

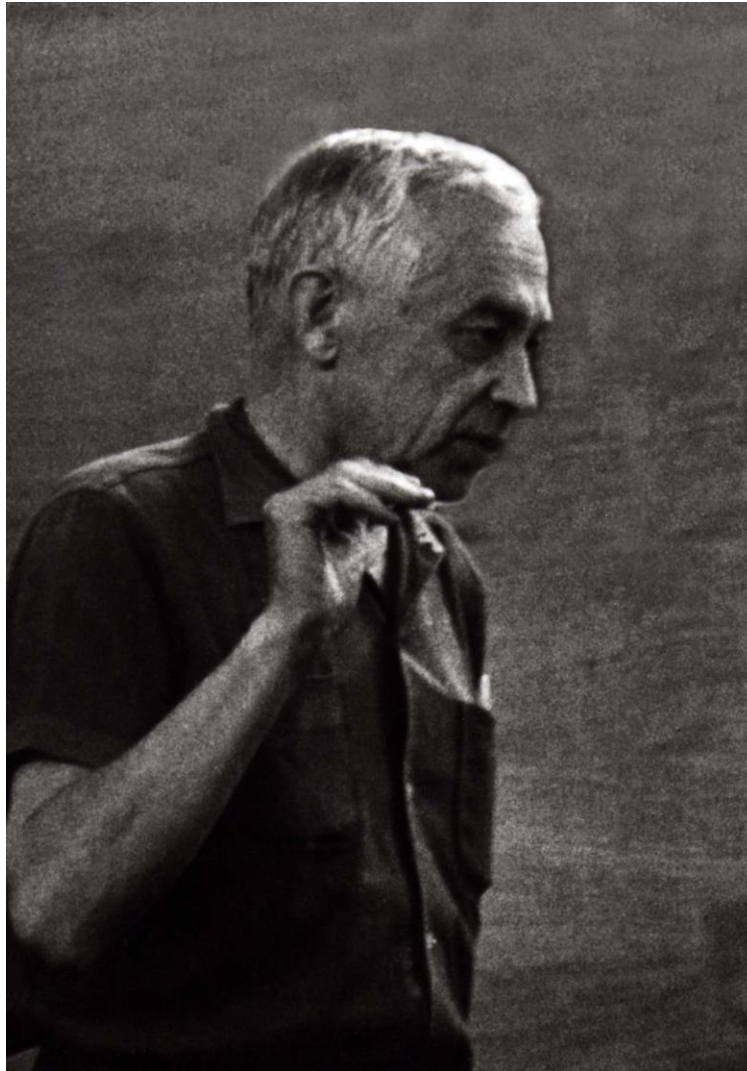


От модели роста дерева И.А.Полетаева до моделей лесных экосистем

Комаров Александр Сергеевич

(Институт физико-химических и биологических проблем
почвоведения РАН, Пущино)

**1978 год. Пущино. Международная школа-
конференция по математическому моделированию
в экологии**

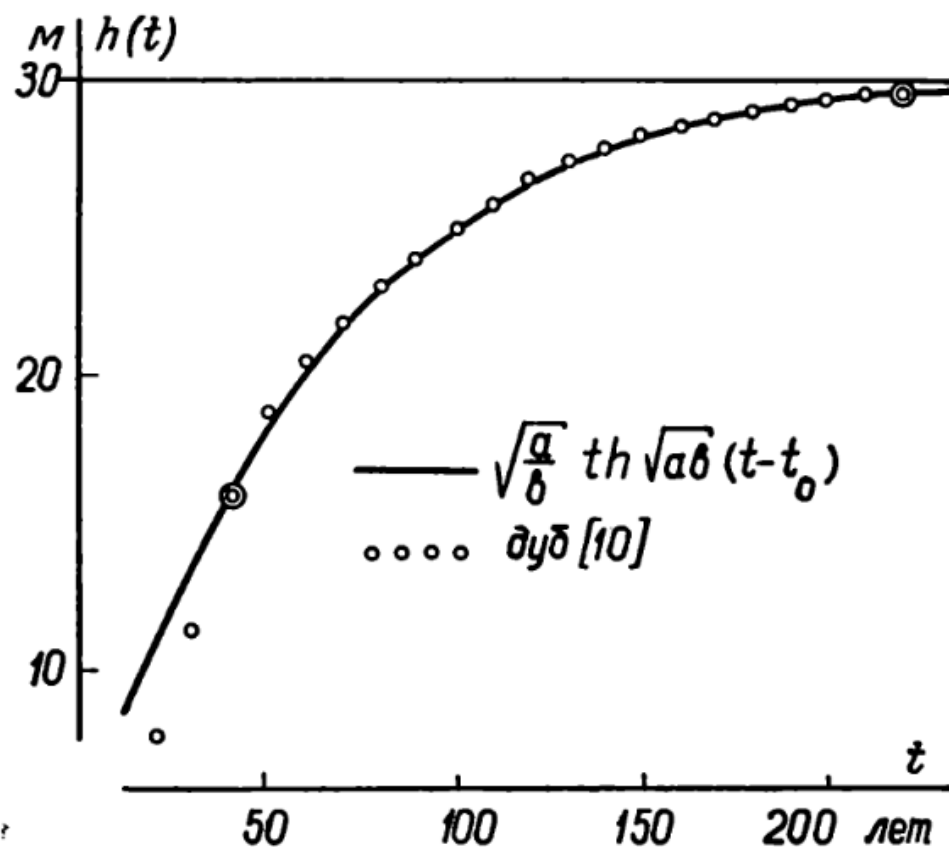


Модель роста дерева в высоту (Полетаев, 1966)

(ответ на вопрос, почему дерево не растет в высоту бесконечно)

- The total amount of increment (and energy receiving) in average per time unit is proportional to green surface of the plant. According to *H1* this quantity is αx^2 , $\alpha > 0$, where $\alpha = \text{const}$, accounting the size and shape of leaves, intensity of photosynthesis. Its dimension is $\text{erg/sec} \cdot \text{cm}^2$. In conformance with *H2* αx^2 is a single term that describes the enlistment of free energy.
-
- The expenditure of free energy for the main exchange of energy and substances in the plant is proportional to αx^2 . Set it equal to $-\beta \alpha x^2$; $0 < \beta < 1$; $\beta = \text{const}$, and it is dimensionless.
-
- The expenditure for lifting of solution is proportional to the mass or volume of plant x^3 , that is $-\gamma x^3$ and linear size (height of centre of mass of the plant x). That is the expenditure for lifting of solution is equal to $-\gamma x^3 x = -\gamma x^4$; $\gamma > 0$; $\gamma = \text{const}$ with dimension $\text{erg/sec} \cdot \text{cm}^4$.
-
- The expenditure of energy and substances for mass increment (growth) is proportional to derivative of mass δx^3 :
-
- $-d(\delta x^3)/dt = -3\delta x^2 dx/dt$;
-
- $\delta = \text{const}$, and its dimension is erg/cm^3 .
-
- Balance equation for coming and expenditure of energy:
-
- $\alpha x^2 y(1 - \beta) - \gamma x^4 - 3\delta x^2 dx/dt = 0$;
- or
- $dx/dt = a - bx^2$,
-
- where $a = \alpha(1 - \beta)/3\delta (\text{cm/sec})$; $b = \gamma/3\delta (1/\text{cm sec})$.
-
- The solution of this problem may be reached by methods of mathematical analysis. The equation may be integrated easily and a result is as follows:
-
- $x(t) = \sqrt{a/b} \operatorname{th} \sqrt{ab}(t - t_0)$.

На рис. 1 приведена кривая, построенная по (2) (сплошная линия), и экспериментальные данные высоты дуба в зависимости от возраста [10]. Величины a и b в (2) были подобраны так, чтобы совместить две точки, отмеченные на рисунке.



Развитие модели

Сибирский экологический журнал, 4 (1999) 403–417

УДК 517.630

© 1999

Моделирование динамики однопородных древостоев

Г. П. КАРЕВ, Ю. И. СКОМОРОВСКИЙ

*Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН
117418 Москва, ул. Новочеремушинская, 69*

менения массы как разность между интенсивностями фотосинтеза и дыхания с учетом экологических параметров. На основе балансового принципа в форме закона сохранения энергии И. А. Полетаевым [5] предложена простая, но эффективная модель роста свободно растущего дерева (основная идея которой используется ниже). Балансовые соотношения в той или иной форме применяются в подавляющем боль-

мало применяемым (в основном вследствие математических трудностей) является принцип оптимальности, используемый как на популяционном, так и на организменном уровне моделирования. Одна из первых достаточно детальных моделей роста дерева, использующих этот принцип, построена в работе [10], где предполагалось, что процесс распределения ассимилятов максимизирует прирост биомассы. Модели

Развитие модели

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ И БИОИНФОРМАТИКА, 2008, том 3, №2, с. 85-102,
[http://www.matbio.org/downloads/Kolobov2008\(3_85\).pdf](http://www.matbio.org/downloads/Kolobov2008(3_85).pdf)

=====МАТЕРИАЛЫ II МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ=====

=====«МАТЕМАТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ И БИОИНФОРМАТИКА»=====

УДК 51:502.4 (671.621)

Моделирование процессов динамической самоорганизации в пространственно распределенных растительных сообществах

©2008 А.Н. Колобов *, Е.Я. Фрисман **

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН; Россия, 679016,

Рост дерева в условия конкуренции

Для описания роста дерева в качестве исходного пункта использовали модель свободного роста дерева, предложенную в работе Полетаева [11]. Согласно этой модели, дерево получает энергию только путем фотосинтеза, свободная энергия расходуется на нужды фотосинтеза, на построение живой ткани и на подъем раствора из почвы. Уравнение роста записывается в форме закона сохранения энергии и имеет вид

$$\alpha H^2 - \alpha \beta H^2 - \gamma H^4 - \delta \frac{d}{dt}(\rho H^3) = 0 \quad (2.1)$$

1978 год. Пущино. Международная школа-конференция по математическому моделированию в экологии



Эндогенная сукцессия по С.М.Разумовскому

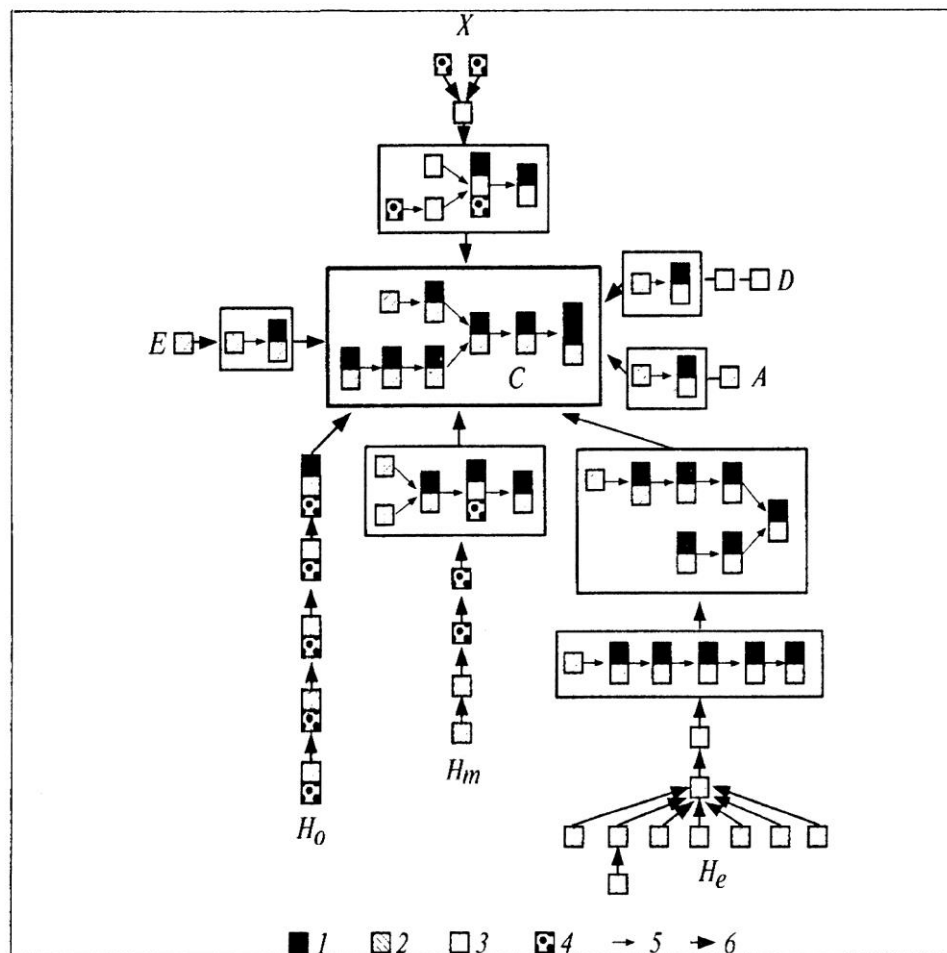
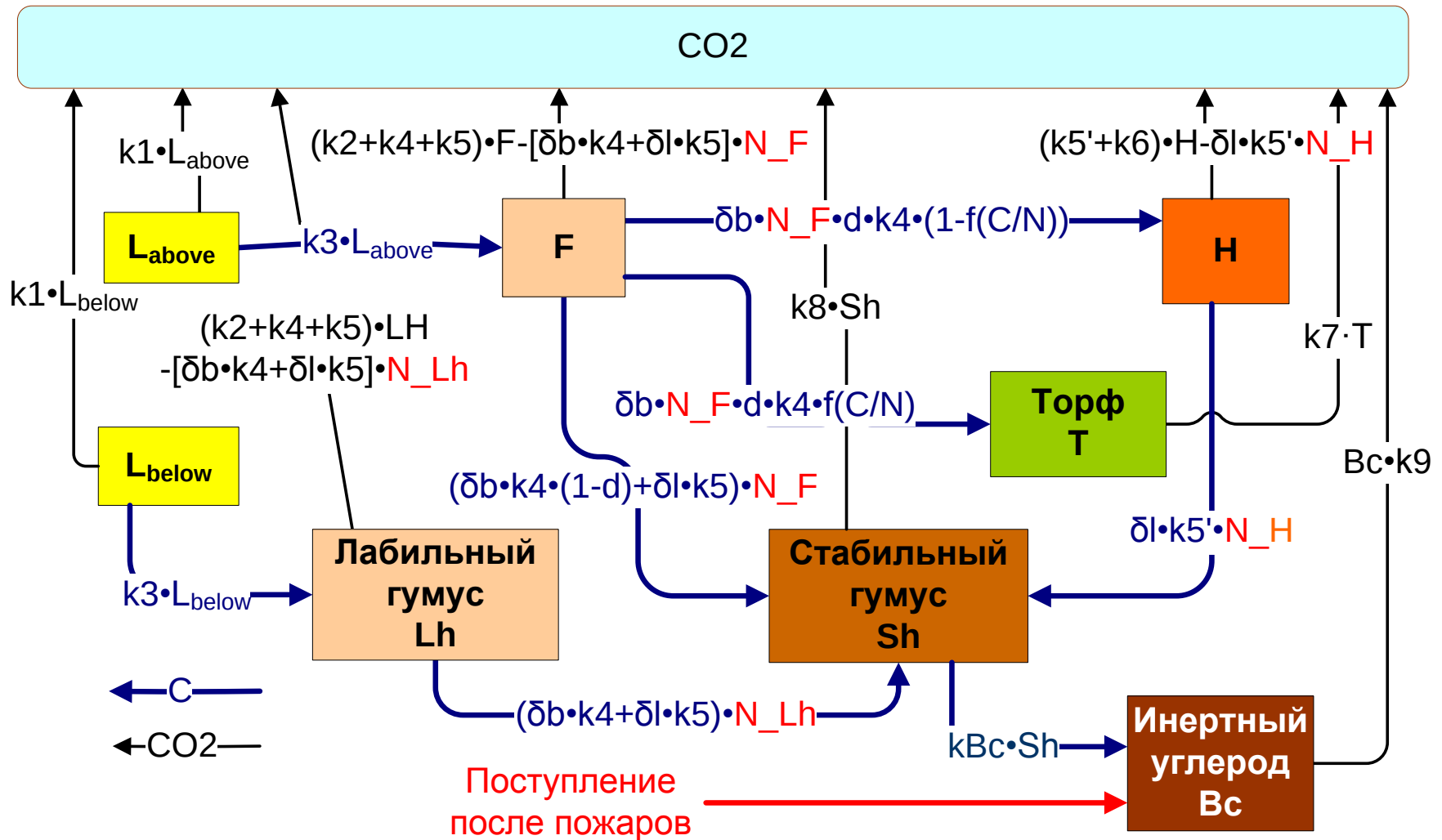
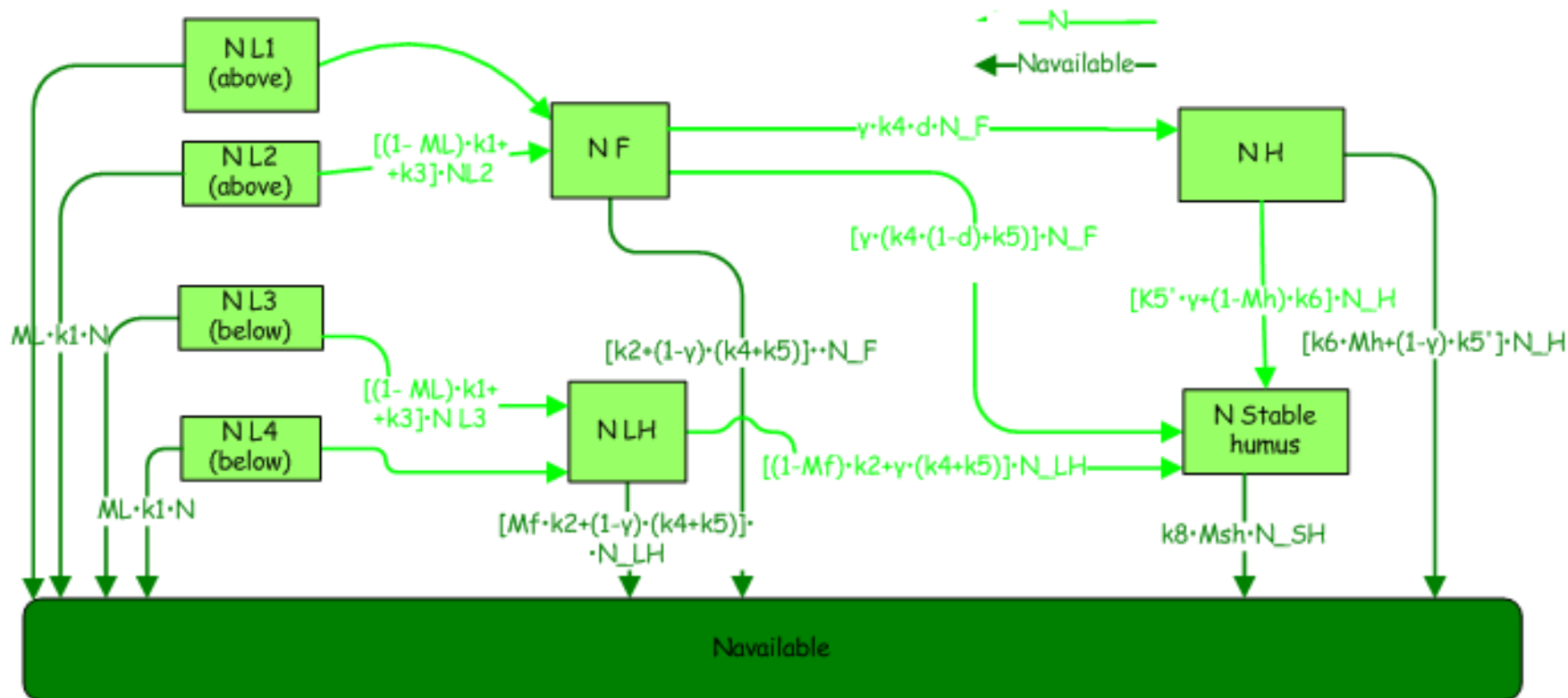


Рис. 63. Ярусность ассоциаций в Московском ботанико-географическом районе. 1 — древесный ярус; 2 — подрост; 3 — травяной или кустарничковый ярус; 4 — моховой ярус; 5 — демутационные и 6 — экогенетические смены; X — ксеросерия; мезосерии: E — элювиальная; D — делювиальная; A — аллювиальная; гидросерии: Ho — олиготрофная; Hm — мезотрофная; He — евтрофная; C — климакс.

Генерализованные пулы и потоки углерода в модели ROMUL

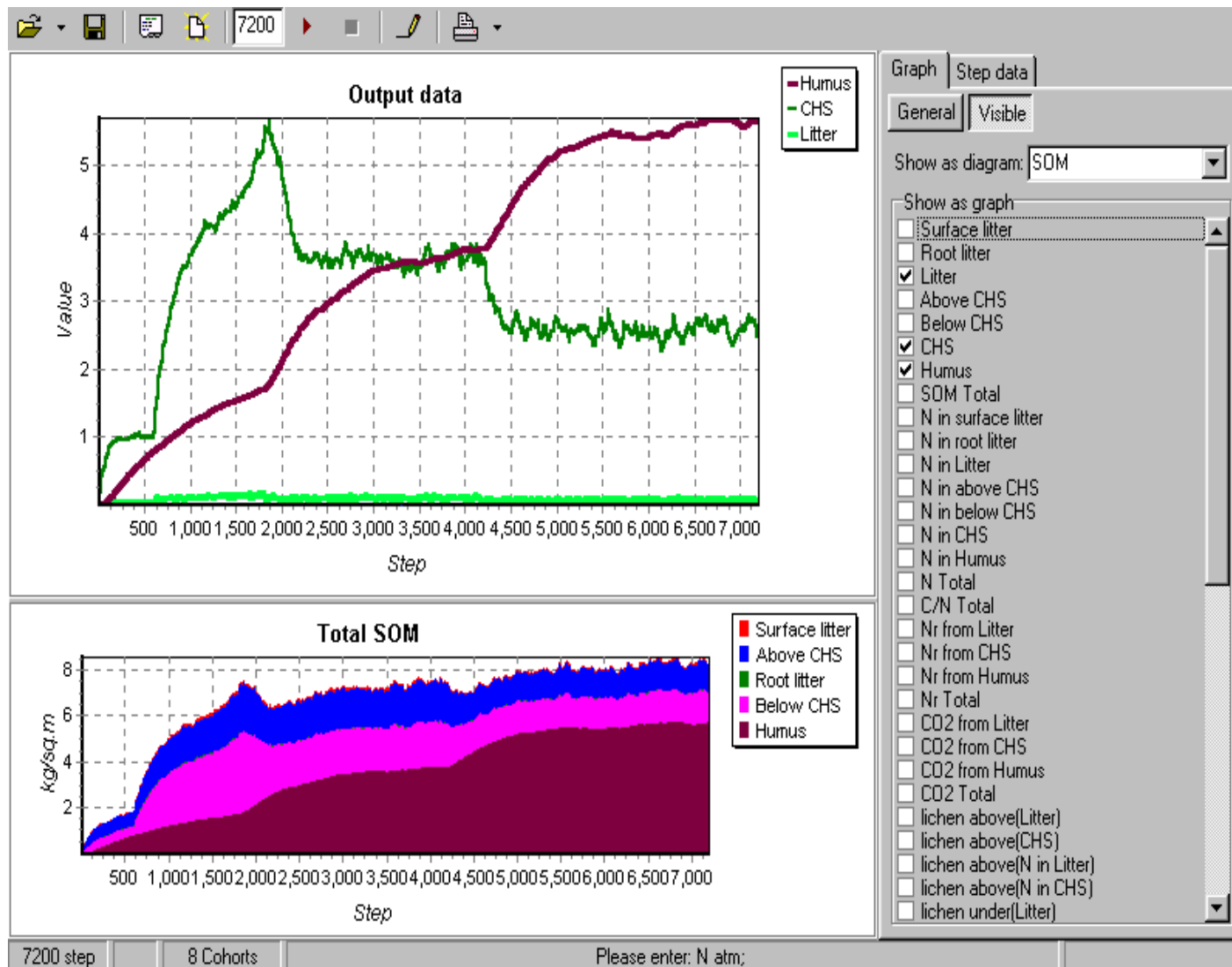


Генерализованные пулы и потоки азота в модели ROMUL



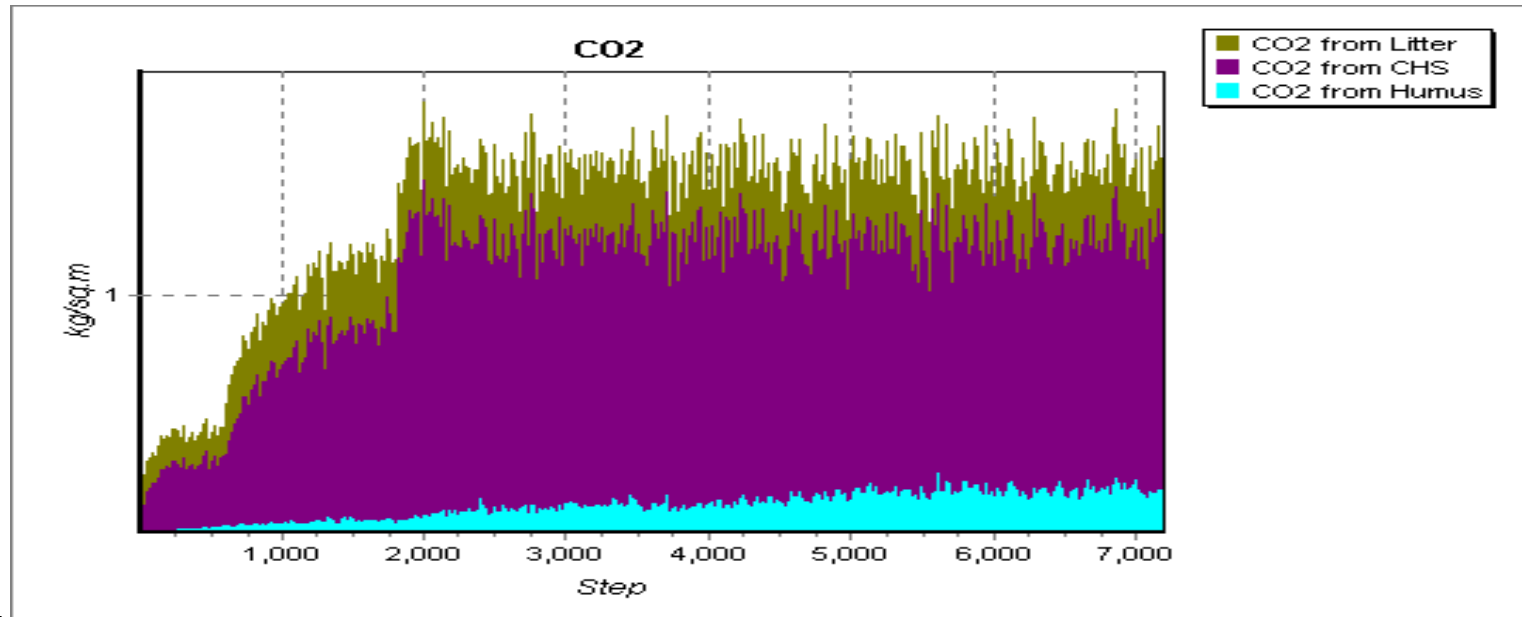
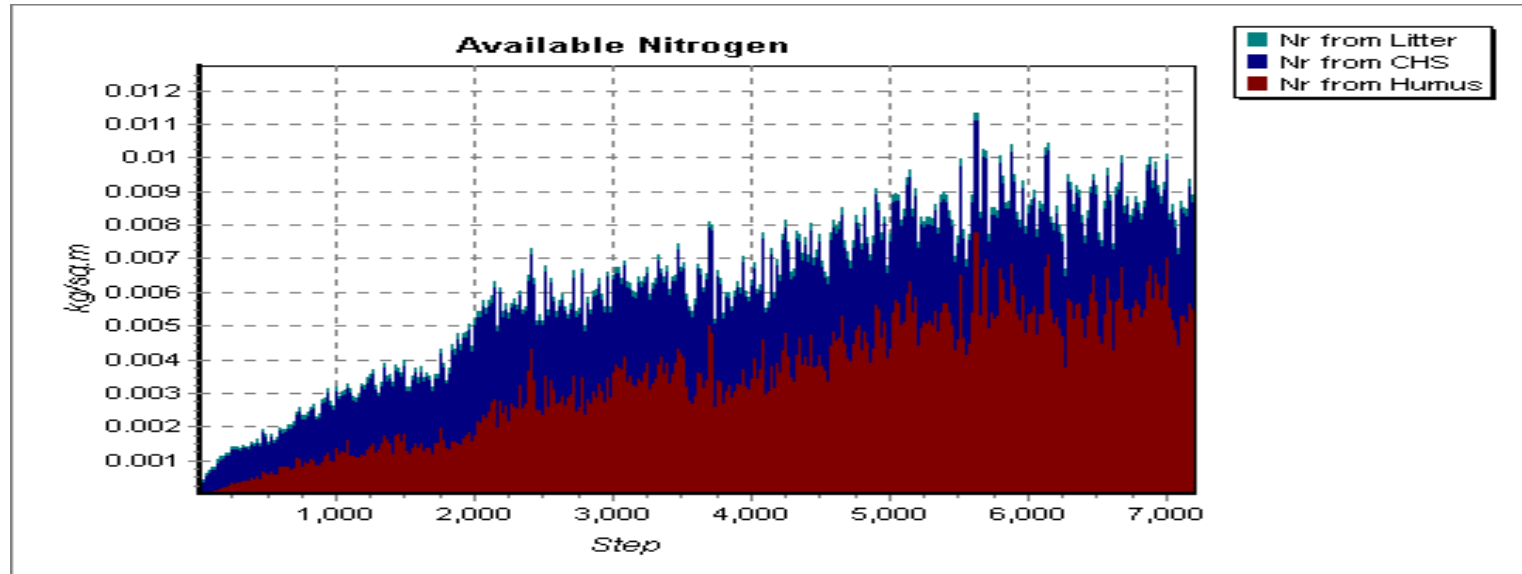


Интерфейс модели ROMUL

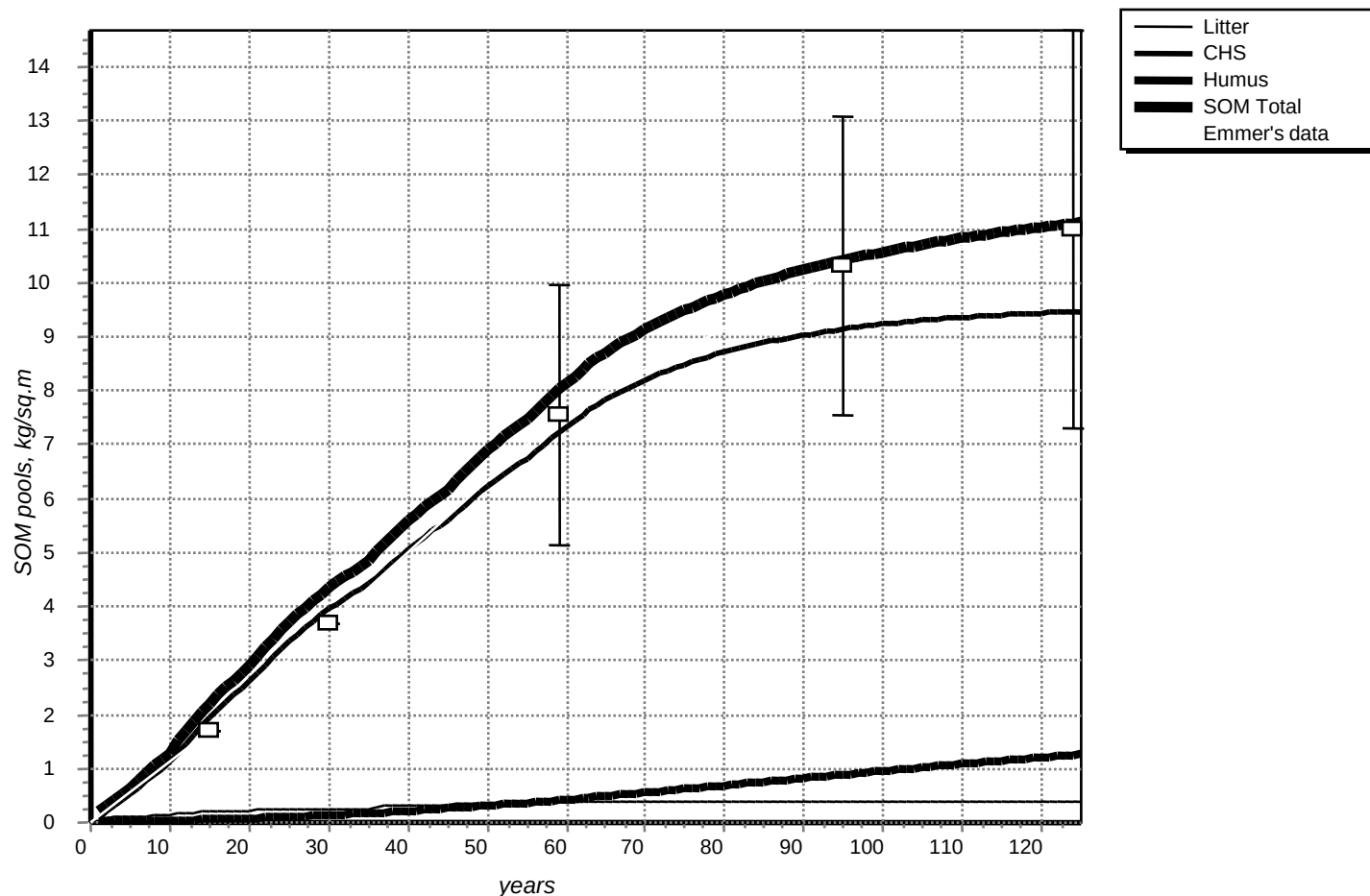




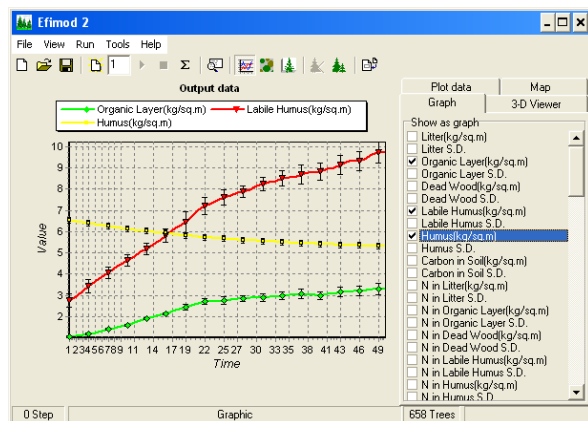
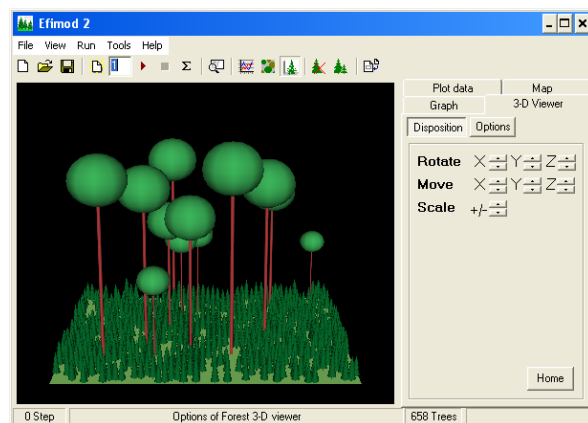
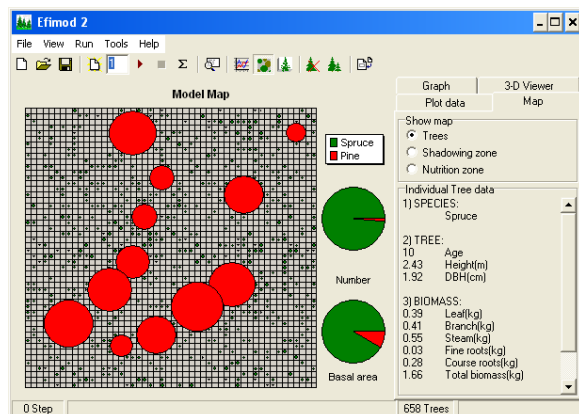
Поток CO₂ и доступного азота



Сравнение экспериментальных данных (Emmer, 1995) с модельными прогнозами



Краткое описание модели EFIMOD



- EFIMOD – система моделей, в которой древостой представлен пространственно распределенным сообществом деревьев, (individual based model)
- Система моделей состоит из 3 основных частей: модель роста отдельного дерева, модели динамики органического вещества почвы ROMUL и статистического генератора климата SCLISS
- Рост дерева зависит от освещенности и доступных растениям соединений азота
- ROMUL – модель, описывающая процессы минерализации и гумификации
- SCLISS позволяет оценивать температуру и влажность почвы по стандартным метеорологическим длинным рядам наблюдений

Блок схема годичного шага EFIMOD

Площадь участка, число деревьев, параметры каждого дерева, выпадения азота из атмосферы

Определение площадей питания и доступного азота из почвы для каждого дерева

Определение коэффициента затенения для каждого дерева

Определение параметров каждого дерева в конце года

2-е

3-е

4-е

n-е

Смертность

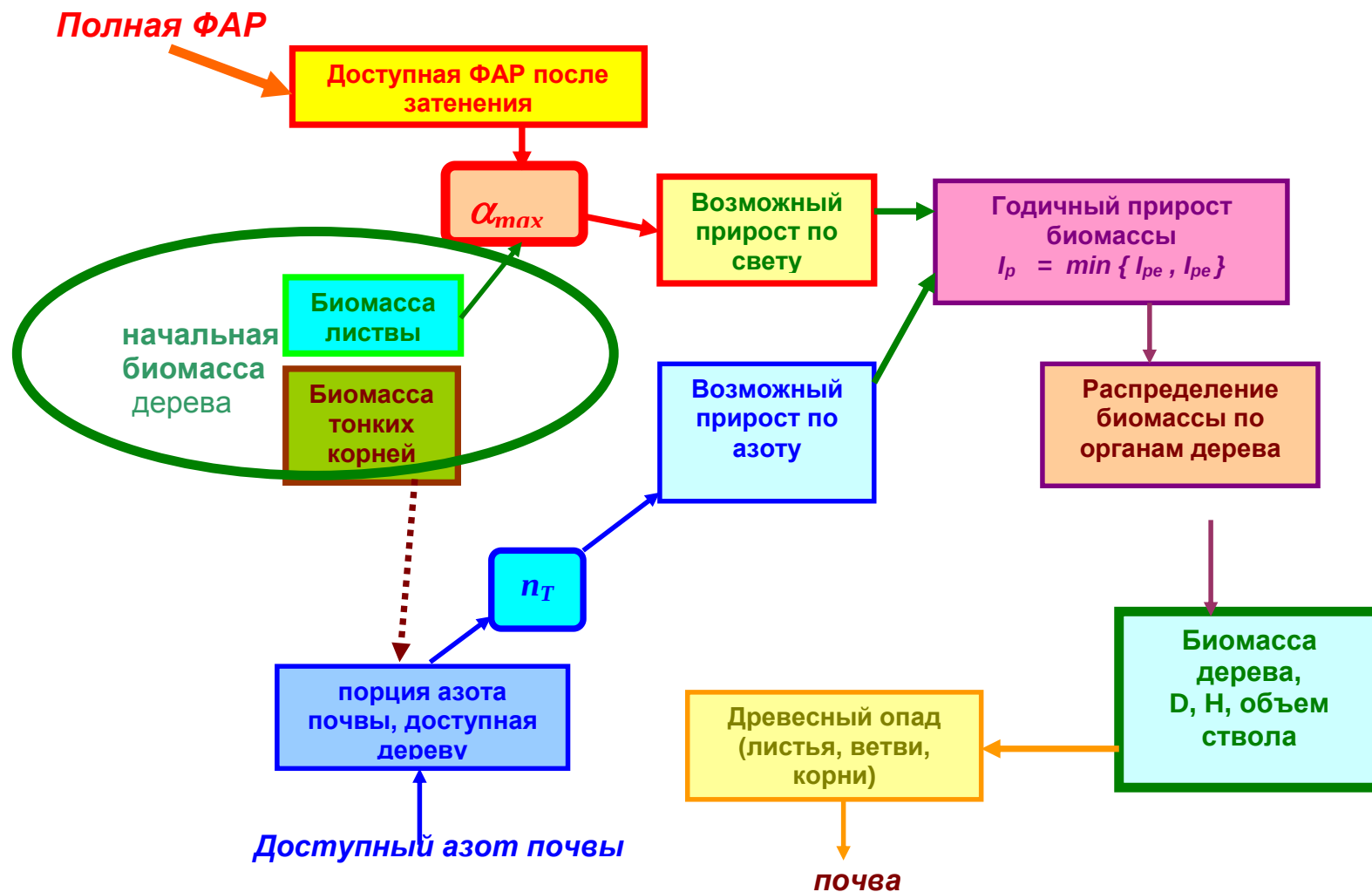
Вычисление изменений пулов органического вещества почвы и азота для всего участка моделирования

Перераспределение площадей питания

Конец годичного шага

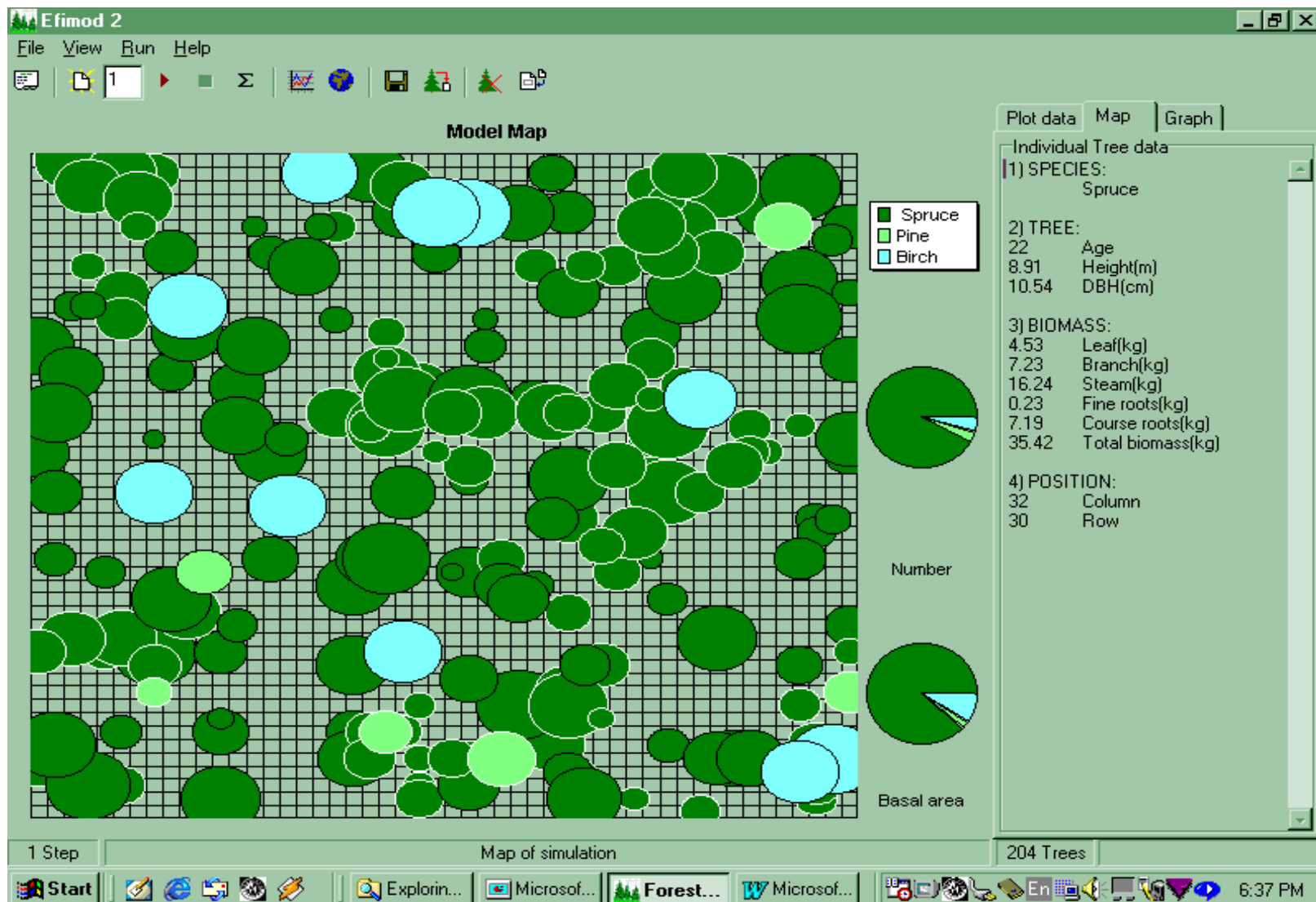


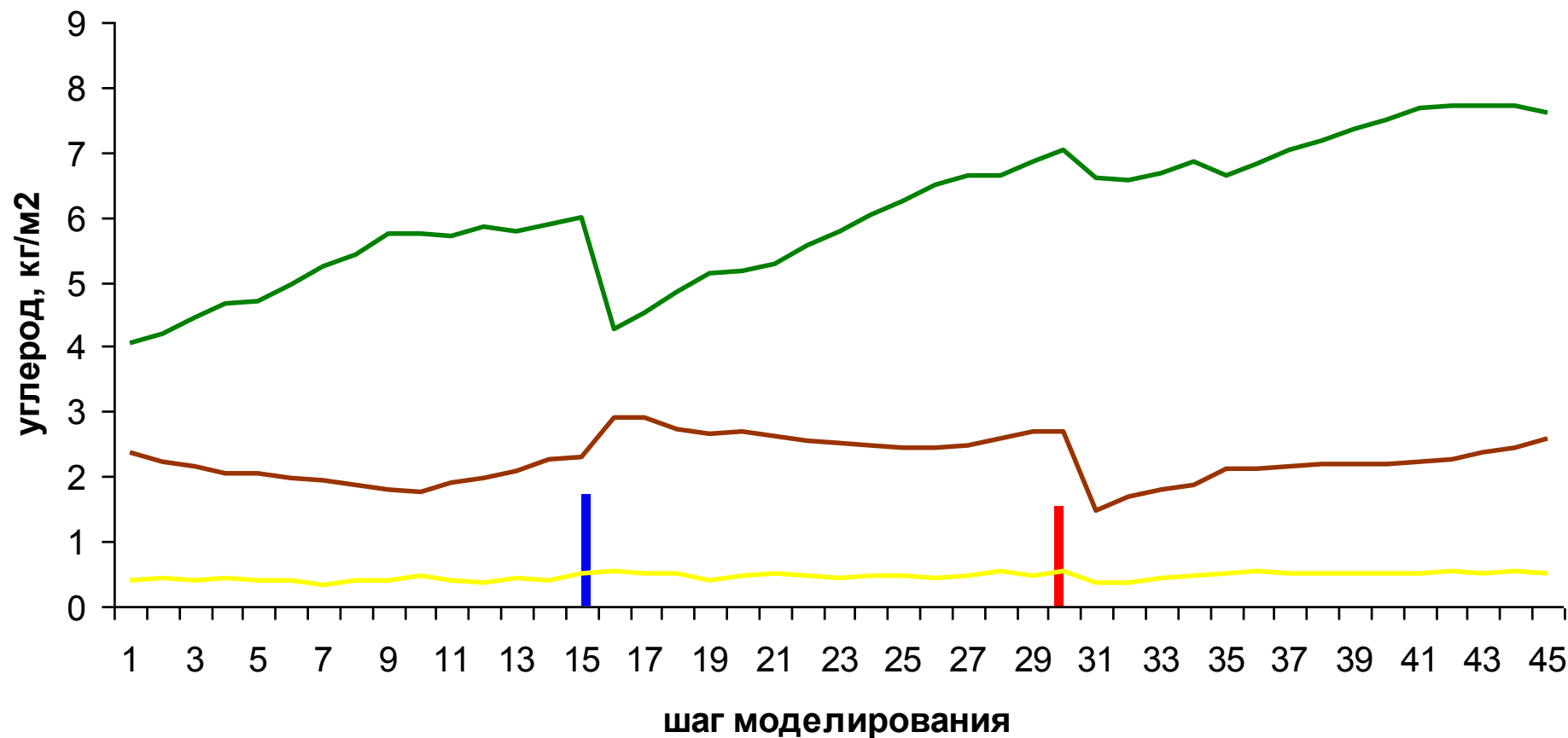
EFIMOD 2: Подмодель роста дерева



	Входные данные	Выходные данные
Климатические	Среднемесячная температура воздуха и почвы, среднемесячное количество осадков	
Почвенные	Запасы органического вещества и содержание азота в органических и минеральных горизонтах почвы	Запасы органического вещества и содержание азота в органических и минеральных горизонтах почвы, количество азота в доступных для растений формах, эмиссия CO ₂
Видовые	Потенциальный прирост, коэффициенты по распределению биомассы по органам дерева, удельное потребление азота	
Параметры древостоя	Видовой и возрастной состав, высота, диаметр, количество деревьев	Видовой и возрастной состав, высота, диаметр, количество деревьев, биомасса, запас
Лесохозяйственные	Время рубки, тип рубки, интенсивность, количество порубочных остатков, посадки, возобновление	Количество запасенной древесины, количество азота и углерода, вывезенных с территории

Интерфейс EFIMOD 2





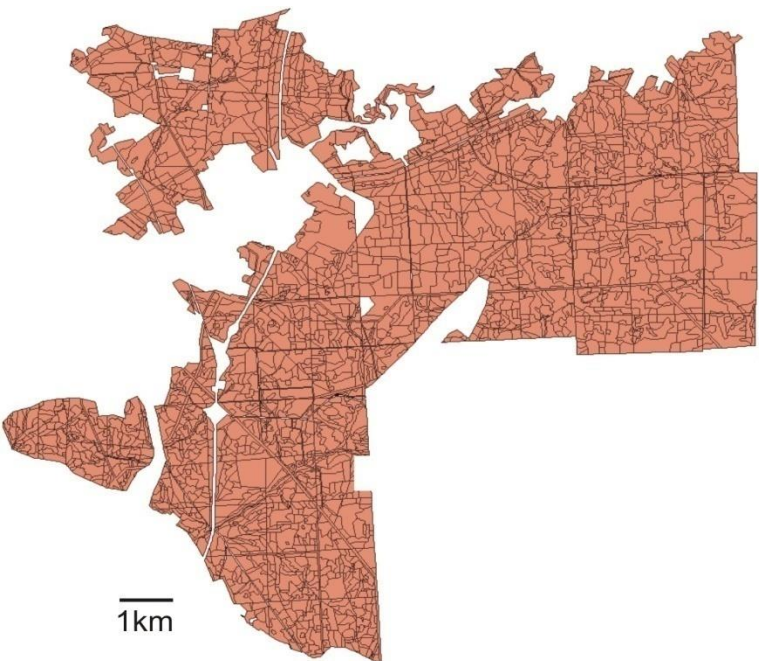
Эмиссия при пожаре Заготовленная древесина Подстилка
Дыхание почвы Древостой

Пример моделирования на одиночном
выделе (ельник долгомошный
средневозрастный, 9Е1Б+С)

Модельные объекты: 1 – Данковское лесничество (Московская область), 2 – Мантуровское лесничество (Костромская область), 3 – Железнодорожное лесничество (Республика Коми)



Характеристика объектов:

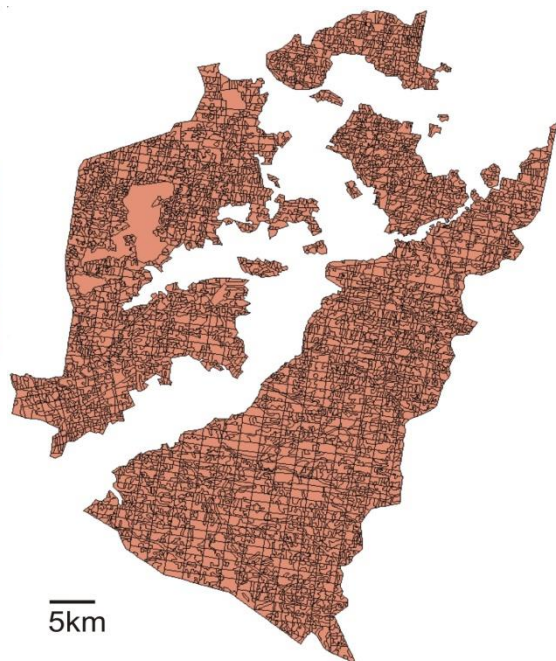


2200 выделов

66000 га

Сумма осадков: **491 мм**

Средняя температура:
3.7°C

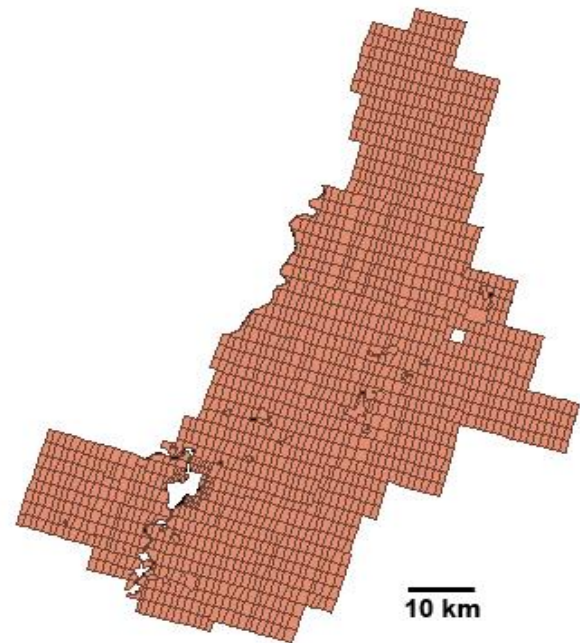


21637 выделов

180600 га

Сумма осадков: **633 мм**

Средняя температура:
2.3°C



57791 выделов

1195000 га

Сумма осадков: **693 мм**

Средняя температура:
0.1°C

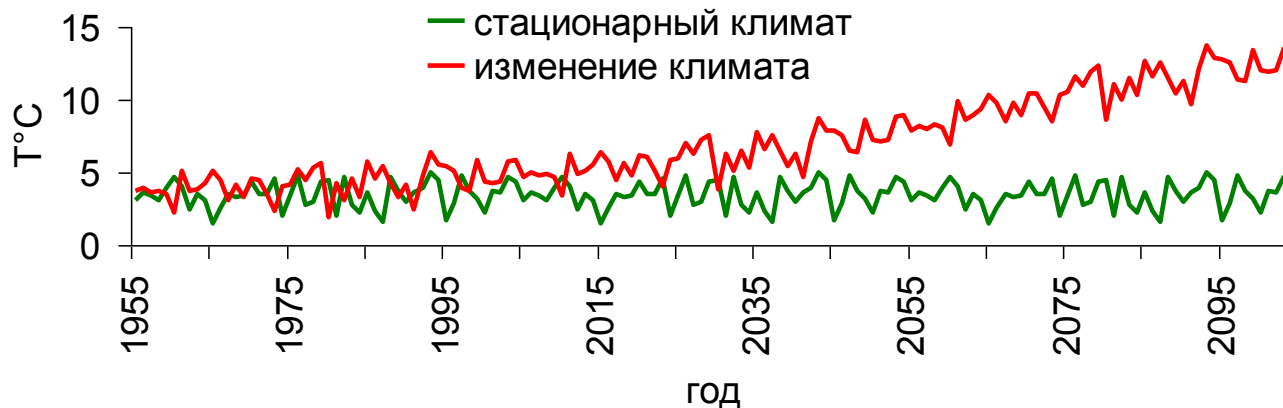
Модельные сценарии

NAT_: Без рубок, естественное возобновление имитируется раз в 15 лет из расчета 2000 деревьев на гектар.

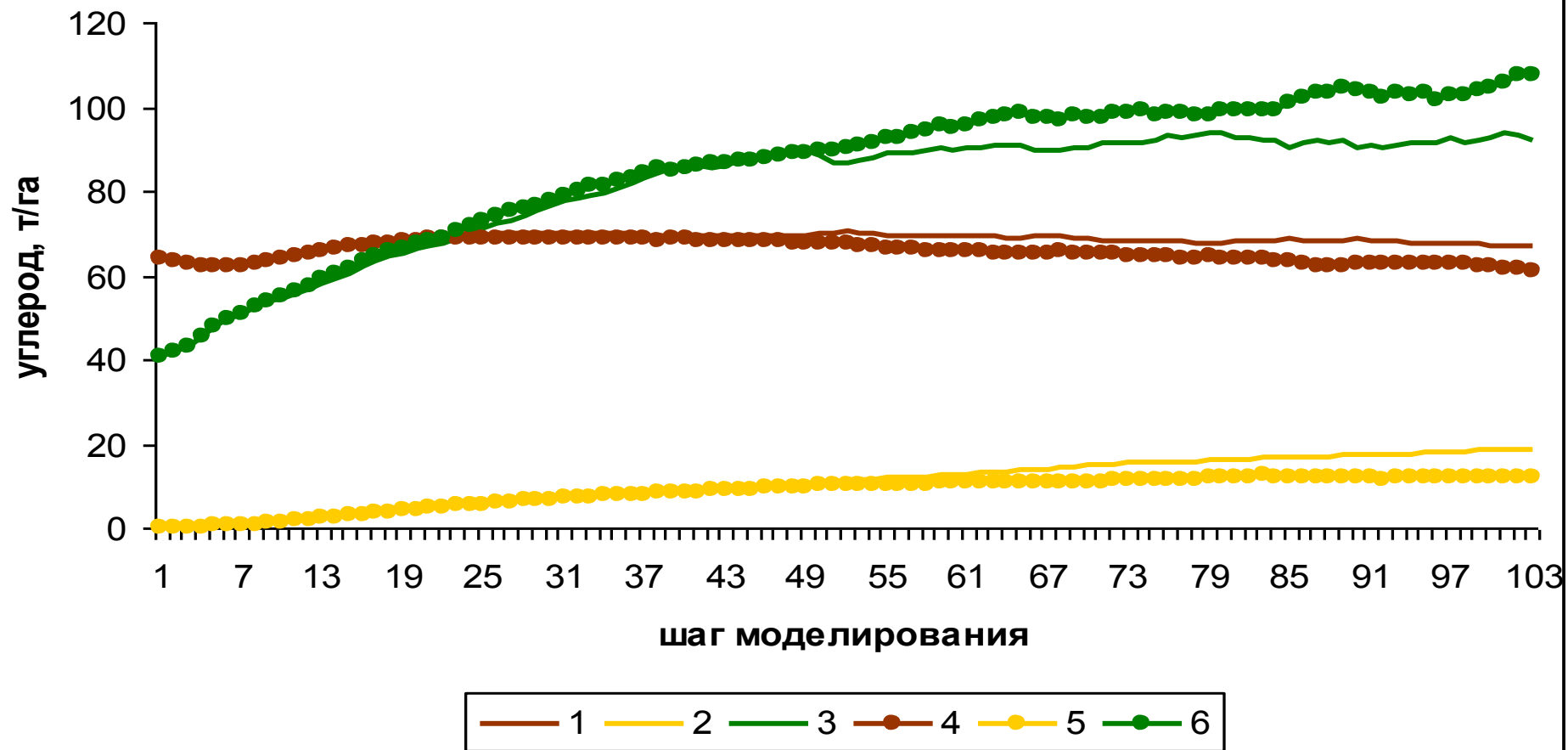
FIR_: Аналогично предыдущему, но с дополнительной имитацией лесных пожаров.

SC_: Сценарий с двумя рубками ухода и последующей серией выборочных рубок с изъятием 35% деревьев (по сумме площадей сечений).

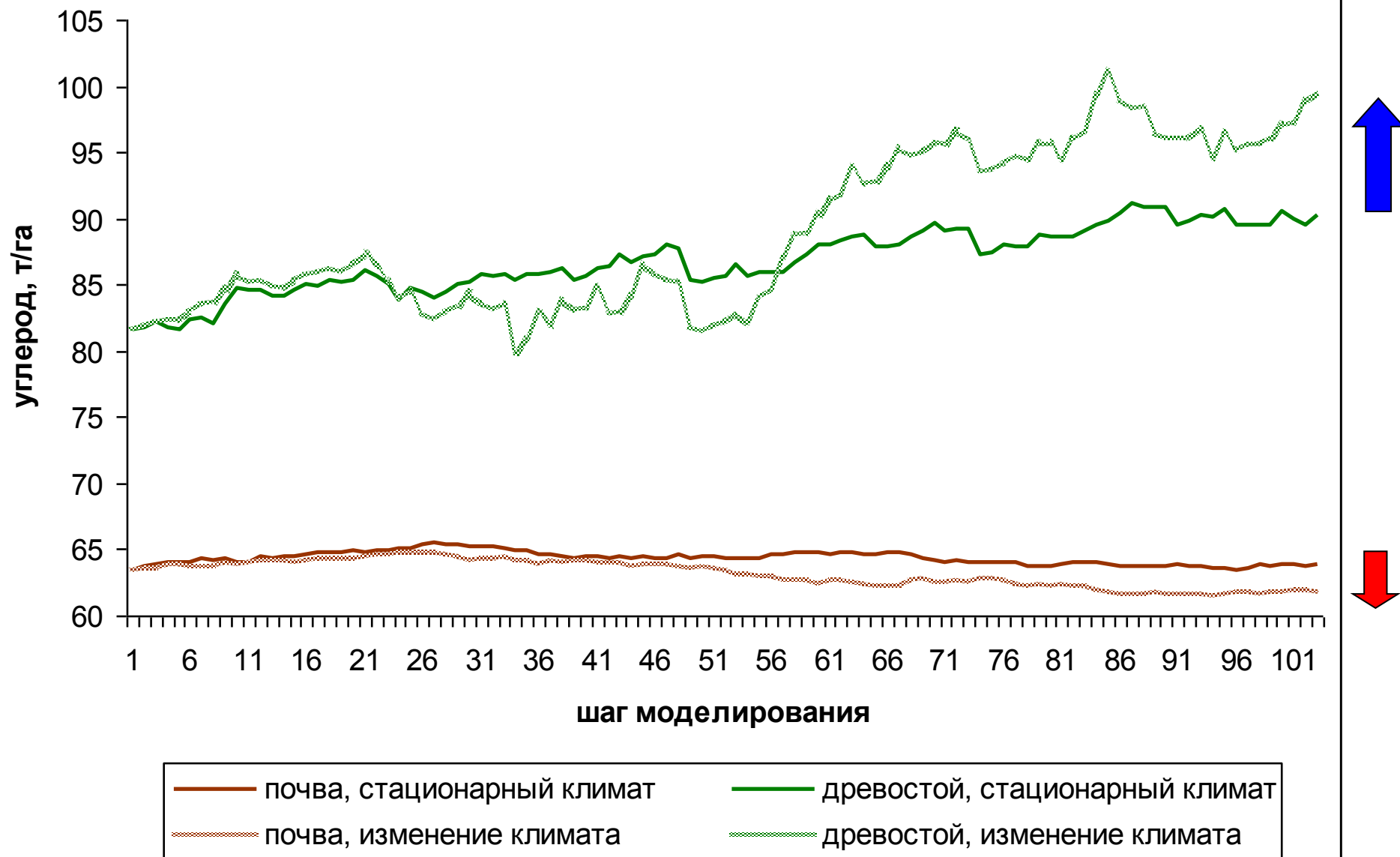
LR_: Сценарий с четырьмя рубками ухода и последующей сплошной рубкой главного пользования.



**Модель HadCM3,
сценарий
эмиссии A1Fi**

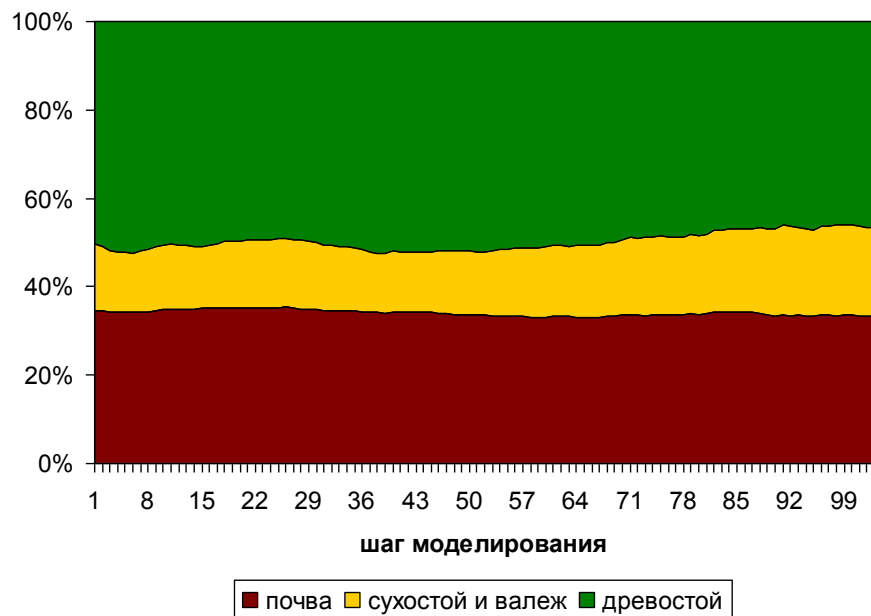


Динамика запасов углерода в основных депо (Мантуровское лесничество) при сценарии без рубок. 1 – почва (стационарный климат), 2 – сухостой и валеж (стационарный климат), 3 – древостой (стационарный климат), 4 – почва (изменение климата), 5 – сухостой и валеж (изменение климата), 6 – древостой (изменение климата)

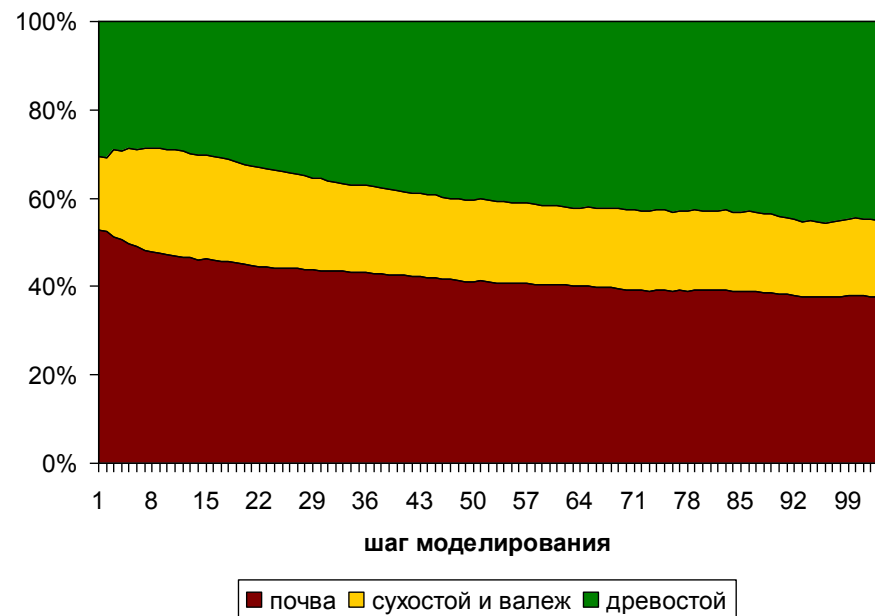


Динамика запасов углерода в основных депо при различных климатических сценариях (Железнодорожное лесничество)

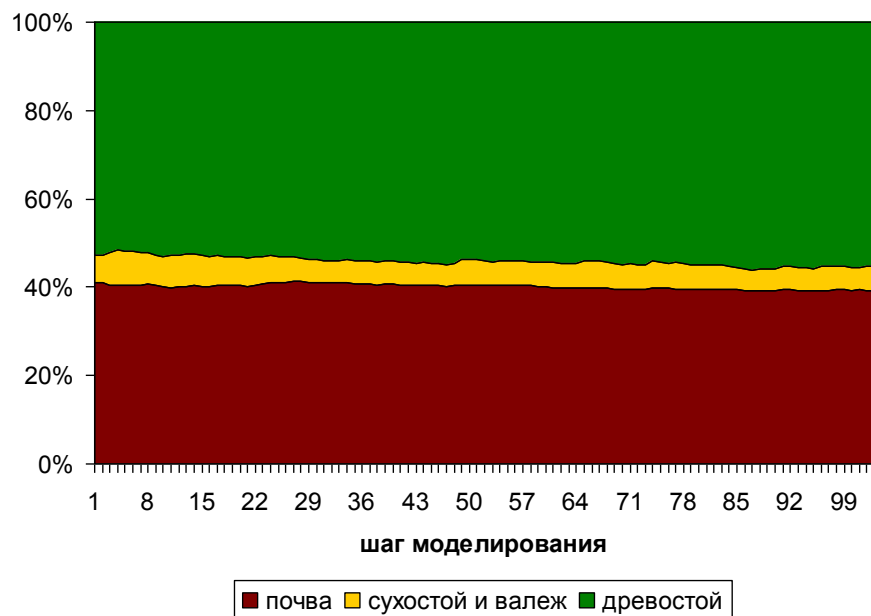
Данковское лесничество



Мантуровское лесничество

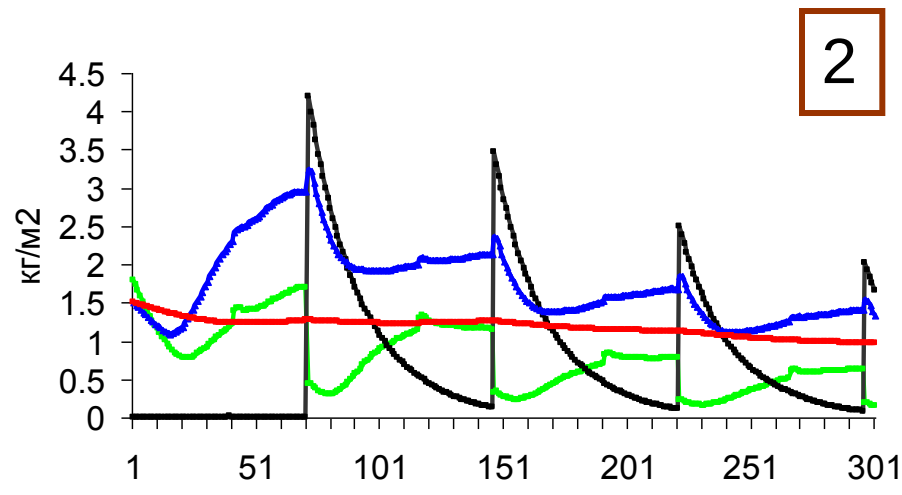
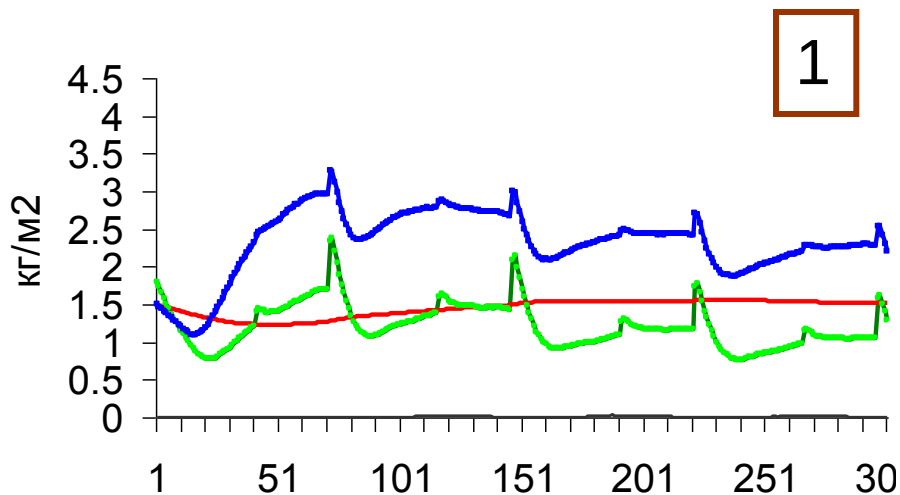


Железнодорожное лесничество

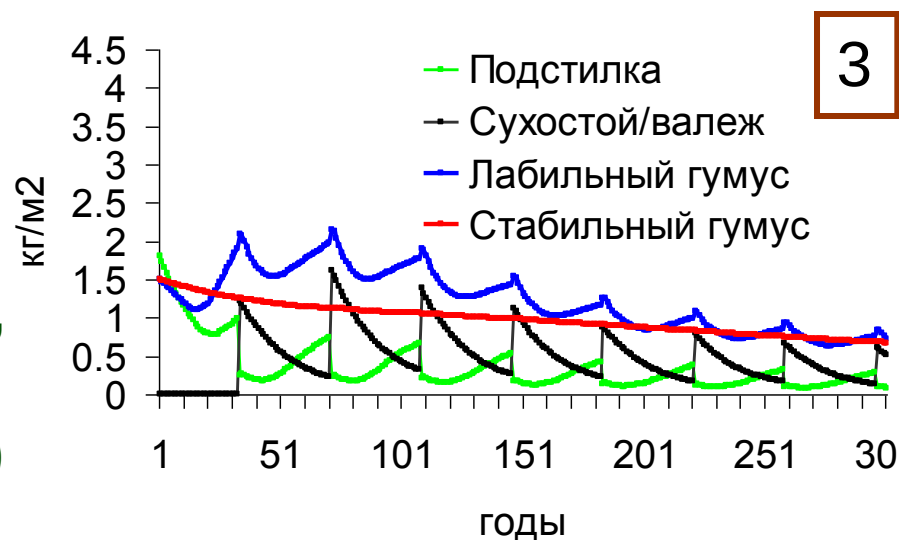


**Динамика соотношения
между основными пулами
углерода в экосистеме
(сценарий без рубок при
потеплении)**

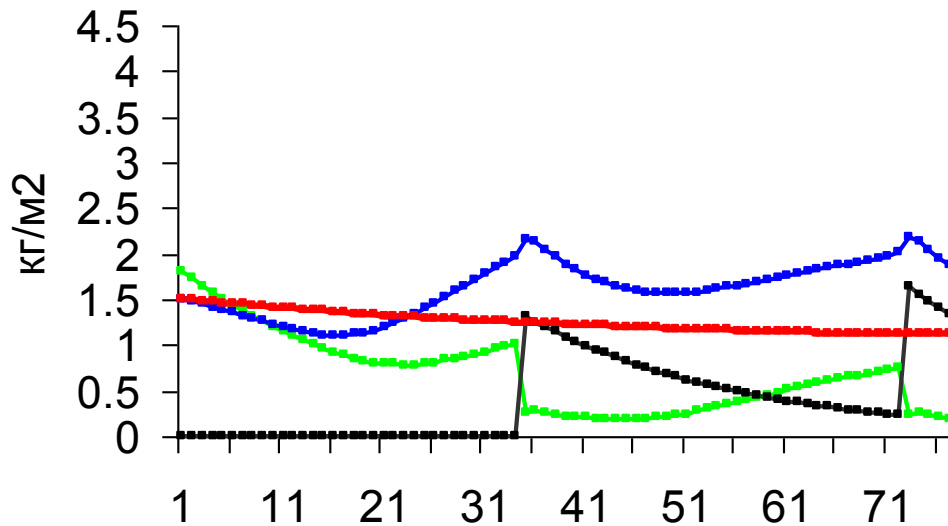
Динамика органического вещества почвы при рубках и пожарах в лесной экосистеме



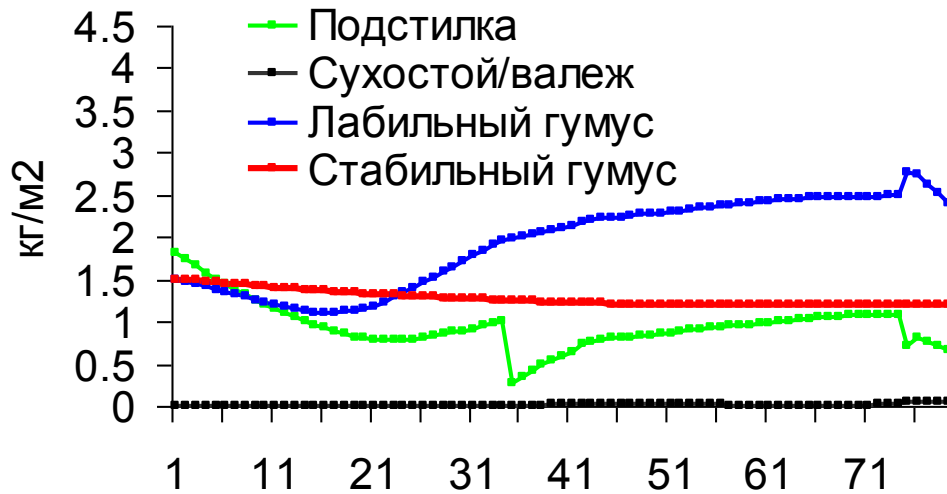
1. Сплошные рубки главного пользования (каждые 70 лет), рубки ухода (каждые 40 лет)
2. Верховой пожар (каждые 70 лет), рубки ухода (каждые 40 лет)
3. Верховой пожар (каждые 33 года)



Влияние на почву верховых и низовых пожаров



1. Верховые пожары



2. Низовые пожары

Спасибо за внимание!

The END

