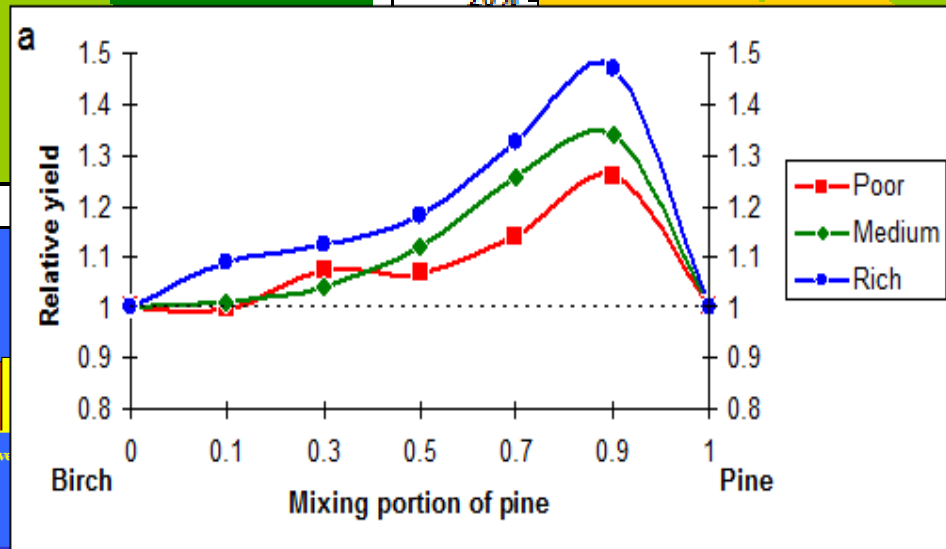
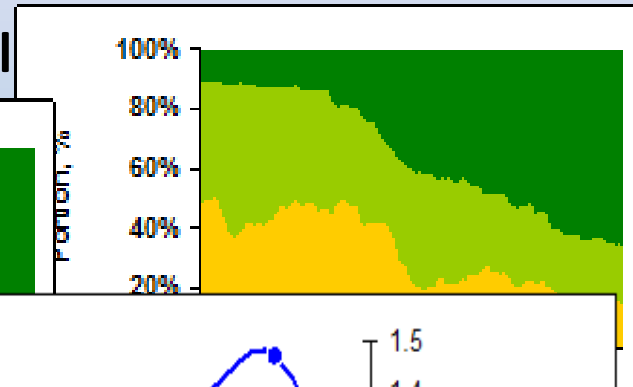
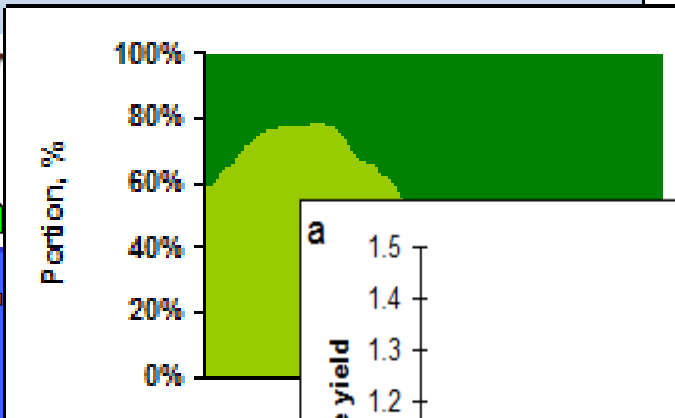
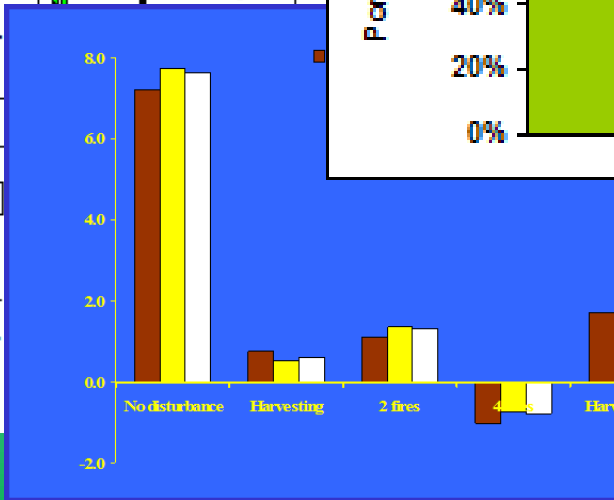
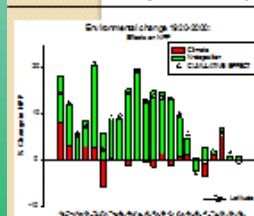
Уровень дерева – не востребован

Уровень древостоя/экосистемы

Проект RECOGNITION: NPP (верх Q, ...)

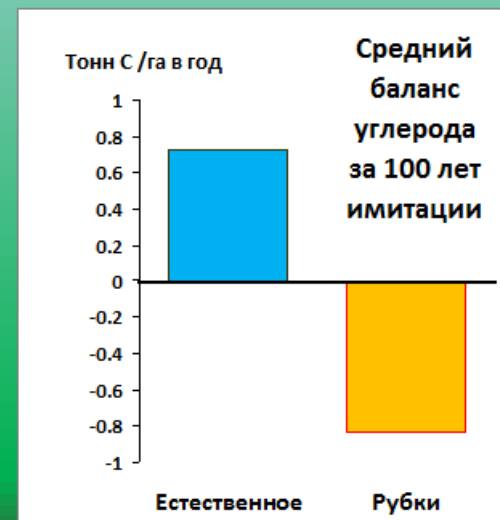
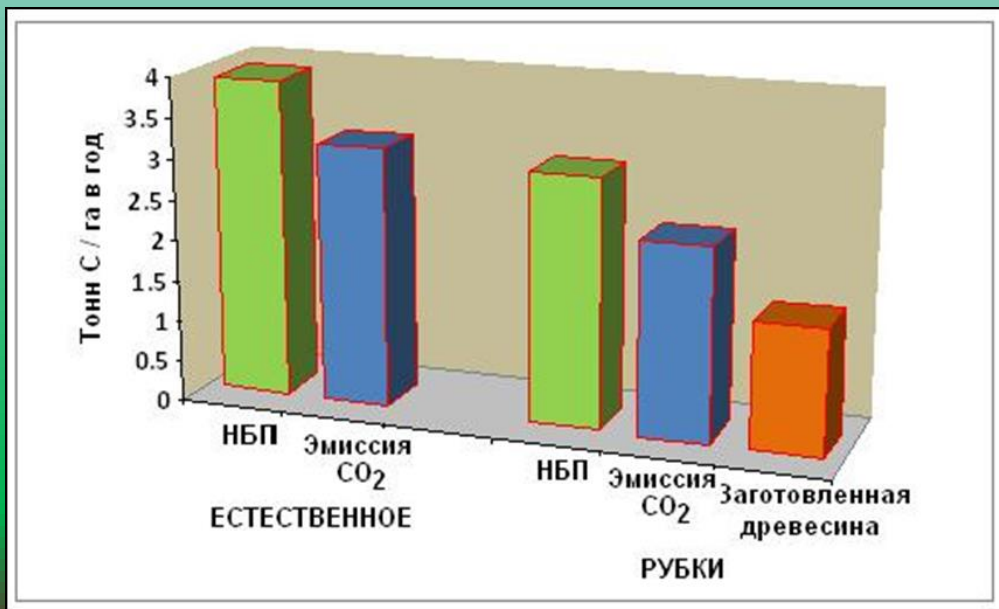
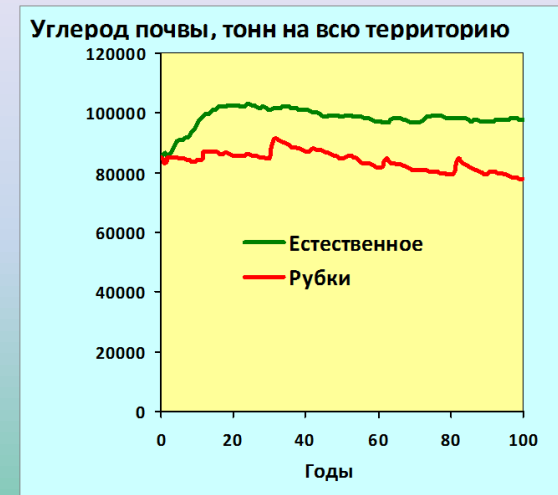
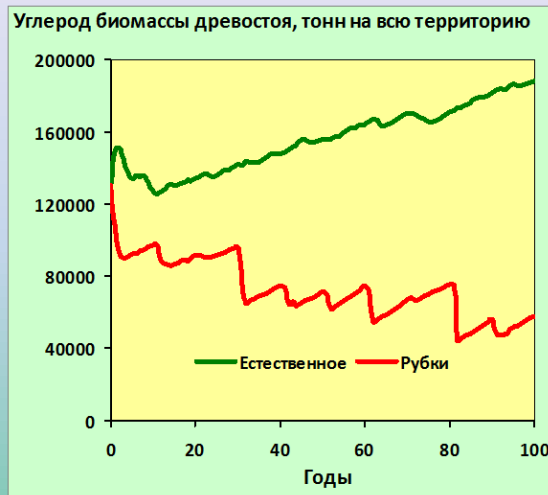
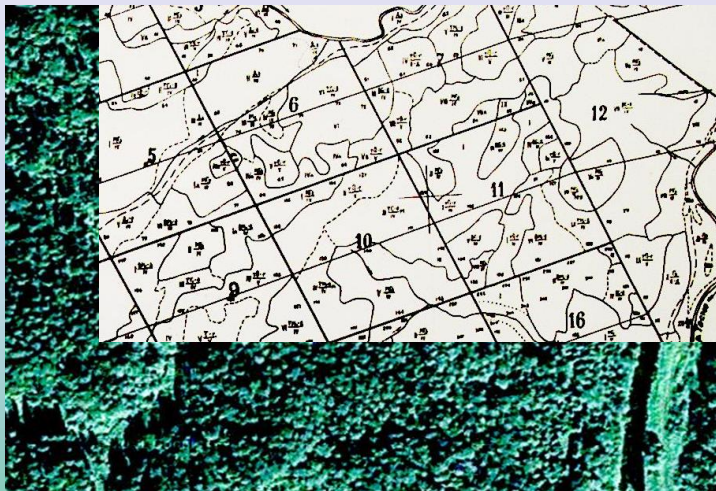


Past (1920-2000)



Специальная версия EFIMODa IMPACT включена в финскую национальную систему сертификации лесных продуктов

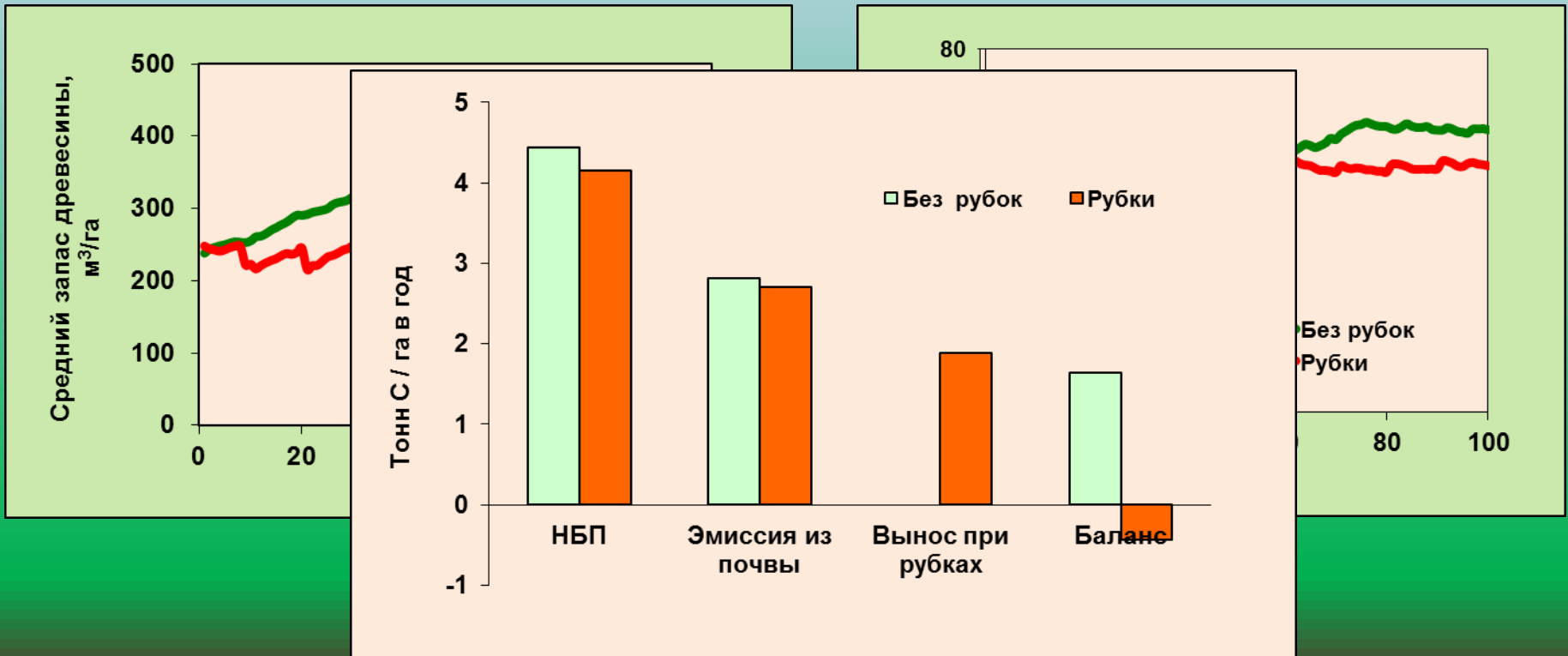
Уровень хозяйства : Лисинское лесничество Гришкинская дача



Региональный уровень

Ленинградская область, площадь 3403 тыс. га

Та же структура исходных данных как в СВМ-CFS3, EFISCEN, РОБУЛ с дополнением к моделируемым единицам почвенно-климатических параметров и прогонами системой моделей EFIMOD



Дальнейшее развитие системы моделей EFIMOD

- Детальная модель продуктивности отдельного дерева
- Модели корневой и кроновой конкуренции
- Модель естественного возобновления
- Модель растительности напочвенного покрова
- Гидротермическая балансовая модель всей экосистемы
- Модель динамики органического вещества почвы
- Модель рельефа и микрорельефа
- Модель структуры почвенного покрова (дискретная почва, фитогенные поля, макро-педотурбации - ветровальный комплекс)
- Всеобъемлющий имитатор различных систем лесохозяйственных мероприятий для конкретного древостоя, выдела, лесничества, региона

Дальнейшее развитие системы моделей EFIMOD

- Детальная модель продуктивности отдельного дерева
- **Модели корневой и кроновой конкуренции**
- Модель естественного возобновления
- **Модель растительности почвенного покрова**
- Гидротермическая балансовая модель всей экосистемы
- **МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ**
- **Модель рельефа и микрорельефа**
- **Модель структуры почвенного покрова (дискретная почва, фитогенные поля, макро-педотурбации - ветровальный комплекс)**
- **Всеобъемлющий имитатор различных систем лесохозяйственных мероприятий для конкретного древостоя, выдела, лесничества, региона**

Интеграция моделей

Это необходимый компонент наиболее эффективного совместного использования лесных моделей разного типа и пространственного уровня для решения задач устойчивого лесоводства

В своё время обсуждались возможности создания библиотек моделей и по данным модулей лесных моделей

В настоящее время возникла идея интеграции различных моделей в форме общей программной платформы или протоколов, например, для совместного использования системы РОБУЛ, модели FORRUS-S и системы моделей EFIMOD

EFIMOD как экологическая основа лесных моделей

Модель позволяет оценить экологические последствия катастрофических внешних воздействий (лесных пожаров, вспышек вредителей, промышленных загрязнений) и выработать стратегии для обеспечения устойчивого лесопользования

В интегрированной системе моделей предлагается использовать EFIMOD как основу для построения сертифицированной на уровне госстандарта модели лесной экосистемы для таежной зоны с созданием вертикально интегрированной прогностической модельной цепочки, с охватом всех аспектов управления лесами от арендатора до правительства.

Для каркаса такой модели накоплено достаточно информации и опыта. Наполнение системы моделей новой научной информацией производится по мере ее поступления и возникновения новых практических задач.

EFIMOD как компонент системы новых методов оценки лесных ресурсов

В системах учета и прогноза динамики лесных ресурсов предлагается использовать EFIMOD для верификации данных инвентаризации лесов, используя информацию о прошлых учетах и режимах лесопользования.

Использование снимков высокого разрешения и лидарных данных в сочетании с индивидуально-ориентированными моделями позволит решать задачи сохранения биоразнообразия, рационального использования природных ресурсов и экологической безопасности.

Практические шаги по развитию лесного моделирования для устойчивого лесоводства

- ❖ Включение курсов по лесному моделированию в учебные программы лесных вузов и факультетов**
- ❖ Придание приоритетного статуса для работ по лесному моделированию для включения в структуру моделей новых экспериментальных данных и решения возникающих задач**
- ❖ Внедрение существующих моделей и переход к уровню проектных решений**
- ❖ Компиляция регионально-адаптированных версий моделей для профессионалов уровня лесничеств, а также версий с простым интерфейсом для студентов и школьников («лесные калькуляторы»)**

Лесные динамические модели разного класса и пространственного разрешения, как новые инструменты для перехода к наукоемким методам прогноза в лесоводстве, безусловно, необходимы для реализации концепции устойчивого лесного хозяйства в наукоемкой биоэкономике будущего для сохранения природных ресурсов, развития страны и оптимальной среды обитания для будущих поколений.

**Спасибо, коллеги,
за внимание!**