МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ ДРЕВОСТОЯ

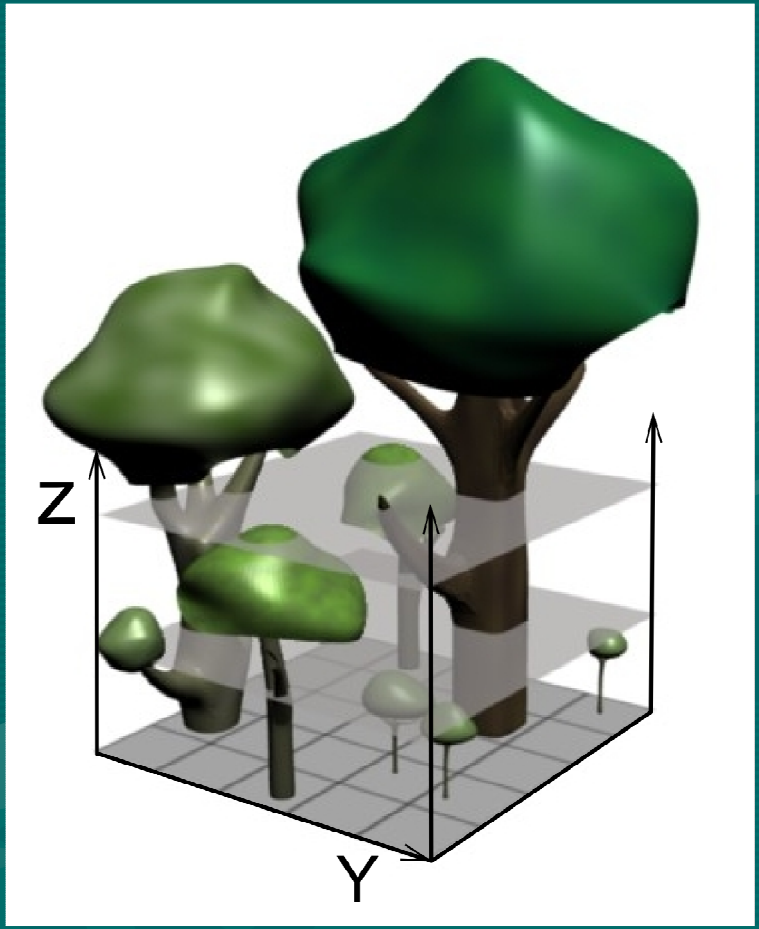
Колобов А.Н.
Институт комплексного анализа региональных проблем, г. Биробиджан
Научный руководитель: д.б.н., профессор, Фрисман Е.Я.

Используемый подход

Модель предлагаемая в данной работе относится к индивидуально-ориентированному типу. Согласно этому подходу моделируемая система рассматривается как множество дискретных взаимодействующих объектов расположенных в пространстве. Применение такого подхода позволяет моделировать пространственную структуру древостоя.

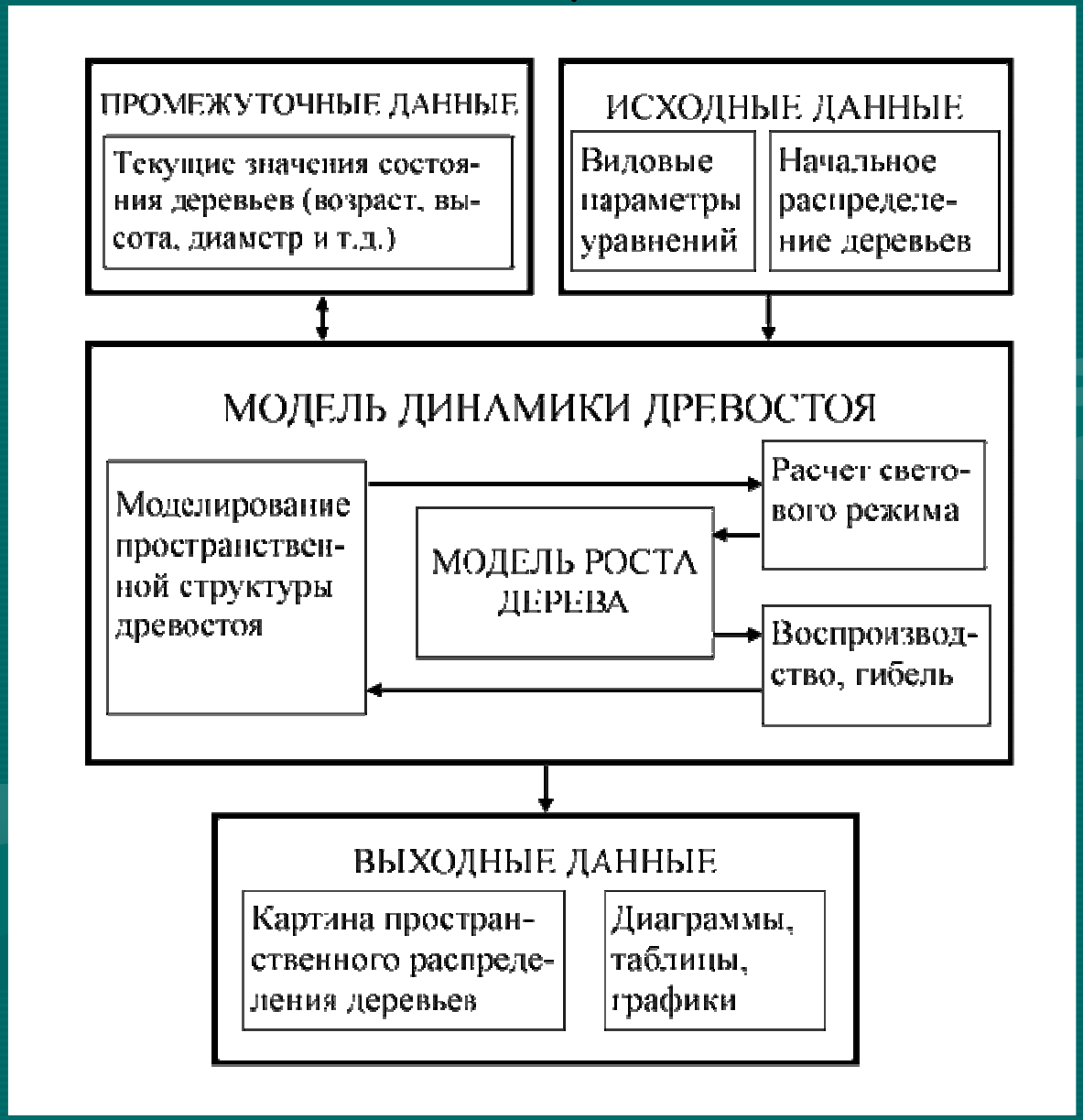
Пространственная структура играет важную роль в функционировании лесной экосистемы. Она определяет ведущие процессы в растительном сообществе – развитие, отпад и возобновление деревьев. Пространственное расположение деревьев определяет распределение общих ресурсов, что вызывает напряженность конкурентных отношений. Конкурентные процессы влияют на рост и отпад деревьев, что в свою очередь меняет пространственную структуру формируя новые отношения.

Пространственная структура моделируемого леса

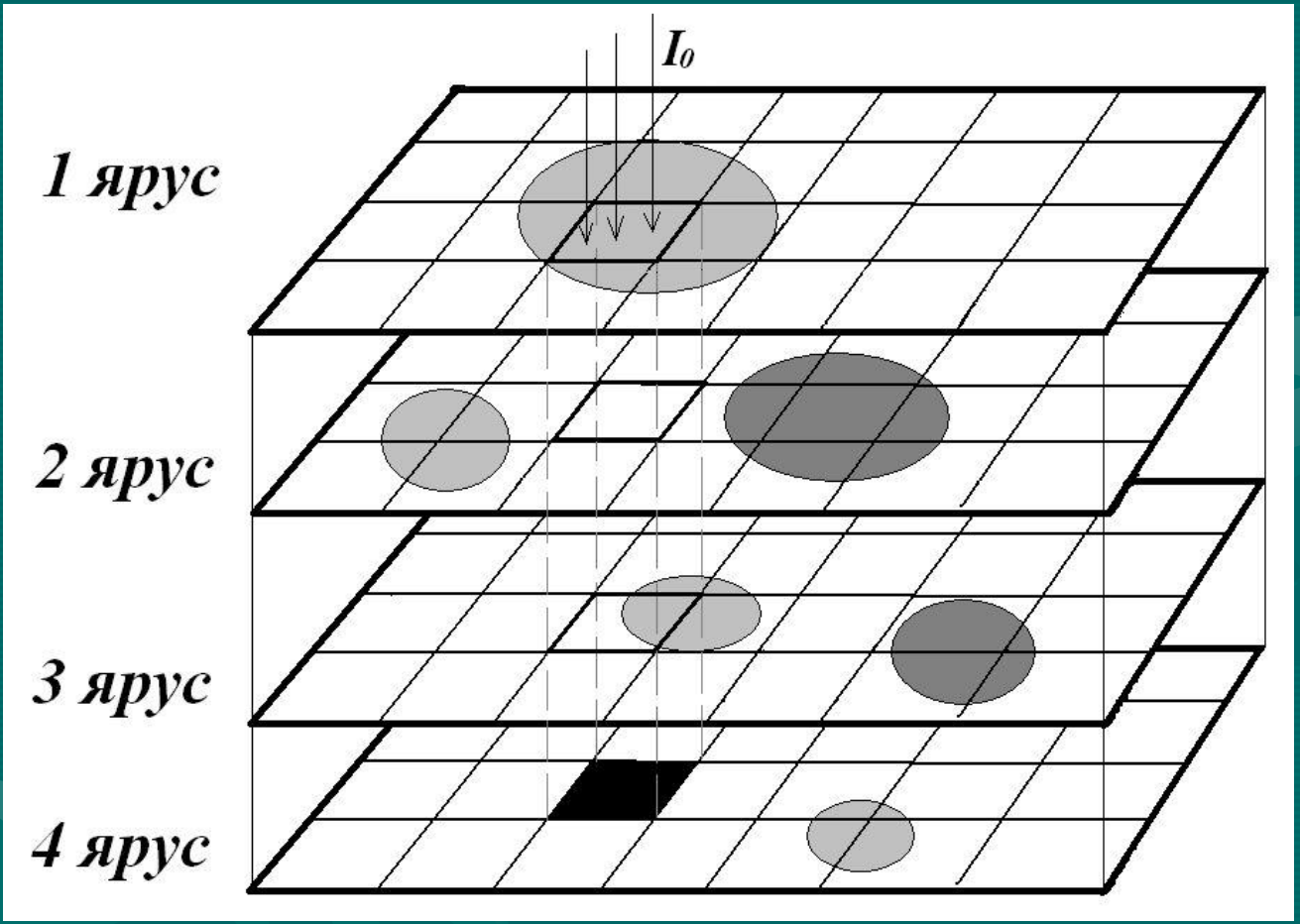


Моделируемое пространство делится на ячейки по горизонтальной плоскости и слои по вертикали

Структурная схема модели динамики древостоя



Расчет светового режима



Проекции крон деревьев отображаются в соответствующий слой
В зависимости от высоты дерева

Модель роста дерева

Уравнения роста дерева

$$\begin{cases} \dfrac{dV}{dt} = E(Q)\cdot\beta\cdot V - \gamma\cdot V\cdot H \\ \dfrac{dH}{dt} = (k + m\cdot H)\cdot\left(R(Q) - \dfrac{H}{H_{\max}}\right) \\ D = \sqrt{\dfrac{4V}{\pi\cdot H\cdot f}} \end{cases}$$

V - объем дерева, *H* – высота, *D* - диаметр

E – интенсивность фотосинтеза единицы листовой поверхности дерева

f — видовое число, показывающее отклонение от идеального цилиндра

Q - доля солнечной радиации при затенении окружающим древостоем

Модель роста дерева

Формула интенсивности фотосинтеза единицы листовой поверхности дерева

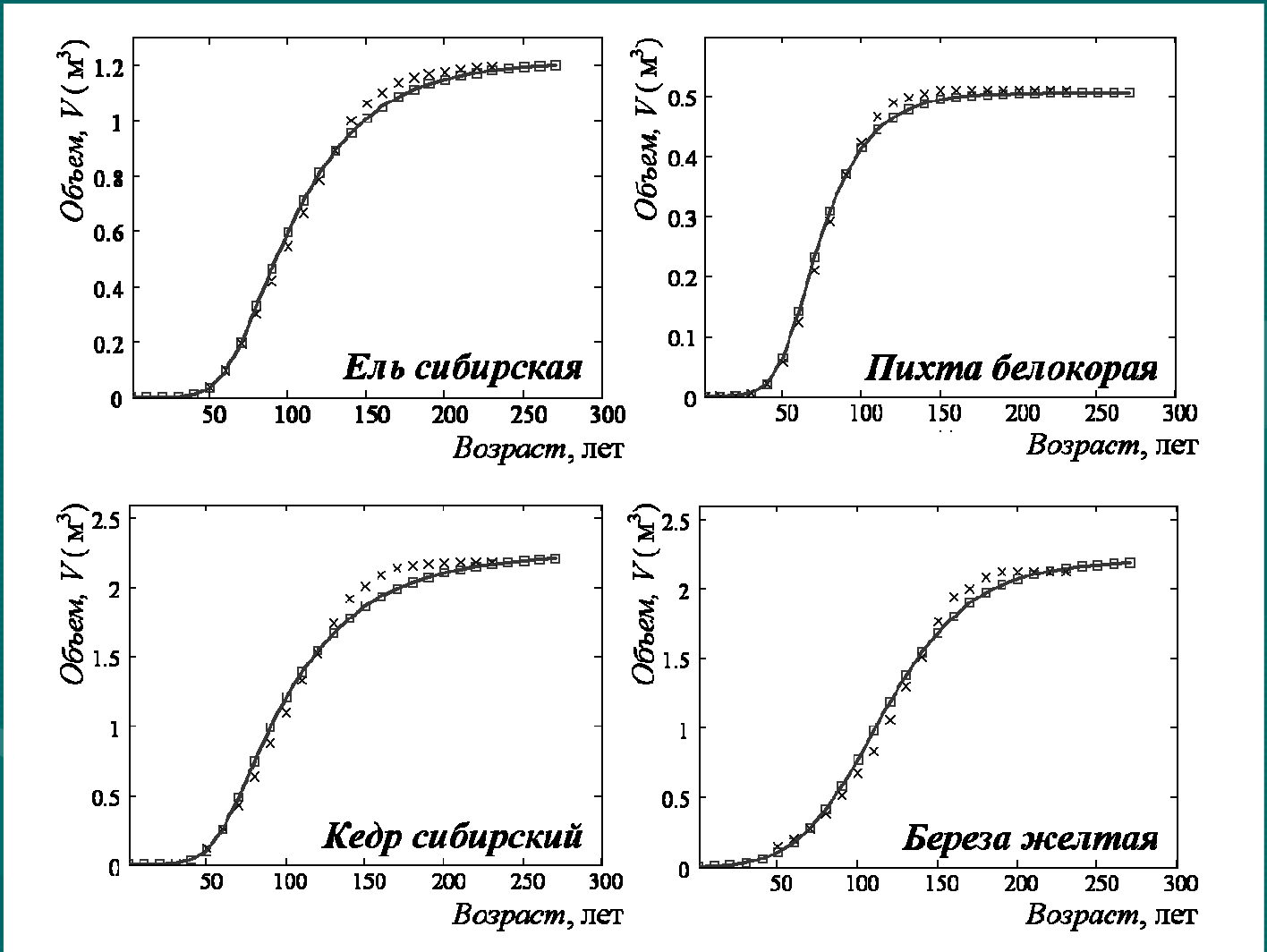
$$E = \frac{\alpha \cdot (1 - \exp(-k \cdot V)) \cdot P_m \cdot Q}{\alpha \cdot (1 - \exp(-k \cdot V)) \cdot Q + P_m \cdot (k \cdot V)}$$

P_m - максимальная интенсивность фотосинтеза единицы площади листьев дерева

k - коэффициент самозатенения дерева

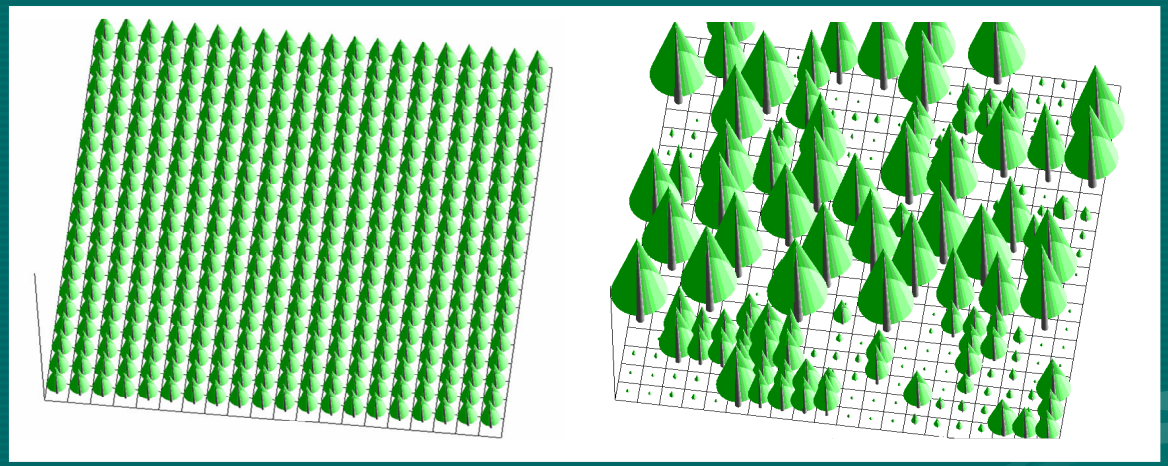
a - крутизна световой кривой, показывает интенсивность фотосинтеза при малом освещении

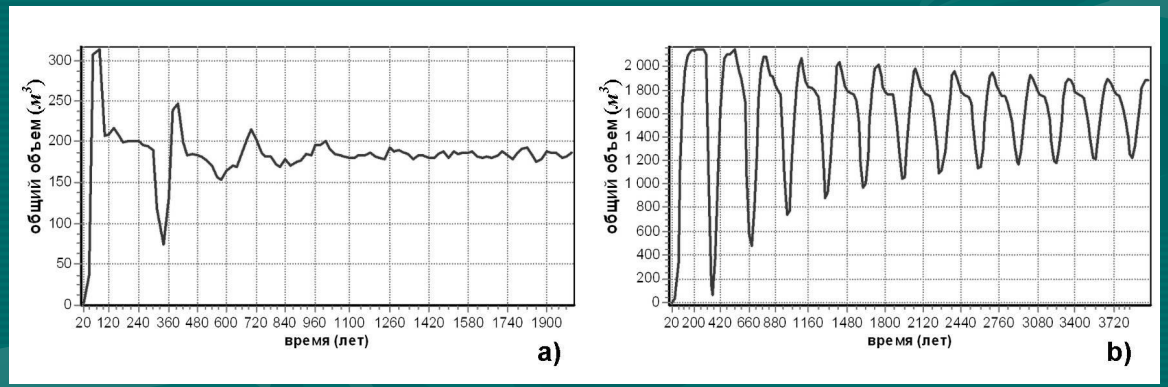
Оценка параметров модели по эмпирическим данным для некоторых видов деревьев



Крестики – эмпирические данные, квадратики – модельные данные

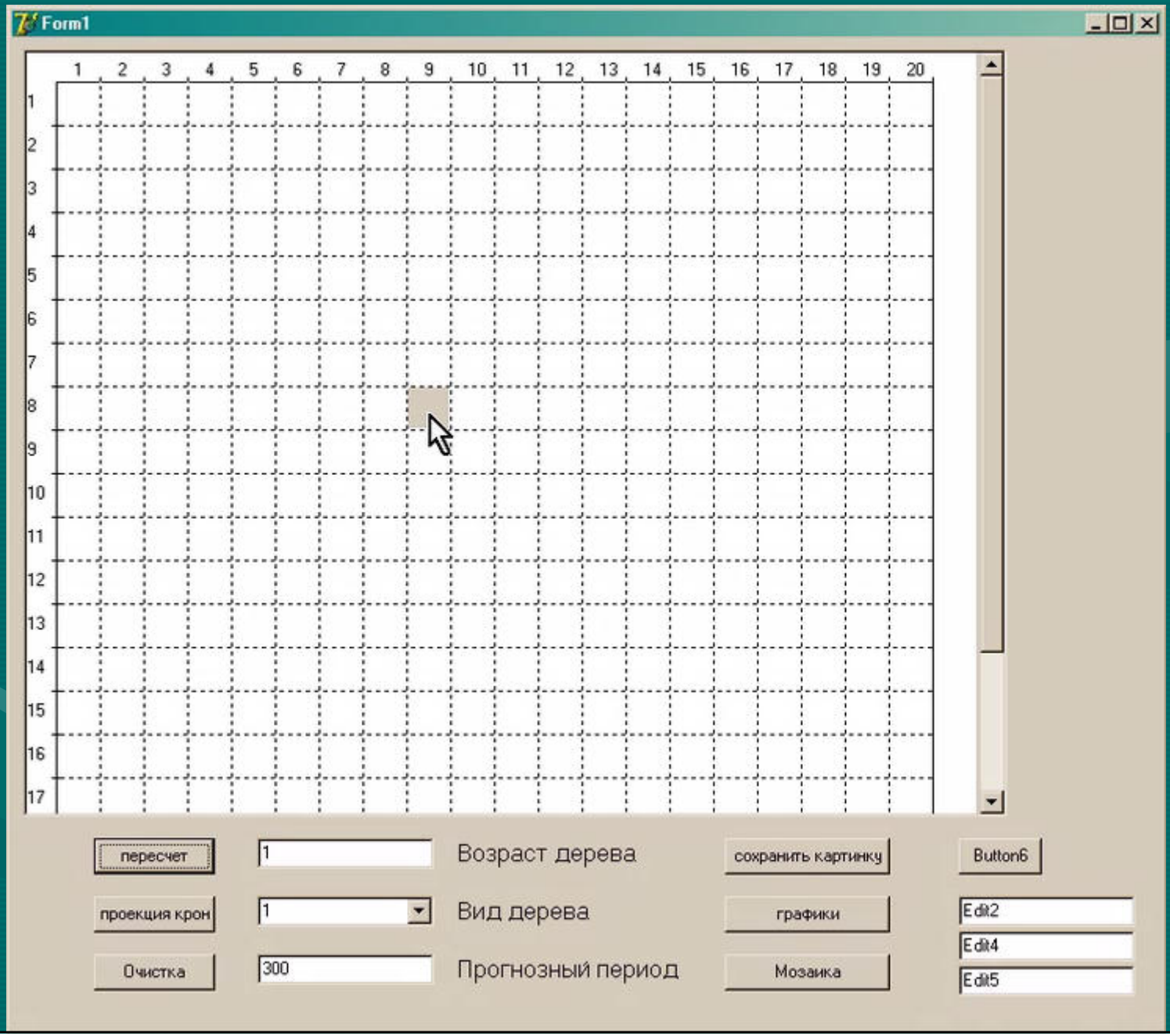
Образование пространственно неоднородного распределения деревьев в результате внутренних взаимодействий



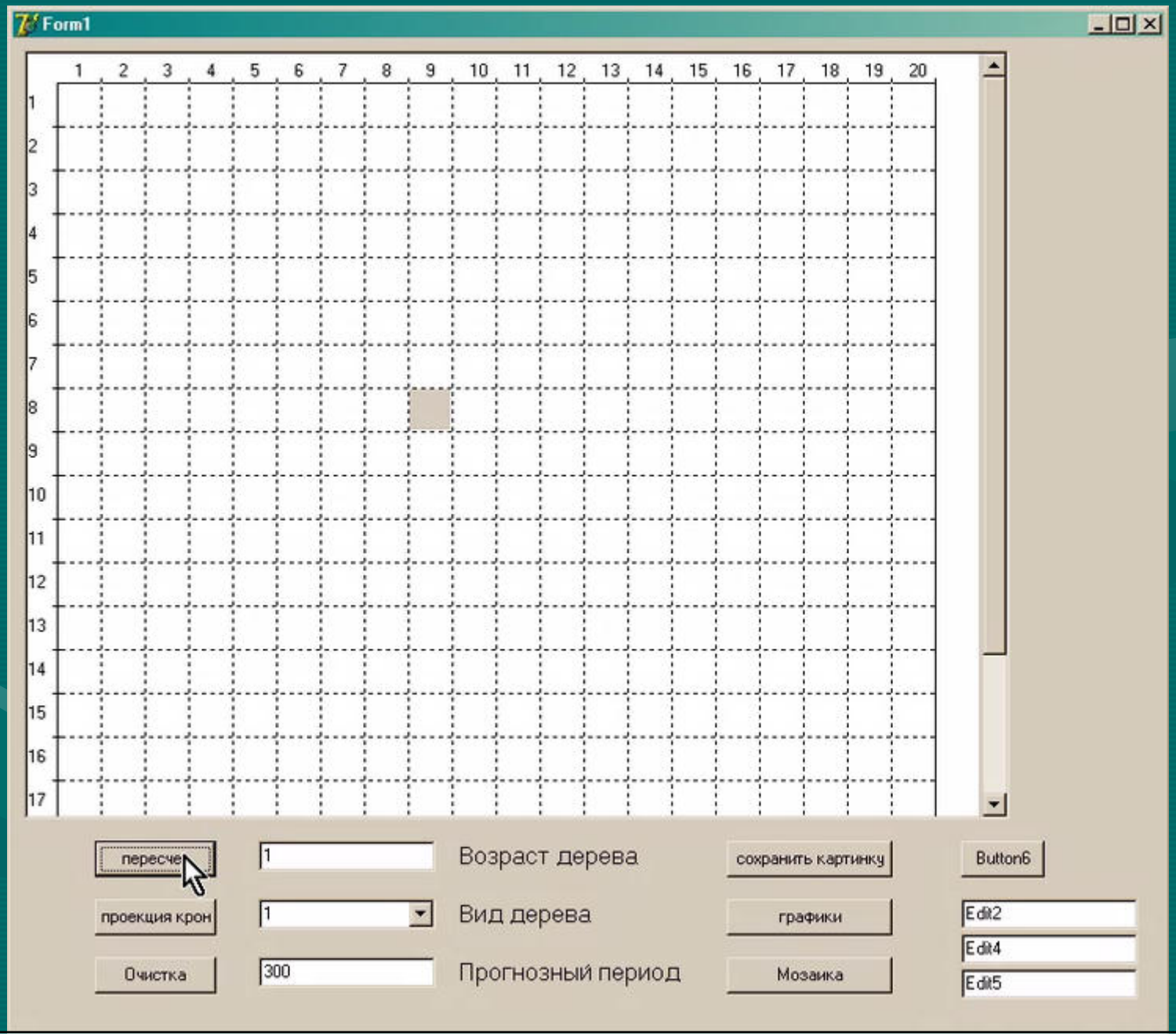


В процессе моделирования пространственное распределение деревьев становится крайне неоднородным, приобретая неравномерный характер возрастного и плотностного распределения. Наряду со сложной пространственной динамикой, общий запас объема древесины на участке со временем выходит на некоторый квазистационарный уровень.

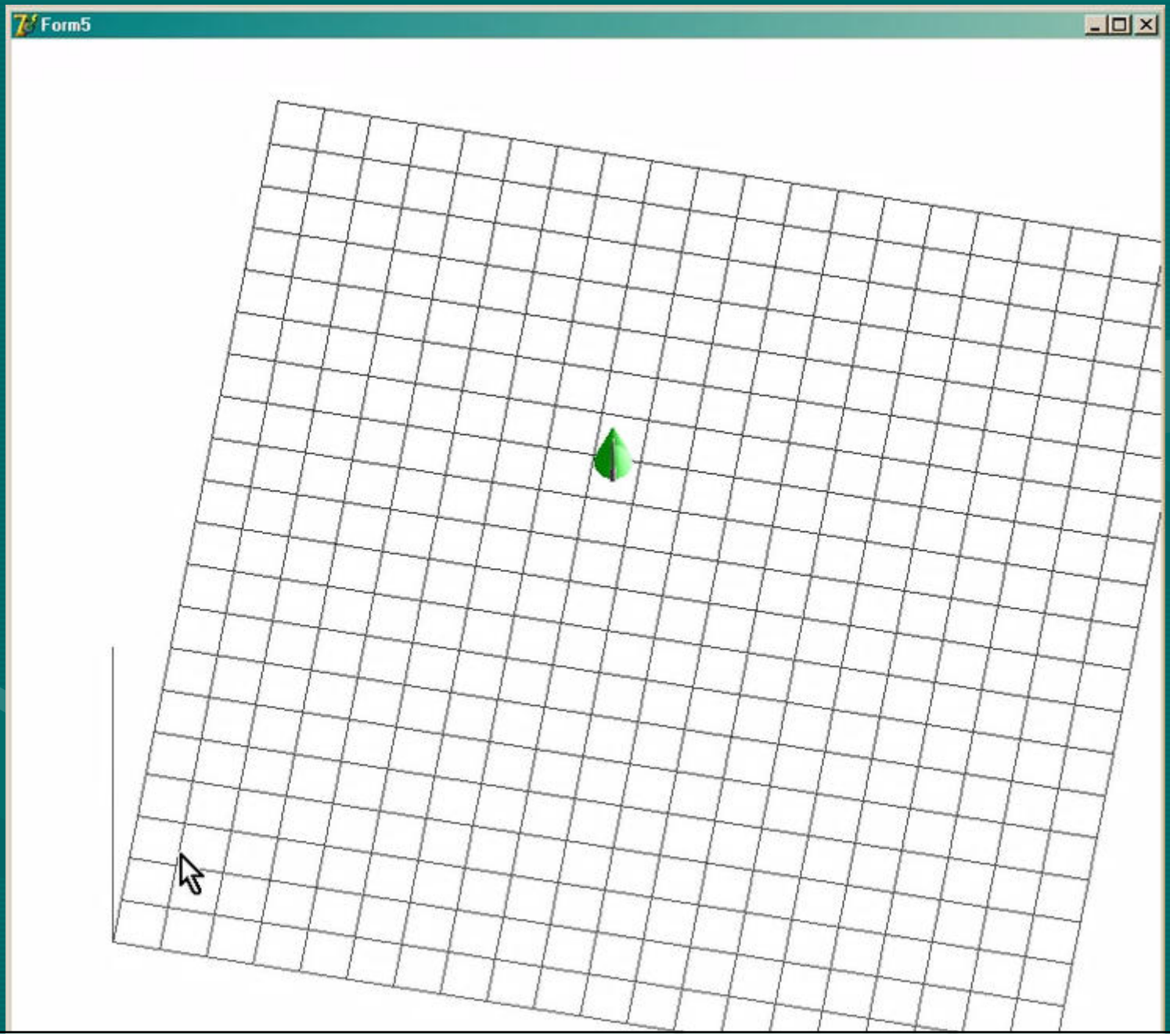
3D визуализация моделируемого участка леса



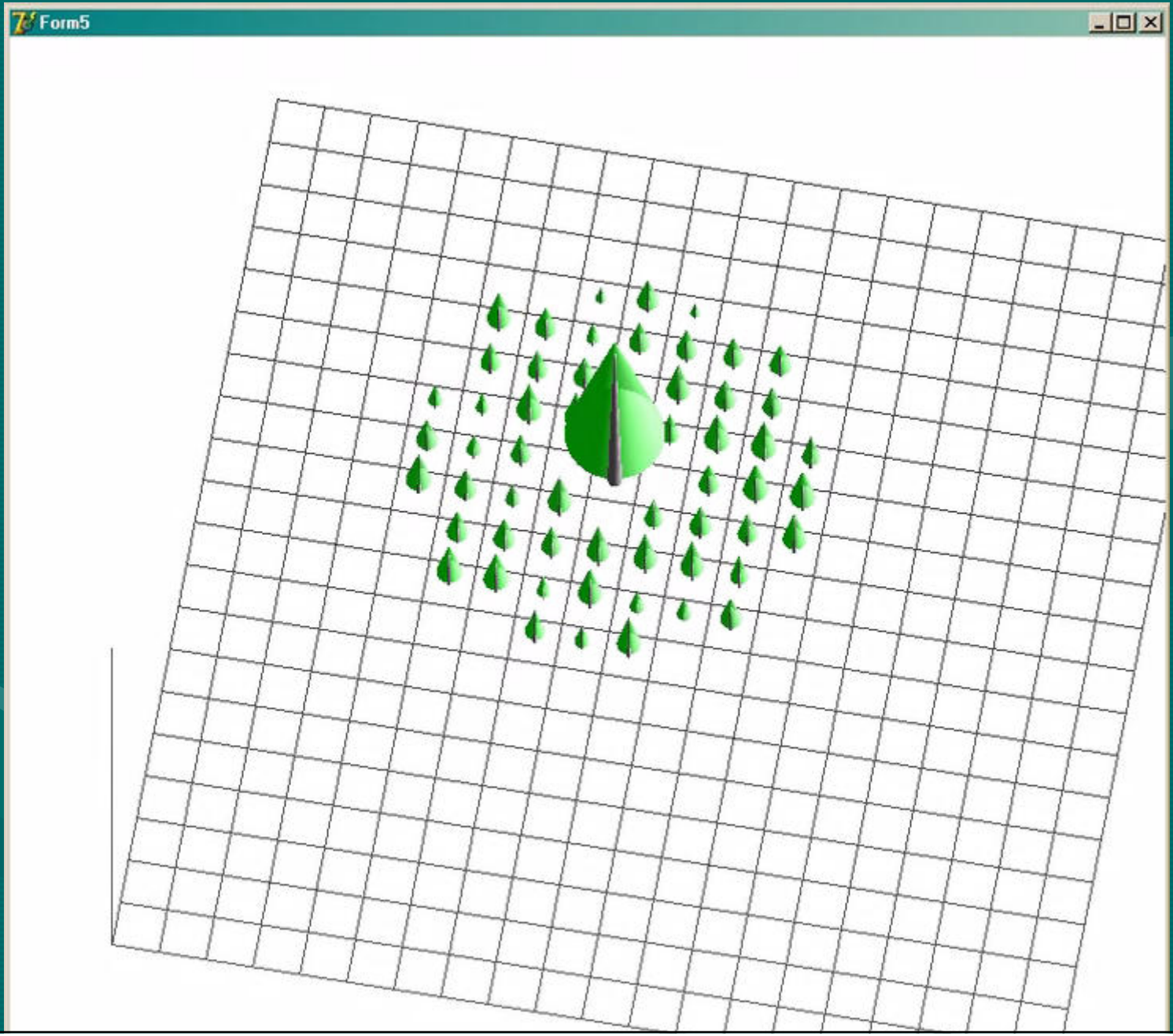
3D визуализация моделируемого участка леса



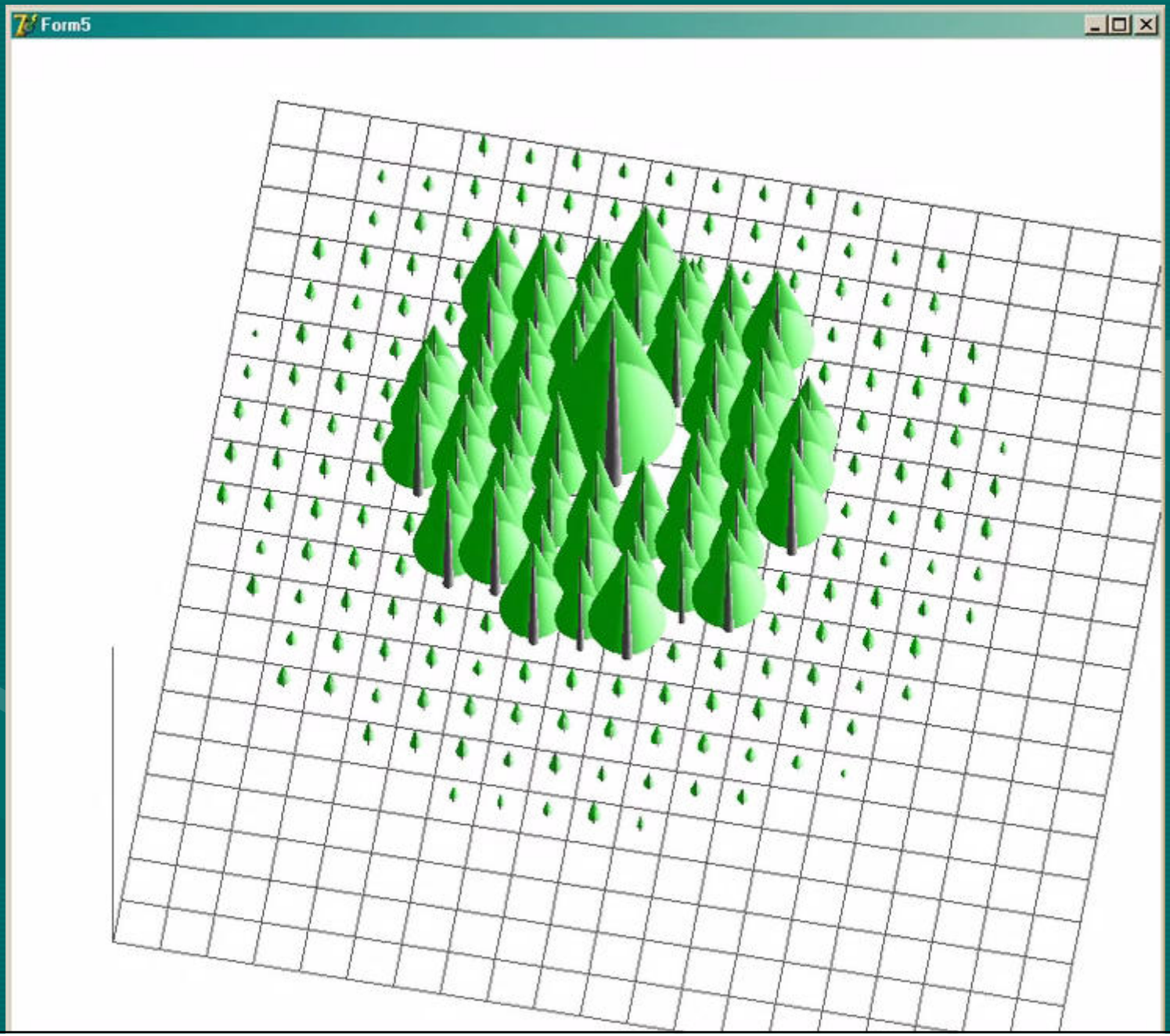
3D визуализация моделируемого участка леса



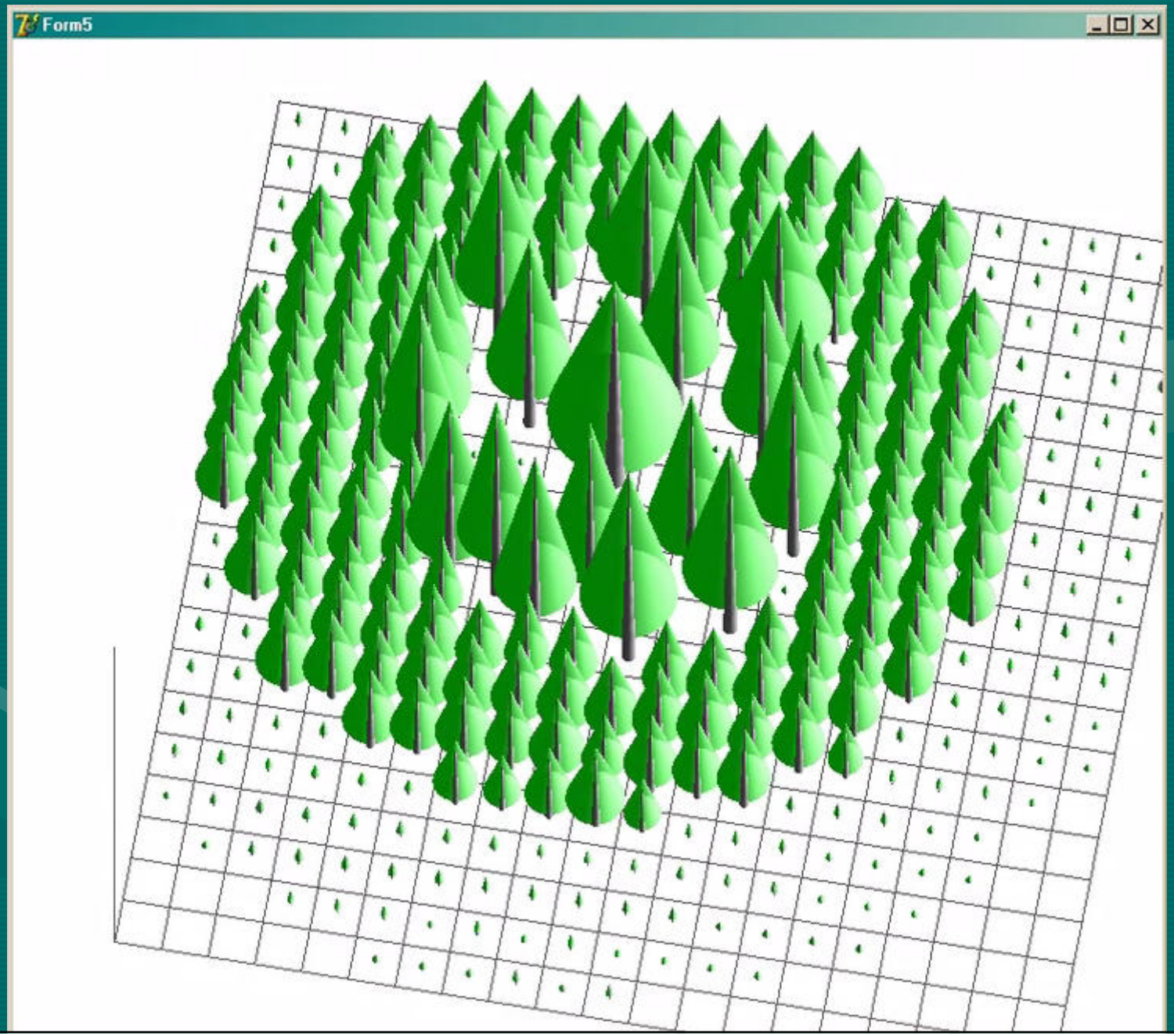
3D визуализация моделируемого участка леса



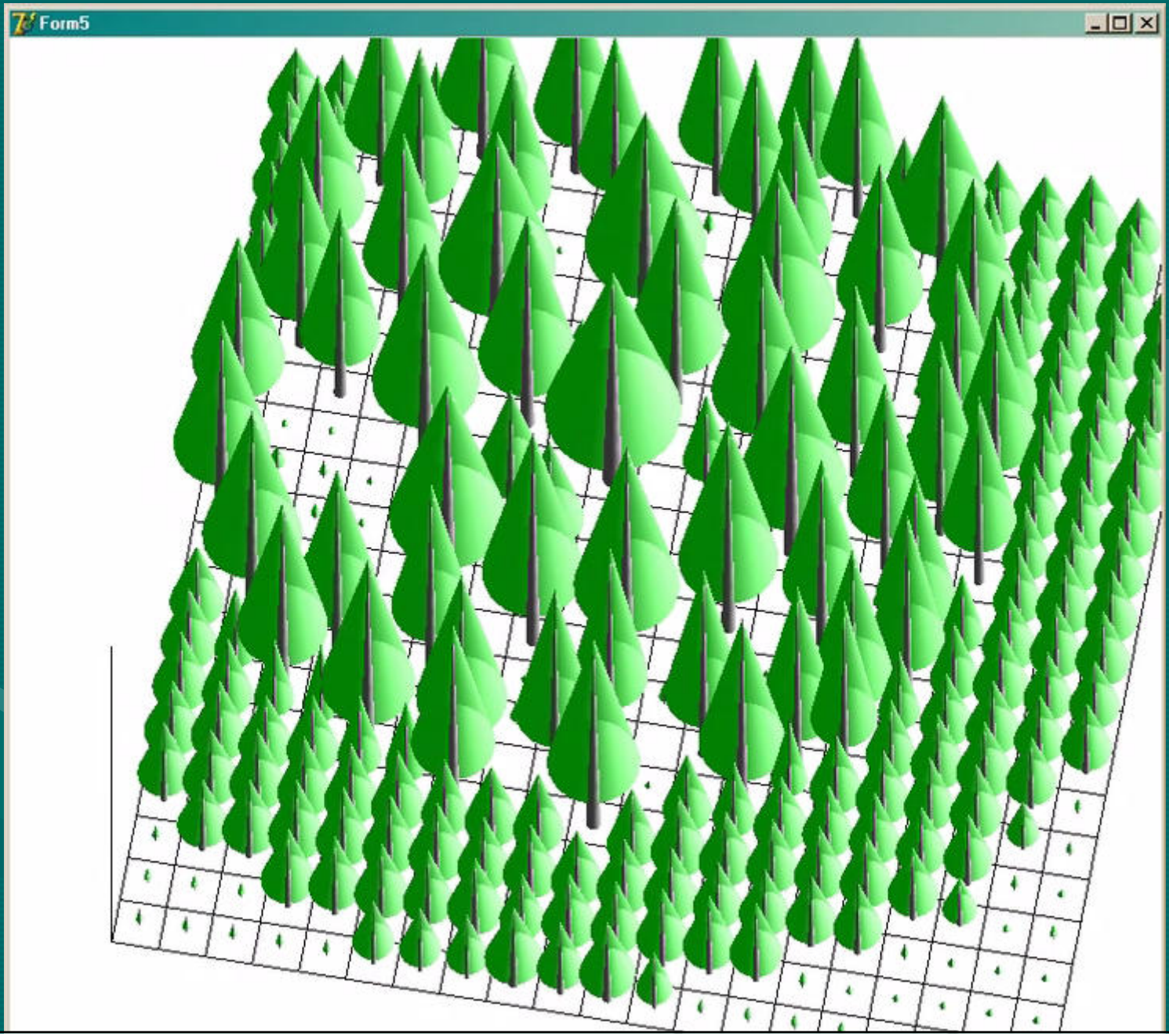
3D визуализация моделируемого участка леса



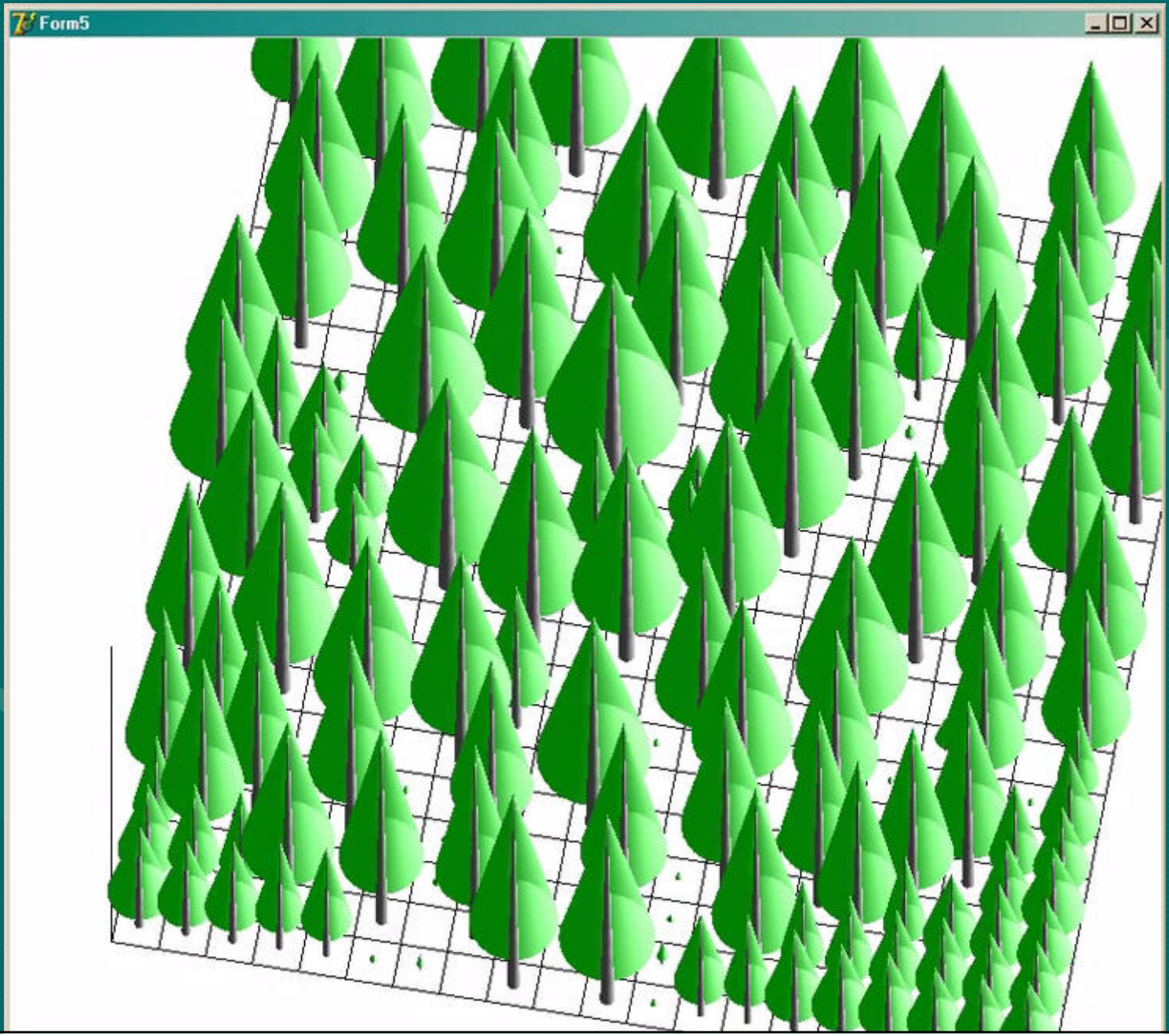
3D визуализация моделируемого участка леса



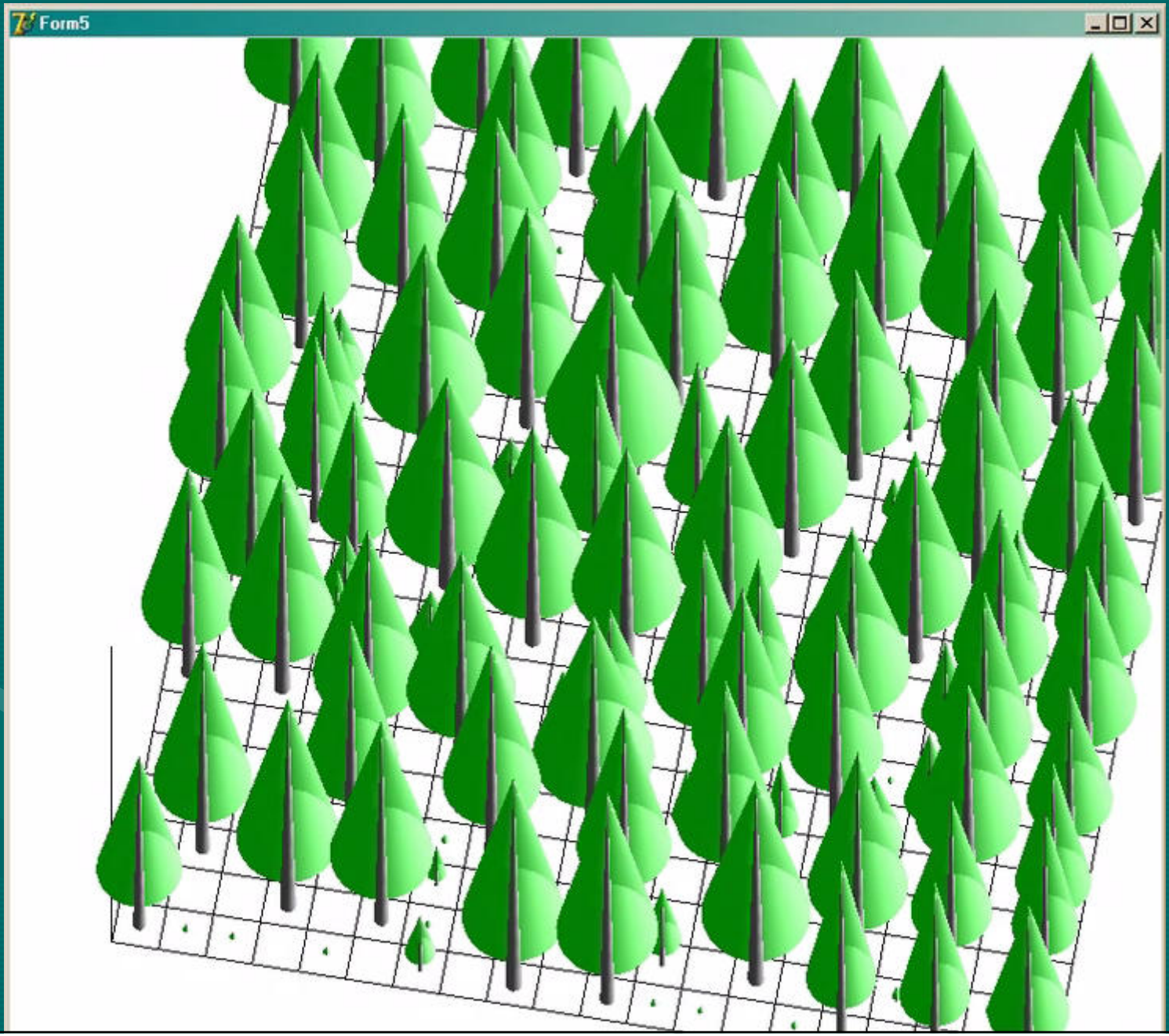
3D визуализация моделируемого участка леса



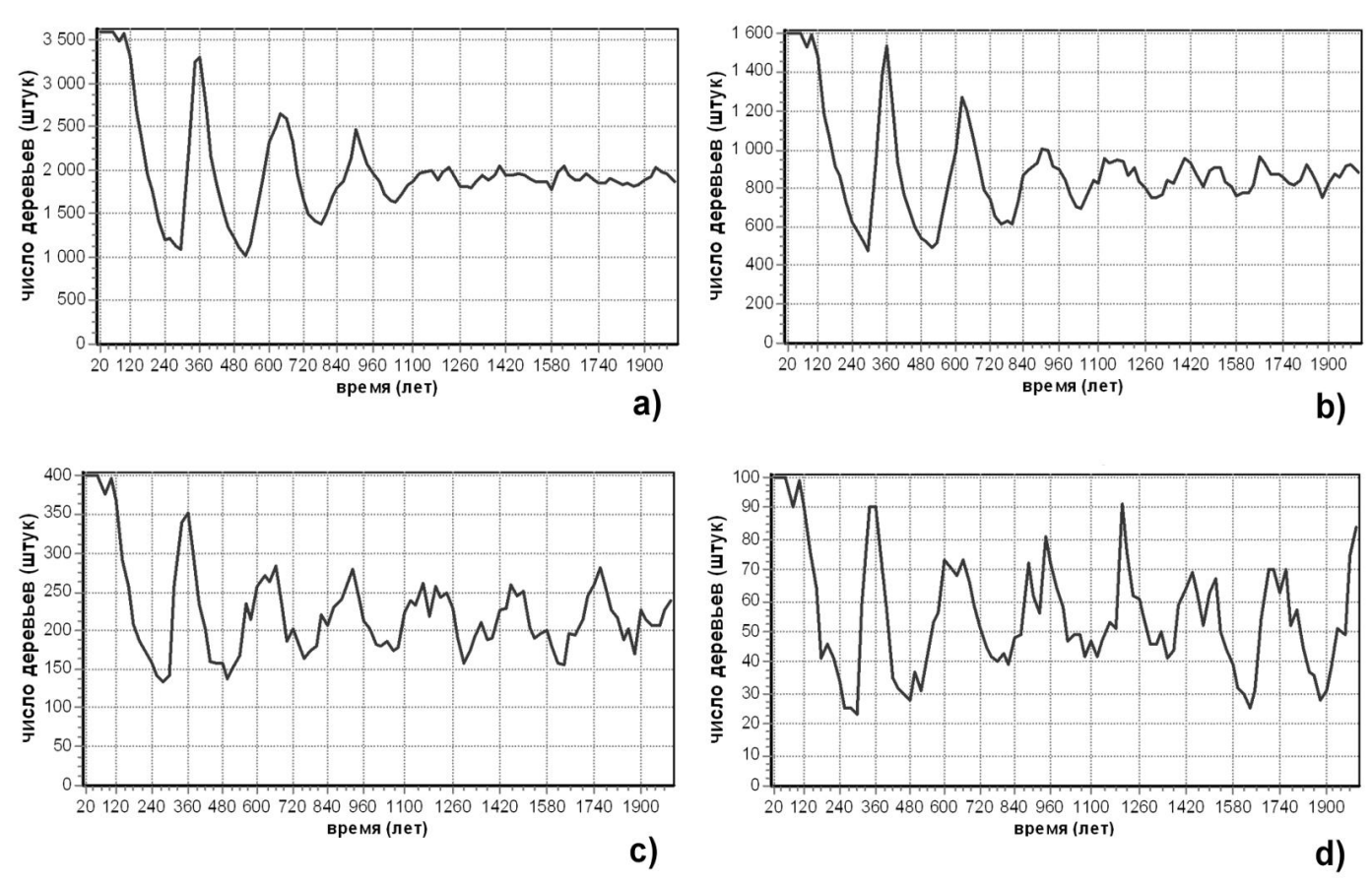
3D визуализация моделируемого участка леса



3D визуализация моделируемого участка леса

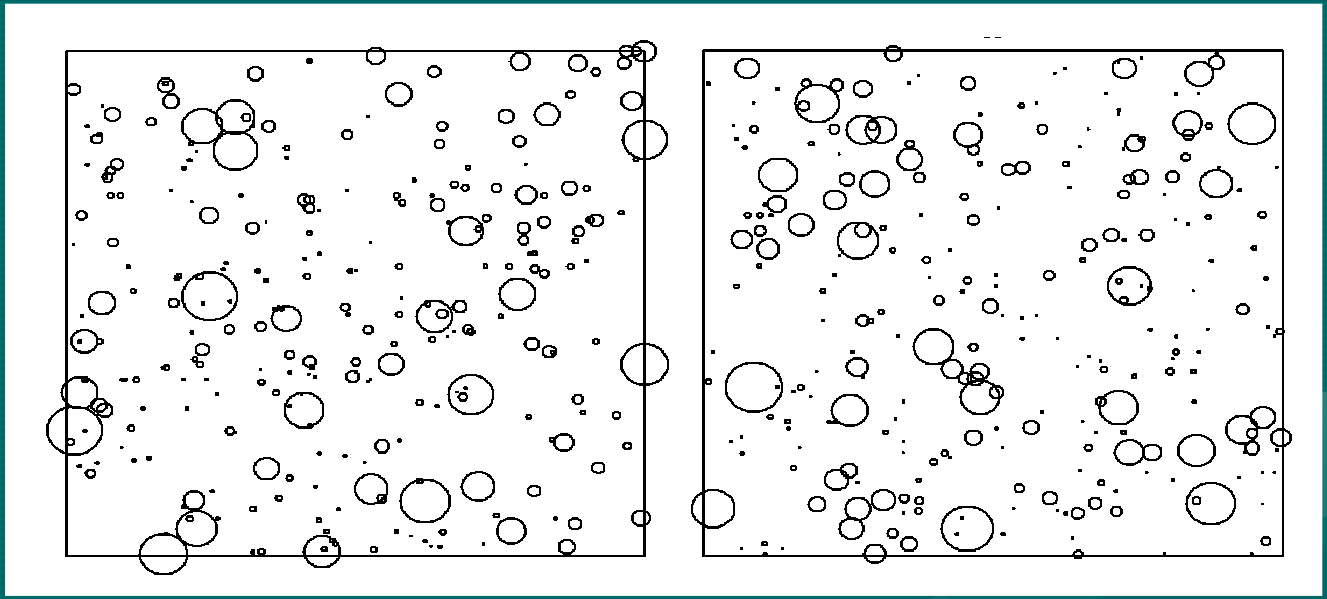


Динамика роста ели сибирской на моделируемом участке в зависимости от его площади



При достаточно большой площади участка динамика древостоя выходит на некоторый квазистационарный уровень. Уменьшение площади моделирования приводит к возникновению колебаний в системе, которые при дальнейшем уменьшении размеров участка становятся более размашистыми.

Пространственная структура сообщества ели сибирской (слева — реальный участок, справа — модельный участок)



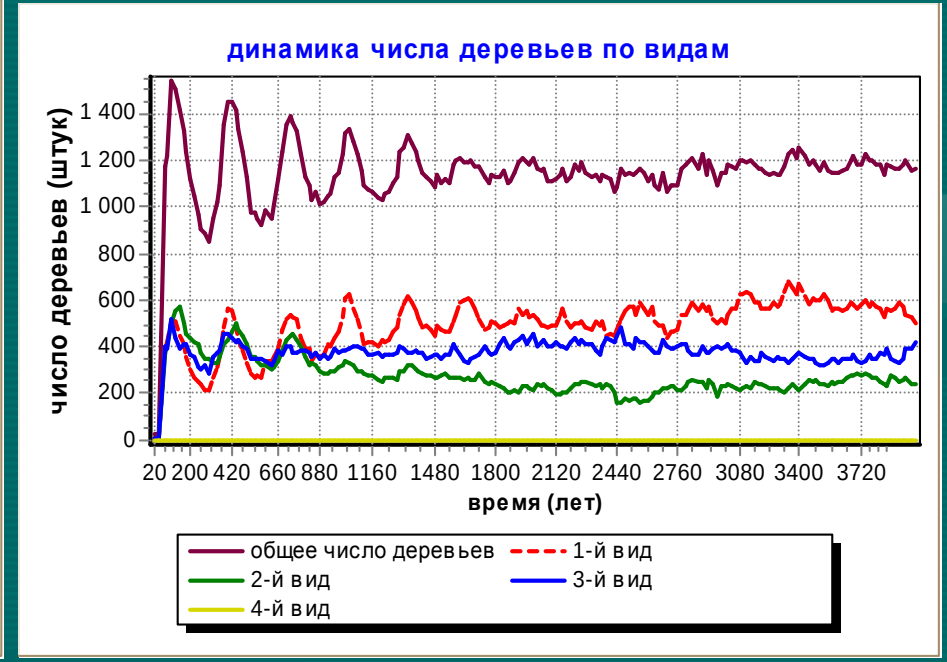
Анализ смоделированной пространственной структуры древостоя выявил кластерный характер распределения деревьев и показал хорошее сходство с естественными насаждениями.

Выводы:

- Результаты моделирования показали, что в ходе формировании структуры древостоя даже при однородных внешних условиях происходят процессы хаотической самоорганизации, приводящие к образованию сложно структурированных неоднородных (пятнистых) пространственных распределений растительных сообществ. Сложный мозаичный характер распределения деревьев приводит к установлению в системе квазистационарного режима динамики суммарных показателей древостоя, обеспечивая устойчивость древесного сообщества.

- Исследование модели показало, если площадь моделируемого участка достаточна для того чтобы вместить некоторый полный набор разновозрастных гэпов, в системе устанавливается квазистационарный режим динамики, в противном случае возникают незатухающие колебания.

Модельные сценарии развития трехвидового сообщества (Ель, Пихта, Кедр + Береза)



Как видно из графиков, виды Ель, Пихта, Кедр устойчиво сосуществуют на одной территории. На левом графике к данному сообществу добавили Березу, которая не выдержала конкуренции и постепенно исчезла.

Спасибо за внимание!!!