

**Клеточно-автоматная модель  
динамики популяции растений при  
адаптационных изменениях  
жизненных форм**

*Комаров А.С. (ИФХиБПП РАН, Пущино),  
Калмыков Л.А. (Пущинский госуниверситет,  
Пущино),  
Османова Г.О. (Марийский госуниверситет,  
Йошкар-Ола)*

# Трудности при моделировании динамики популяций и сообществ растений

- Размещение неподвижных особей в пространстве
- Локальные взаимодействия между соседними растениями
- Вегетативное разрастание дочерних растений
- Поливариантность онтогенеза
- Различная популяционная роль особей в различных стадиях онтогенеза
- Дискретность
- Случайность
- Многокомпонентность
- Нелинейность

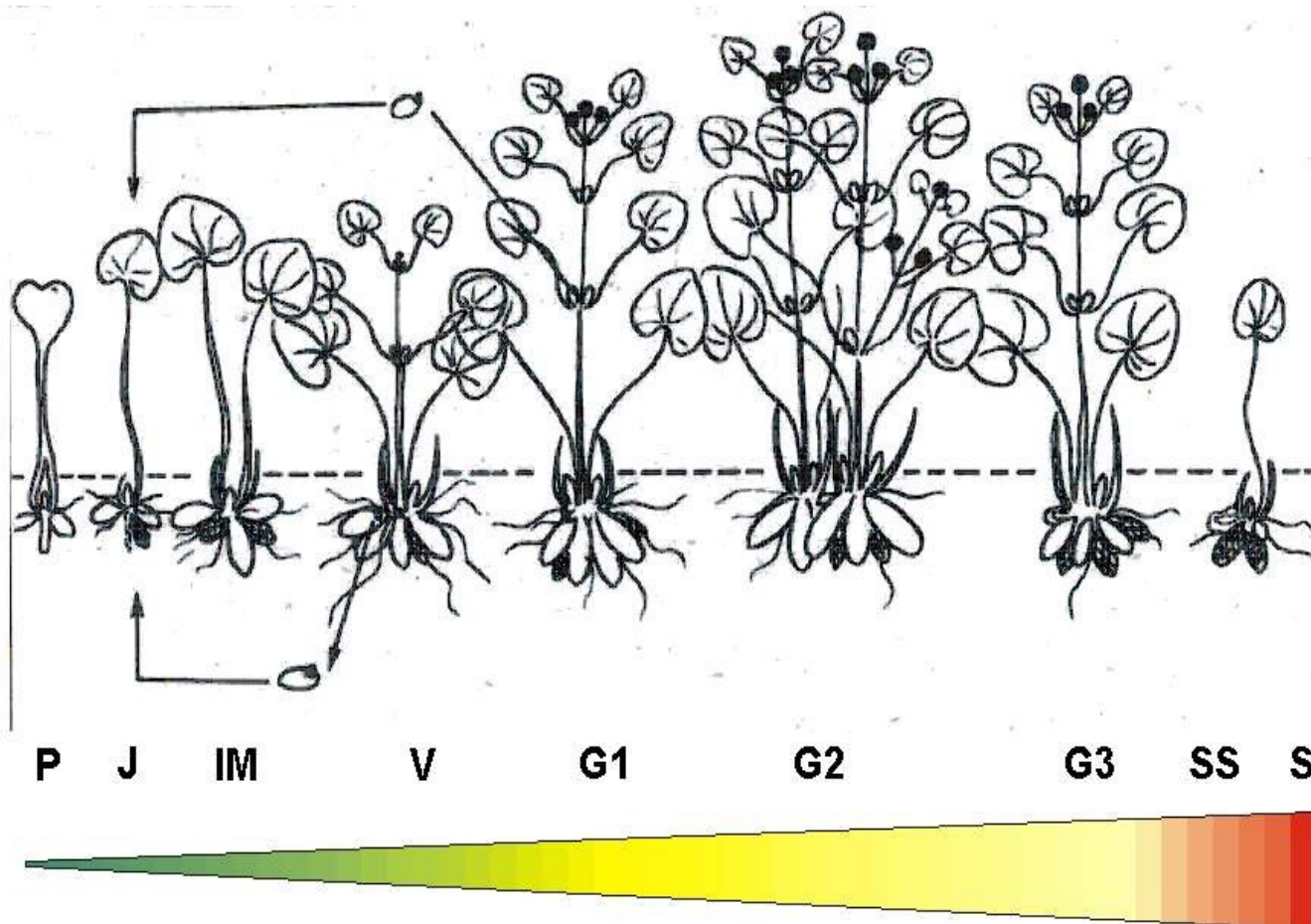
**Клеточно-автоматные модели на  
основе концепции  
дискретного описания онтогенеза  
растений**

# Онтогенетические периоды и возрастные состояния растений

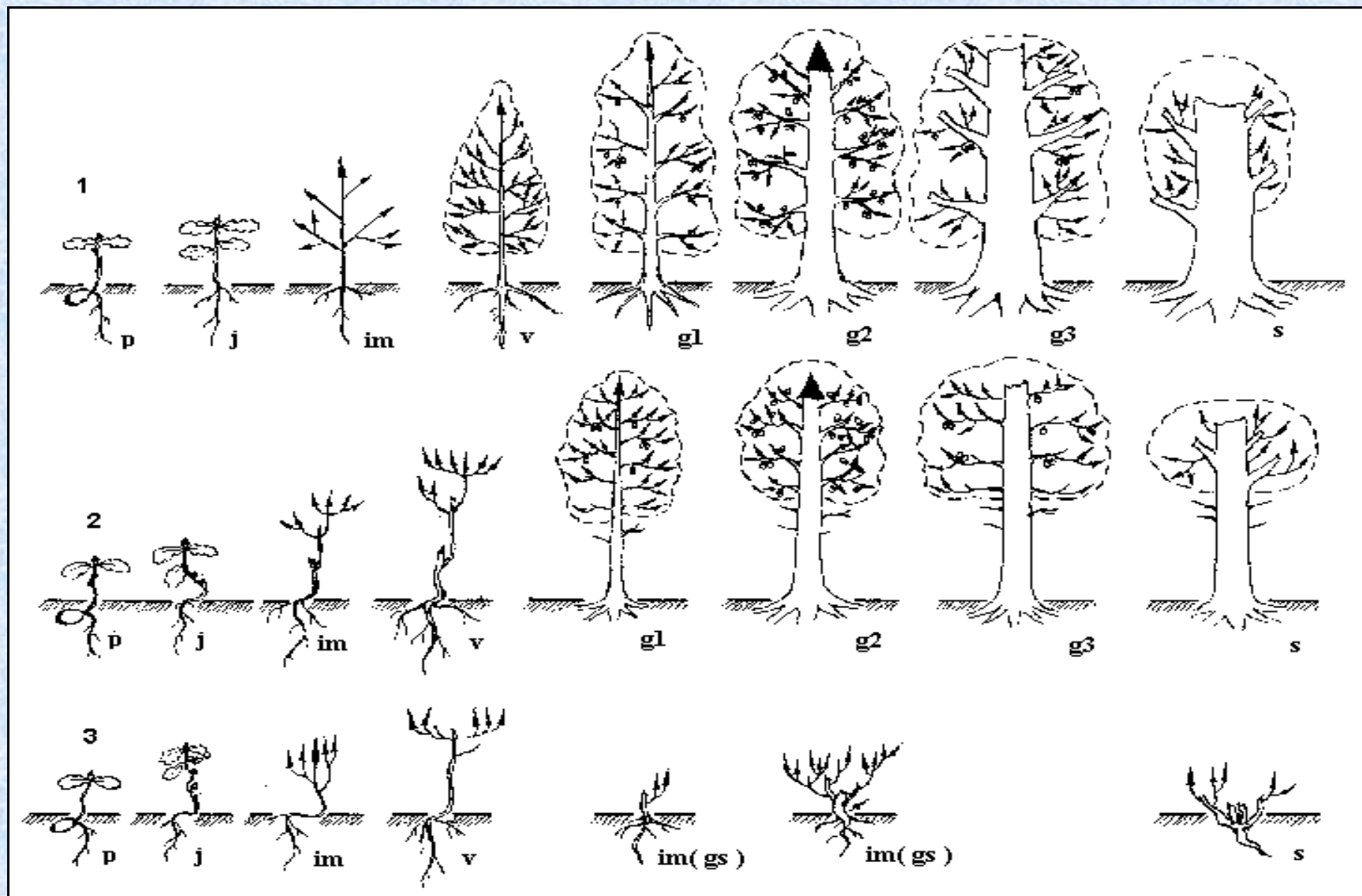
<b>Онтогенетический период</b>	<b>Возрастное состояние</b>
I. латентный	семя
II. прегенеративный	проросток ювенильное имматурное виргинильное
III. генеративный	молодое зрелое старое
IV. постгенеративный	субсенильное сенильное






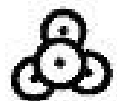

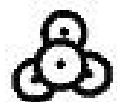
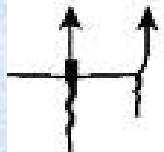
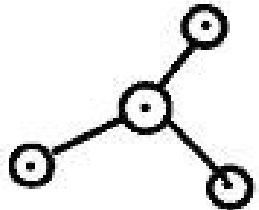
# Возрастные состояния чистяка весеннего *Ficaria verna*



# Возрастные состояния деревьев



# Жизненные формы растений

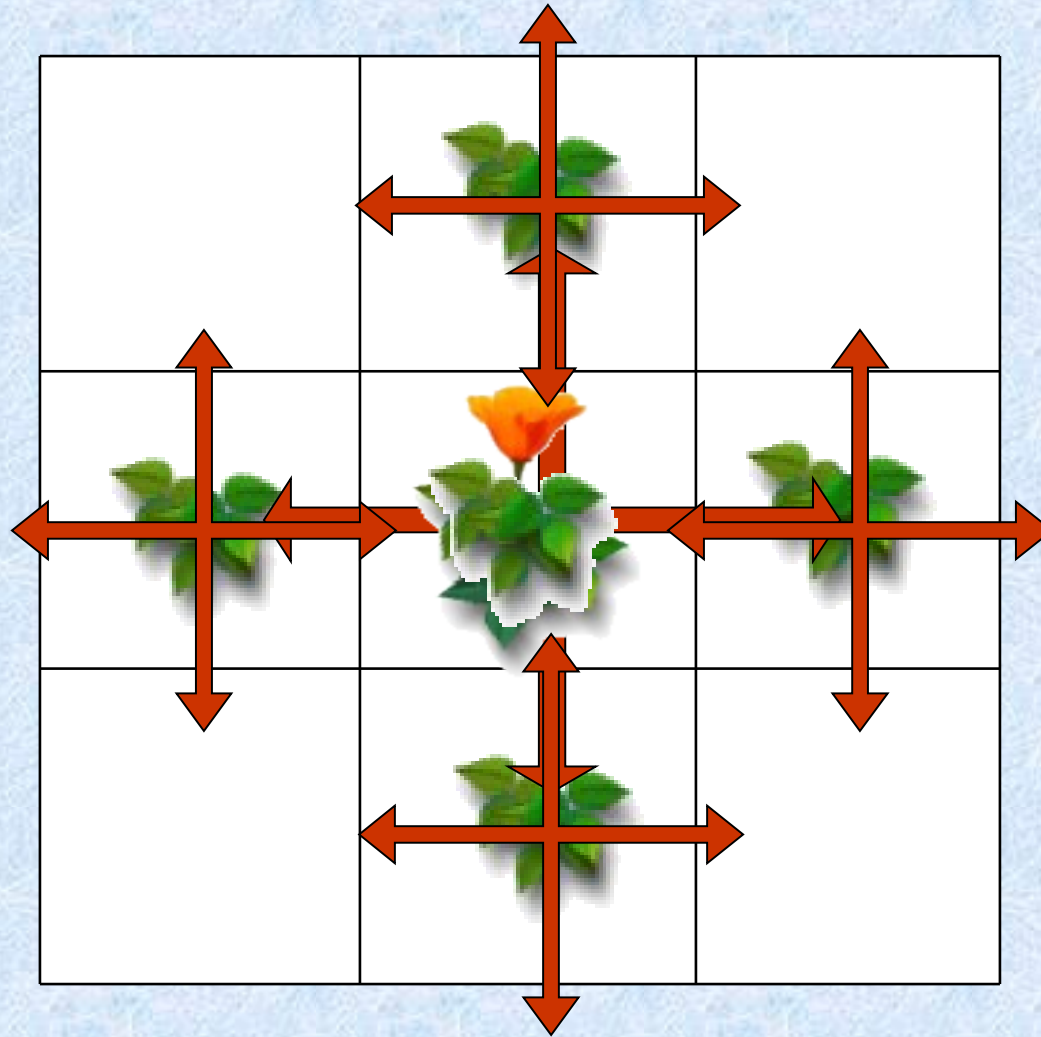
БИОМОРФА		Вегетативное размножение	
		Моноцентрическая	отсутствует <i>Centaurea scabiosa</i>
		Неявнополи- центрическая	без омоложения <i>Deschampsia caespitosa</i>
			с омоложением <i>Ficaria verna</i>
		Явнополи- центрическая	с омоложением <i>Carex pilosa</i>

# Множество соседей клетки $(i, j)$

	$(i-1, j-1)$	$(i-1, j)$	$(i-1, j+1)$	
	$(i, j-1)$	$(i, j)$	$(i, j+1)$	
	$(i+1, j-1)$	$(i+1, j)$	$(i+1, j+1)$	



# Моделирование вегетативного размножения



# Параметры простейшей клеточно-автоматной модели

$P_s$  = интенсивность семенного  
возобновления

$\tau_k$  = максимальная длительность  
жизни

$\tau_{veg}$  = возрастное состояние с  
однократным вегетативным  
размножением

$L$  = радиус соседства на решетке  
(дальность распространения дочерних  
особей)

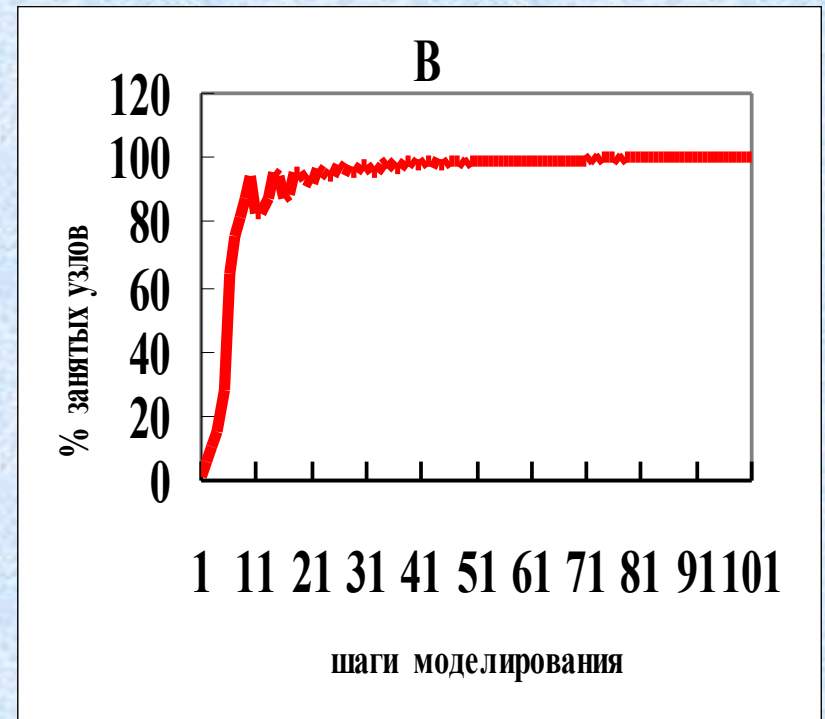
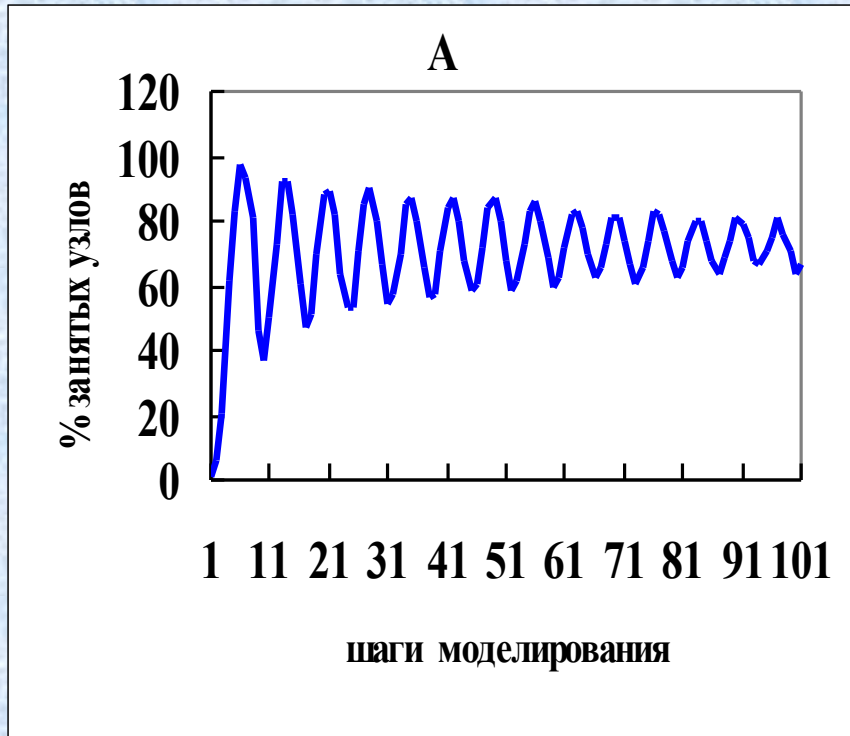
$P_d$  = интенсивность случайной  
гибели растений (вытаптывание,  
стравливание)

# Вегетативное расселение в разных половинах онтогенеза

$$\tau_k = 5, \tau_{veg} = 2$$

$$\tau_{veg} = 3$$

$$\tau_k = 5,$$





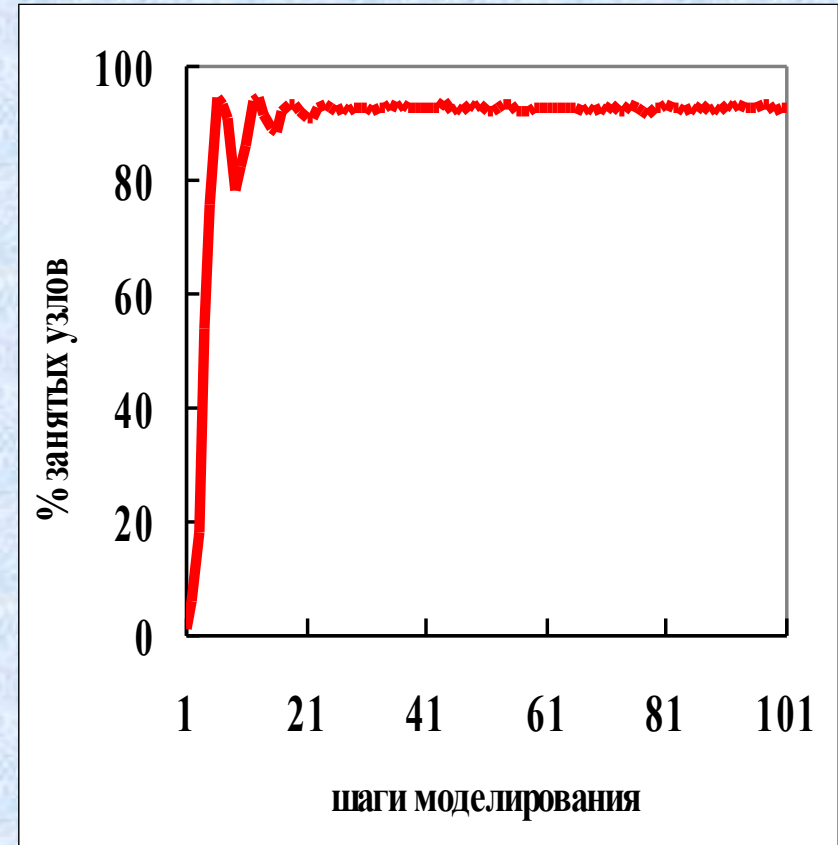
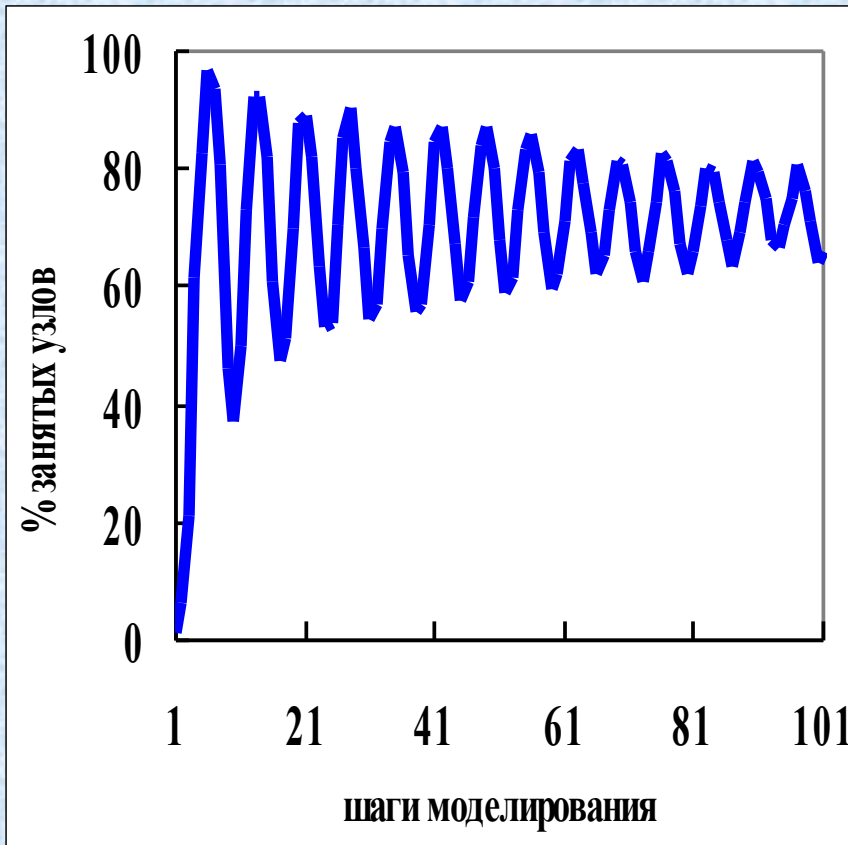


# Реакция популяции на случайное уничтожение отдельных растений

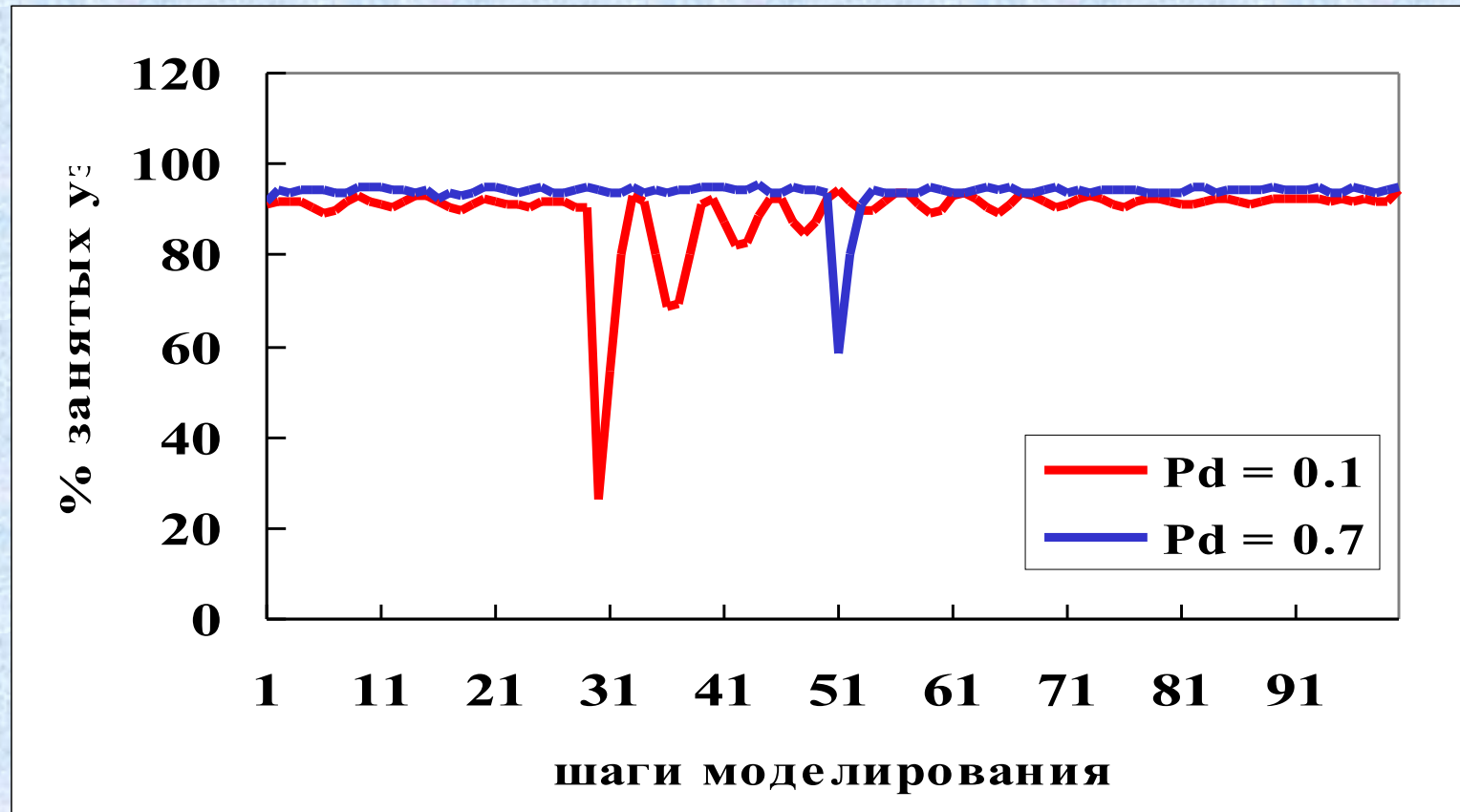
$$P_d = 0.0$$

0.1

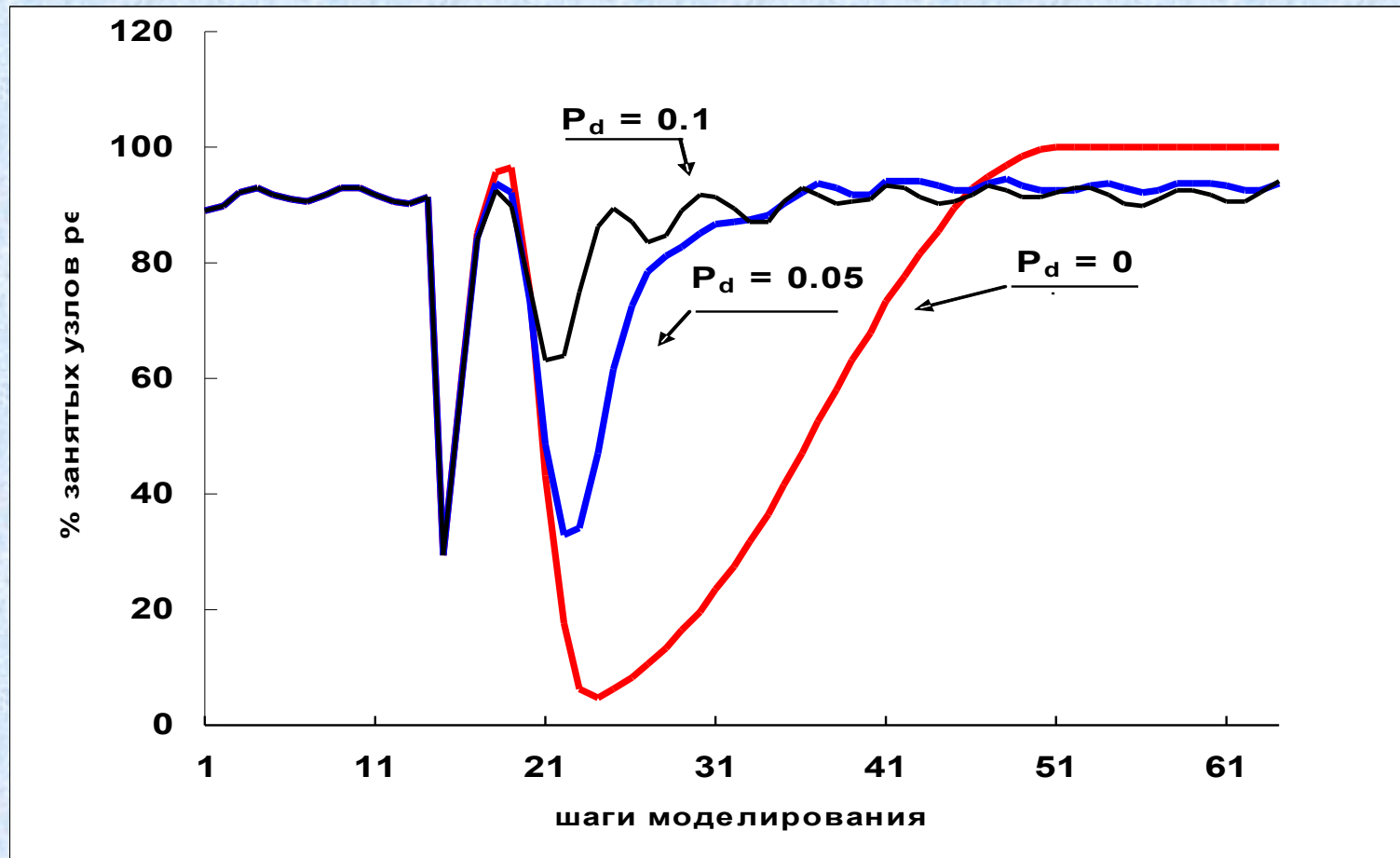
$$P_d =$$



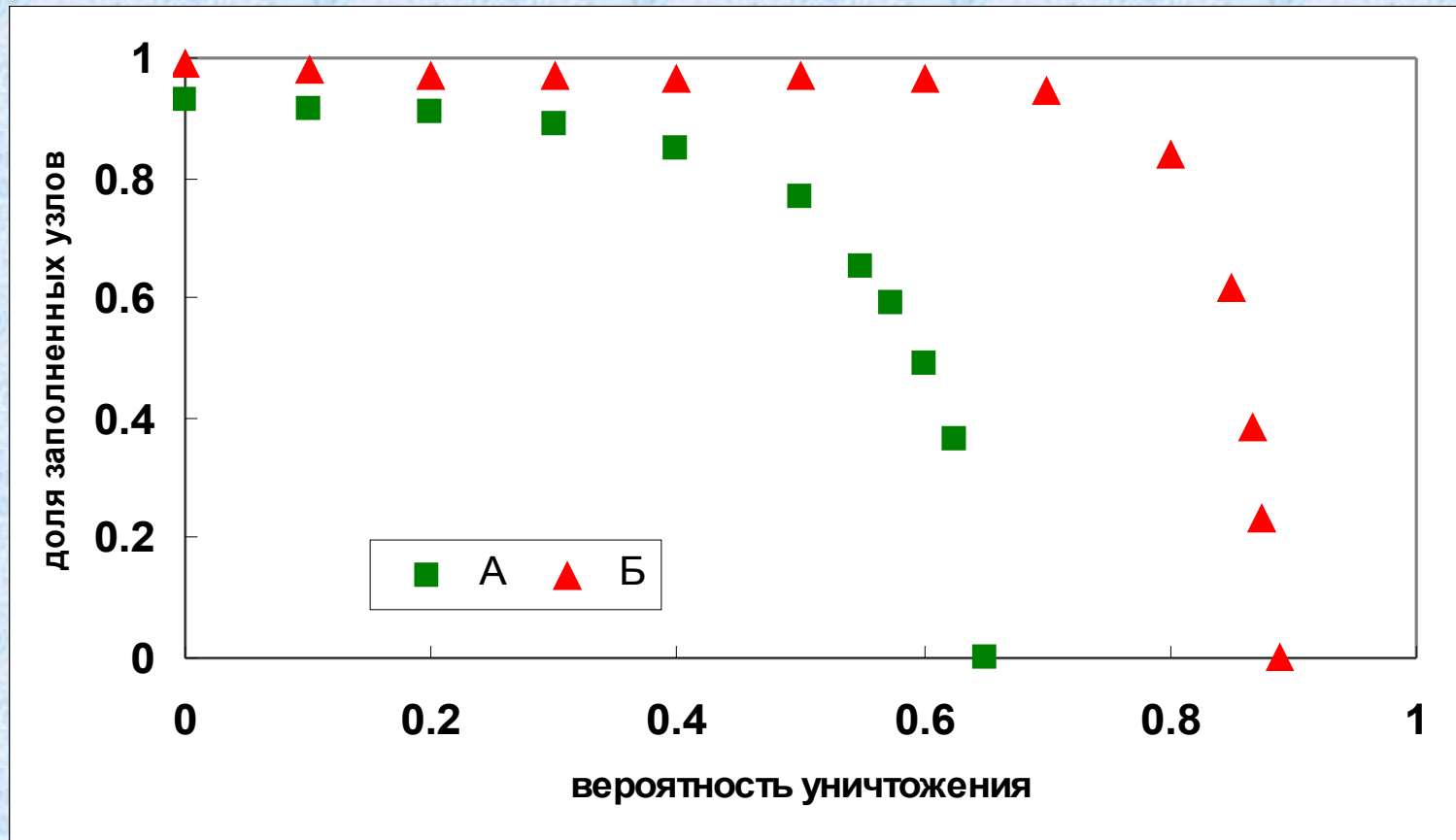
# Адаптация популяции к разным интенсивностям случайного уничтожения



# Восстановление популяции после сильного однократного воздействия при разной интенсивности фонового нарушения



# Средняя численность популяции в зависимости от вероятности уничтожения



$A - \tau_{veg} = 2, B - \tau_{veg} = 3.$

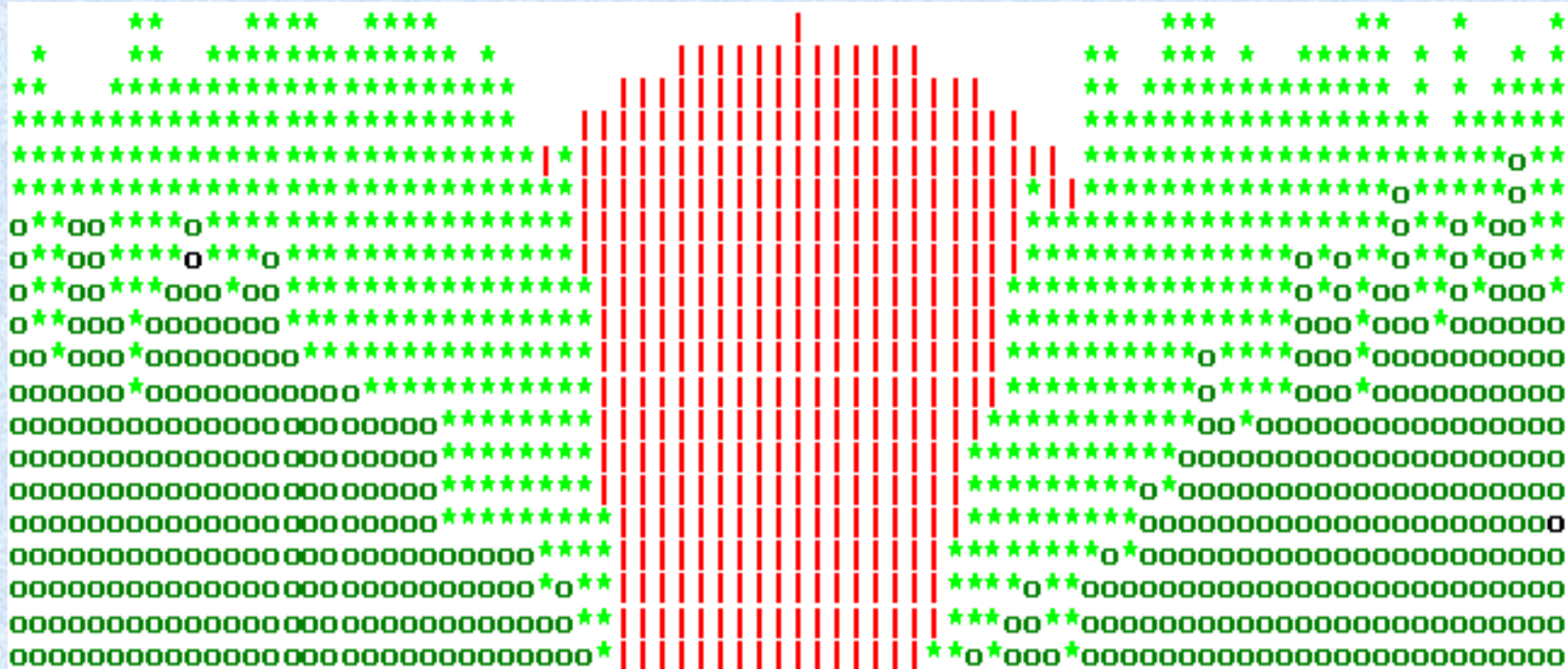


# Тропинка

Гауссовское уничтожение растений  
перпендикулярно тропинке и гистограммы частот  
встречаемости растений вдоль тропинки

\* - молодые растения, o - старые растения

| - ИНТЕНСИВНОСТЬ ВЫТАПТЫВАНИЯ



# Тропинка в Зеленой зоне г.Пушино





**Клеточно-автоматная модель  
двухвидового сообщества  
растений**

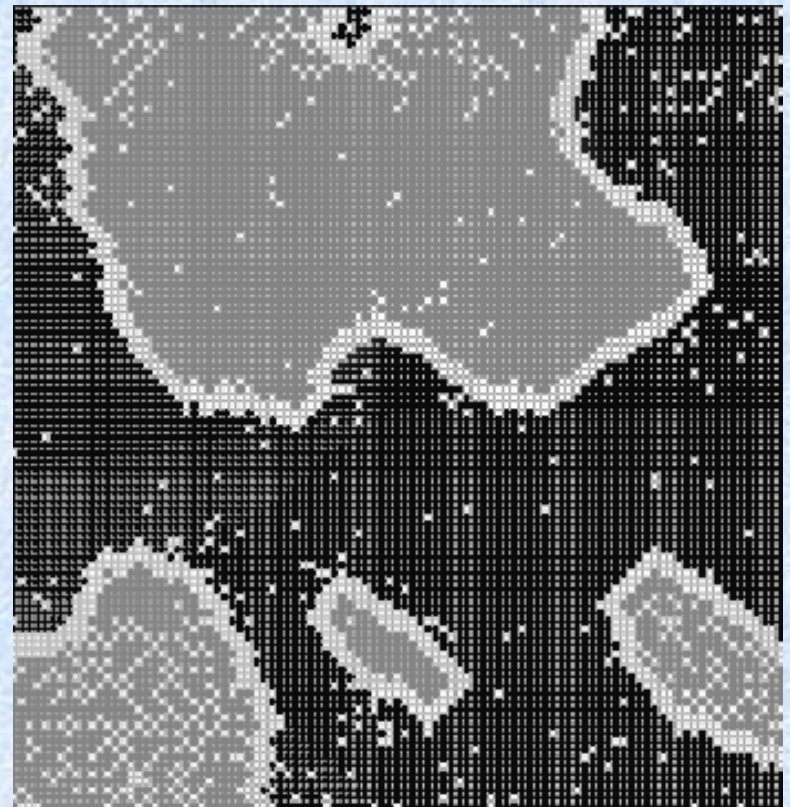
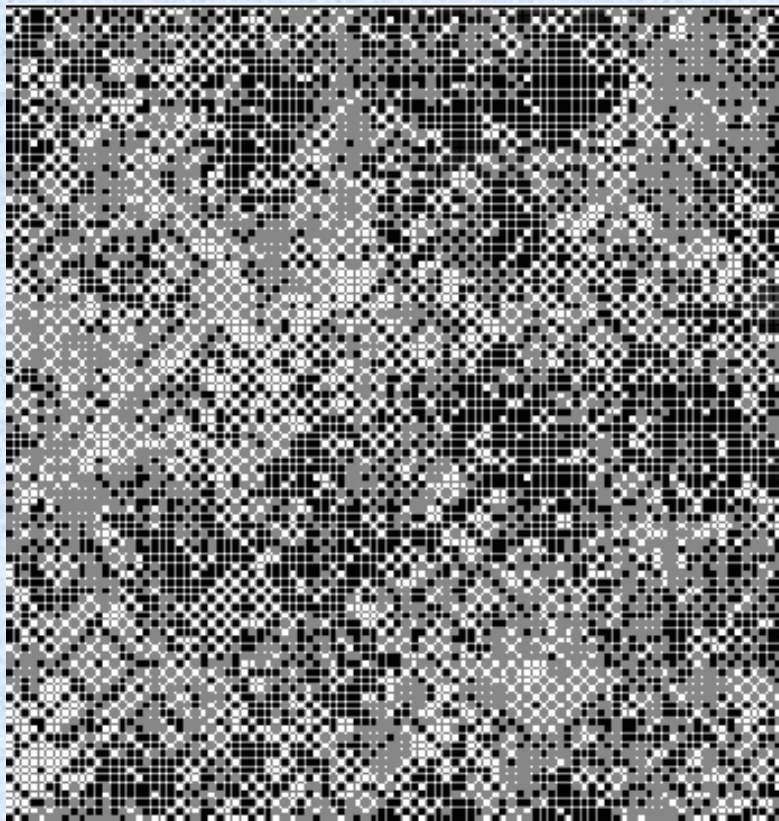
**Фитогенное поле** – это «часть пространства, в пределах которого среда приобретает новые свойства, определяемые присутствием в ней данной особи растения» (Уранов, 1965)

В модели фитогенное поле вводится как вероятность укоренения молодого растения в зависимости от расстояния до особи другого вида



# Пространственная структура двухвидового сообщества

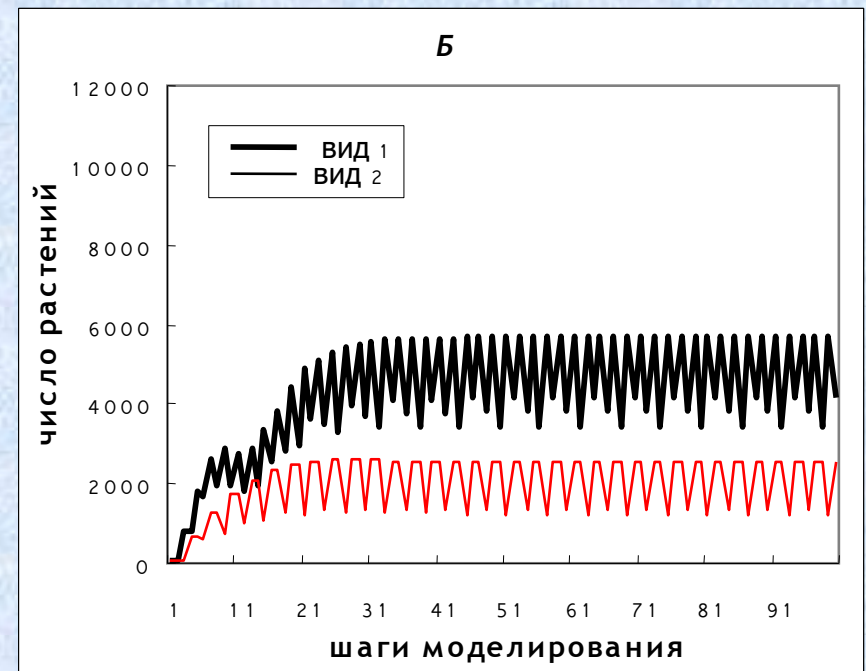
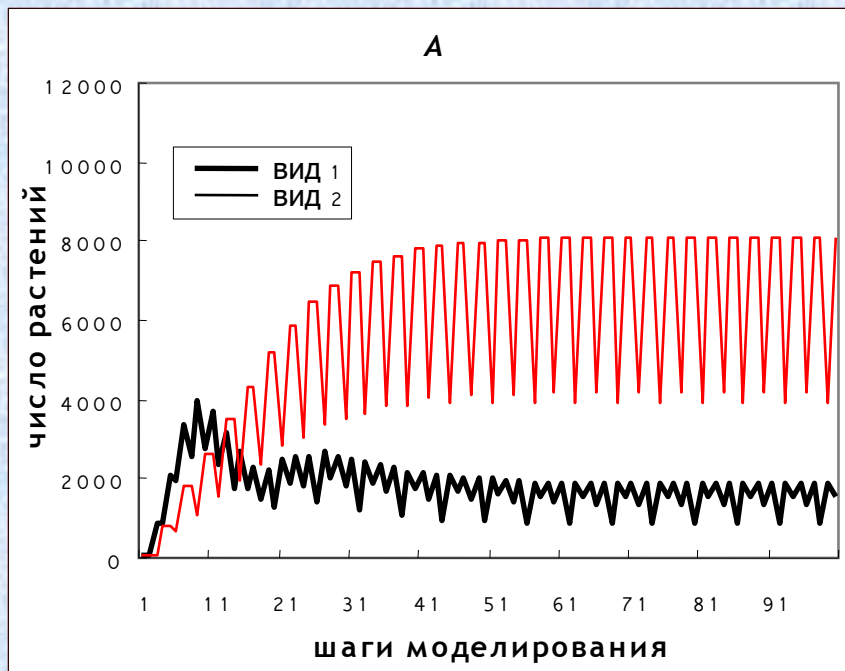
- А - при отсутствии фитогенного поля
- Б - при наличии фитогенным полем



# Динамика двухвидового сообщества

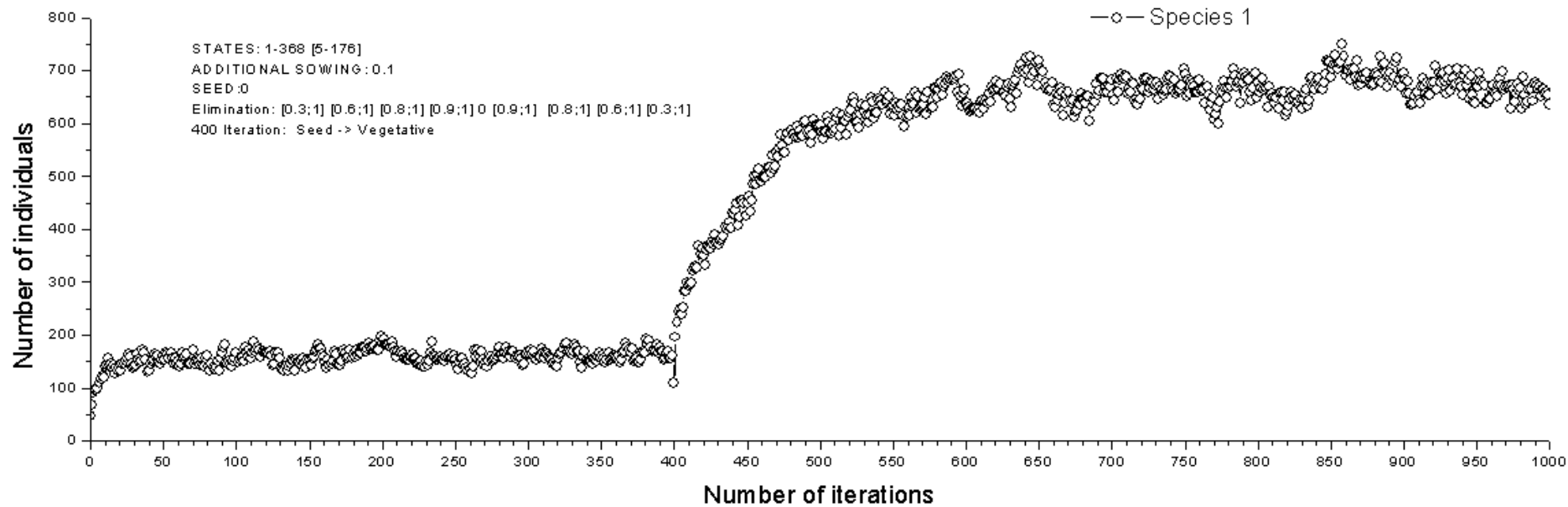
А - при отсутствии фитогенного поля,

Б - при наличии фитогенного поля



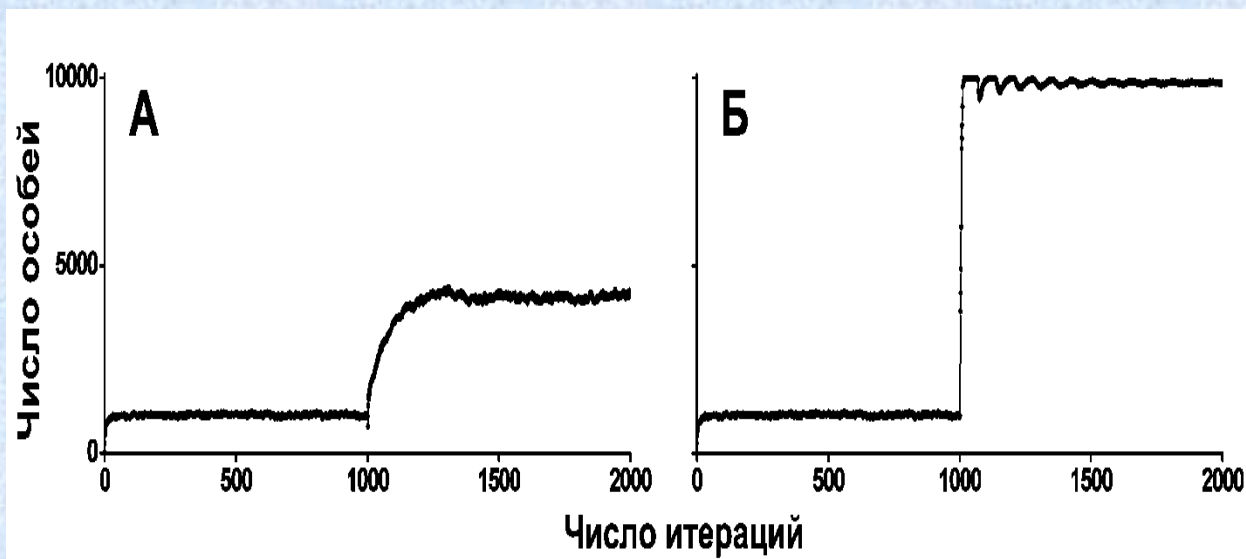
**Модель динамики популяции  
растений при  
адаптационных изменениях  
жизненной формы**

# Динамика популяции растений при смене семенного возобновления на вегетативное





# Динамика популяции растений при разных вероятностях случайного уничтожения у особей семенного и вегетативного происхождения



## **В рамках объединения представлений концепции дискретного описания онтогенеза растений и клеточно-автоматного моделирования:**

- разработаны модели трех основных биоморф растений, с их помощью установлены онтогенетические параметры растений, определяющие динамику, возрастную и пространственную структуры популяции: онтогенетический возраст времени размножения, в том числе и вегетативного, степень омоложения дочерних растений при вегетативном размножении, поливариантность онтогенеза ;**
- подробно проанализировано неравномерное прохождение онтогенеза (динамическая поливариантность) и показана его роль в устойчивости популяций;**
- проанализированы с помощью моделей механизмы, управляющие популяционной динамикой: интенсивность семенного возобновления, интенсивность и характер случайного независимого уничтожения растений,**
- разработаны модели взаимодействующих популяций двух разных видов растений, в которых взаимодействие определяется в рамках понятия фитогенного поля по А.А.Уранову, показана важнейшая роль таких взаимодействий в совместной динамике сообщества;**
- проанализированы внутрипопуляционные волны разных темпов развития растений, показана их возможная роль в управлении посевами хлебных злаков и кормовых растений.**

Спасибо за внимание!

The END



Продолжение следует...