

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Институт комплексного анализа региональных проблем

**Применение простейших
моделей к оценке внутривидовой
конкуренции
в локальных популяциях**

Галина Петровна Неверова

Научный руководитель: д.б.н., проф. Е.Я. Фрисман

Цель работы

Качественное описание и исследование изменений численности популяций с сезонным характером размножения, вызванных внутривидовой конкуренцией между различными возрастными классами

Задачи:

- Аналитическое и численное исследование условий возникновения и структуры нелинейных динамических режимов под воздействием плотностно-зависимых факторов и внутривидовой конкуренции
 - в модели динамики численности двухвозрастной популяции,
 - в модели динамики численности двухвозрастной популяции с учетом интенсивности полового созревания.
- Применение моделей с возрастной структурой к описанию и анализу динамики природных популяций.

Модель динамики численности двухвозрастной популяции

$$\begin{cases} x_{n+1} = ay_n \\ y_{n+1} = sx_n + vy_n \end{cases} \quad (1)$$

x - численность младшего возрастного класса,

y - численность старшего возрастного класса,

составляющего репродуктивную часть популяции,

n - номер периода размножения,

a - коэффициент рождаемости,

s - коэффициент выживаемости молодежи,

v - коэффициент выживаемости половозрелых особей,

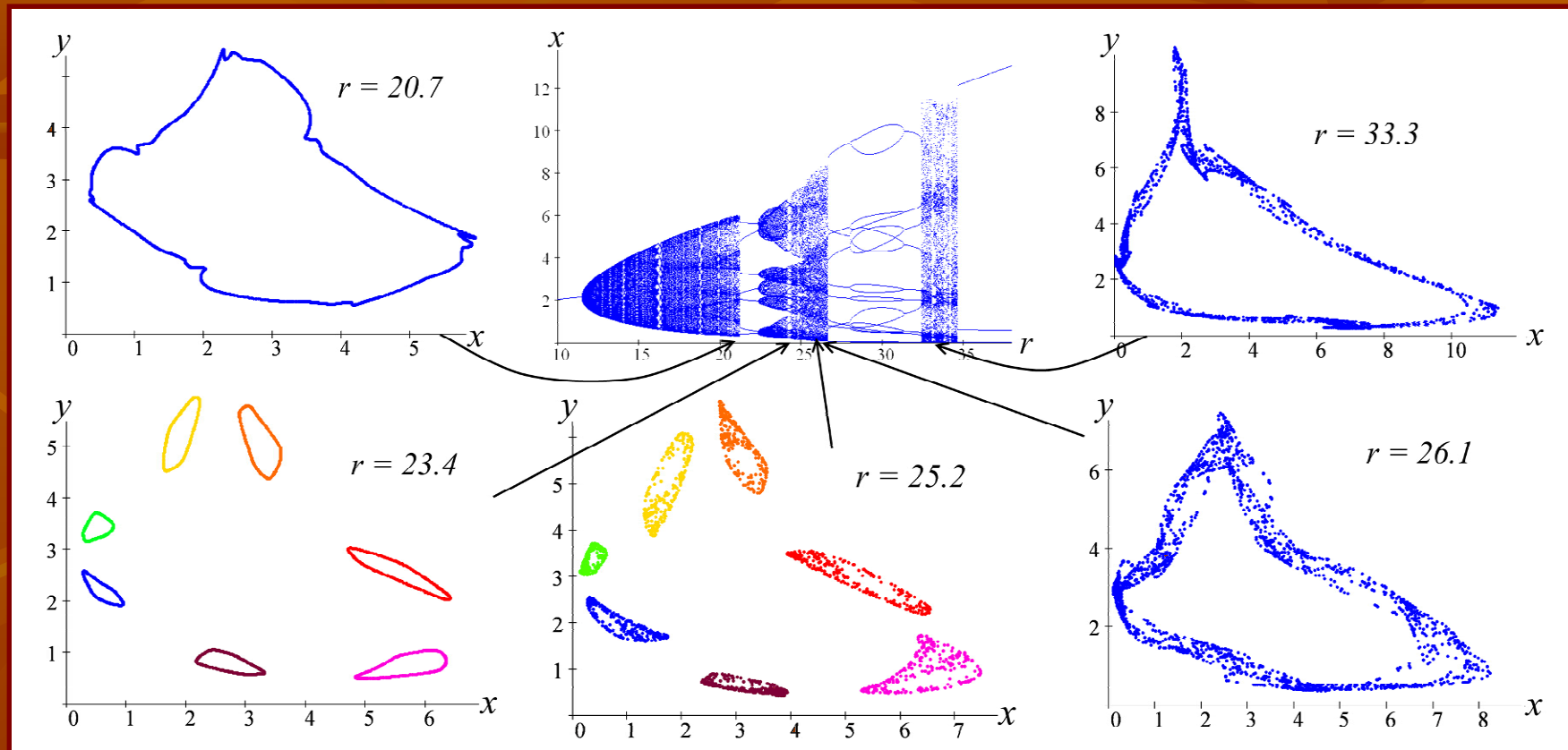
$f(x, y)$ - воздействие плотностно-зависимых факторов и внутривидовой конкуренции:

$$f(x, y) = \exp(-\alpha \cdot x - \beta \cdot y)$$

где α, β - коэффициенты, характеризующие интенсивности воздействия особей младшего и старшего возрастного класса на соответствующий демографический параметр

Результаты исследования модели (1)

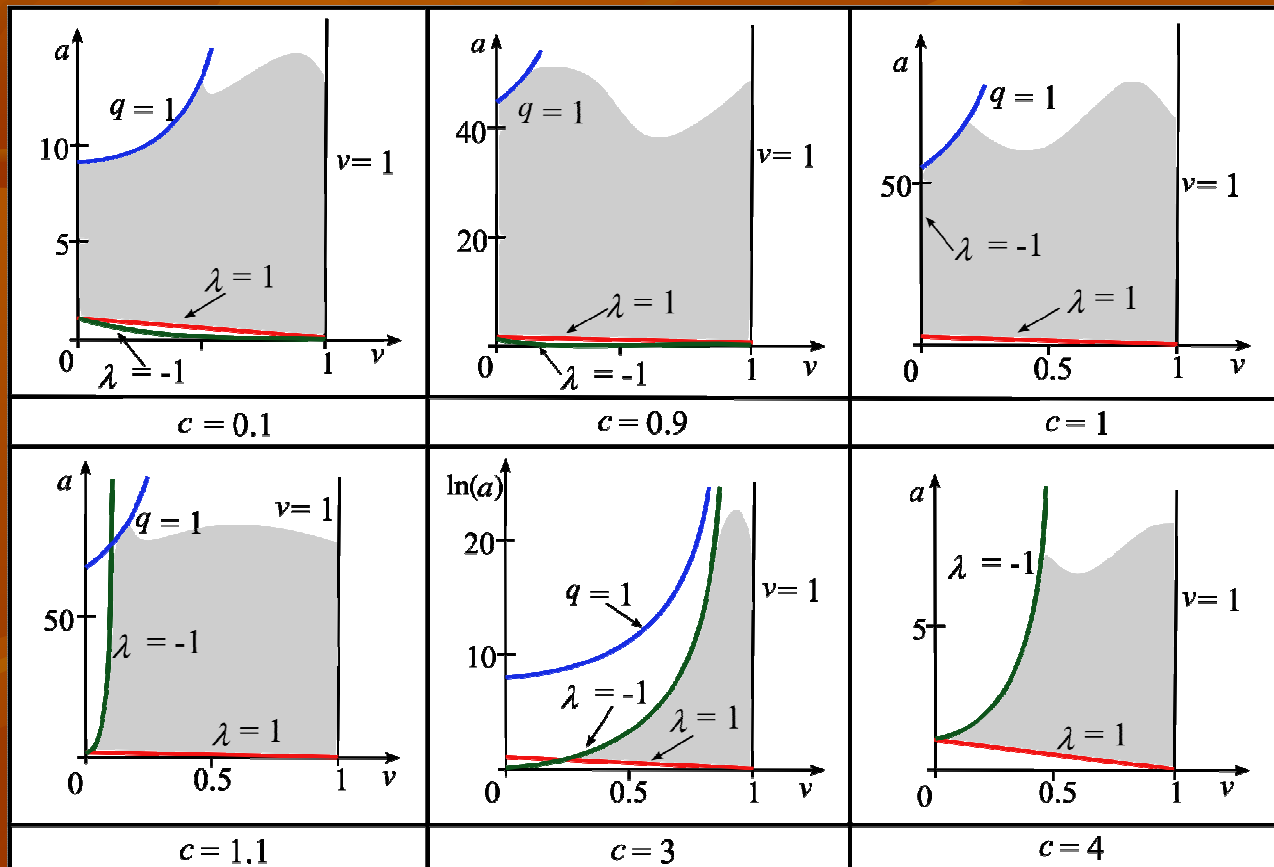
Падение рождаемости с ростом численности взрослых особей оказывается эффективным механизмом регуляции роста численности, но при росте репродуктивных возможностей особей может привести к возникновению колебаний численности, имеющих весьма сложную временную организацию.



Бифуркационная диаграмма дополнена фазовыми портретами, соответствующими конкретным значениям параметра $r = as$

Результаты исследования модели (1)

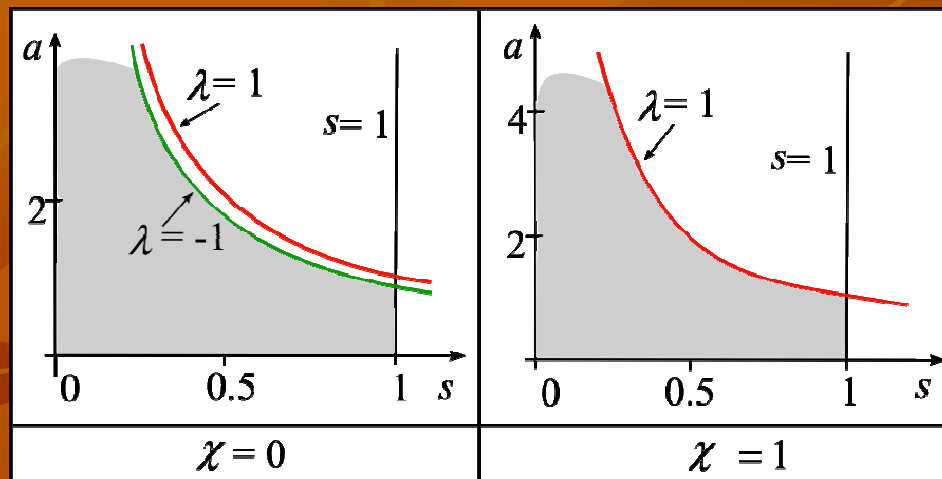
Падение выживаемости молодежи с увеличением ее численности при увеличении потенциальных репродуктивных возможностей особей может привести к возникновению колебаний численности, имеющих весьма сложную временную организацию.



Добавление к самолимитированию выживаемости младшей возрастной группы небольшого лимитирования взрослыми особями (уменьшение выживаемости младшей группы с ростом численности взрослых) увеличивает область параметрической устойчивости популяции .

Область устойчивости нетривиального решения модели (1) при плотностном лимитировании выживаемости молодежи, $c = \alpha/(\beta s)$

Результаты исследования модели (1)

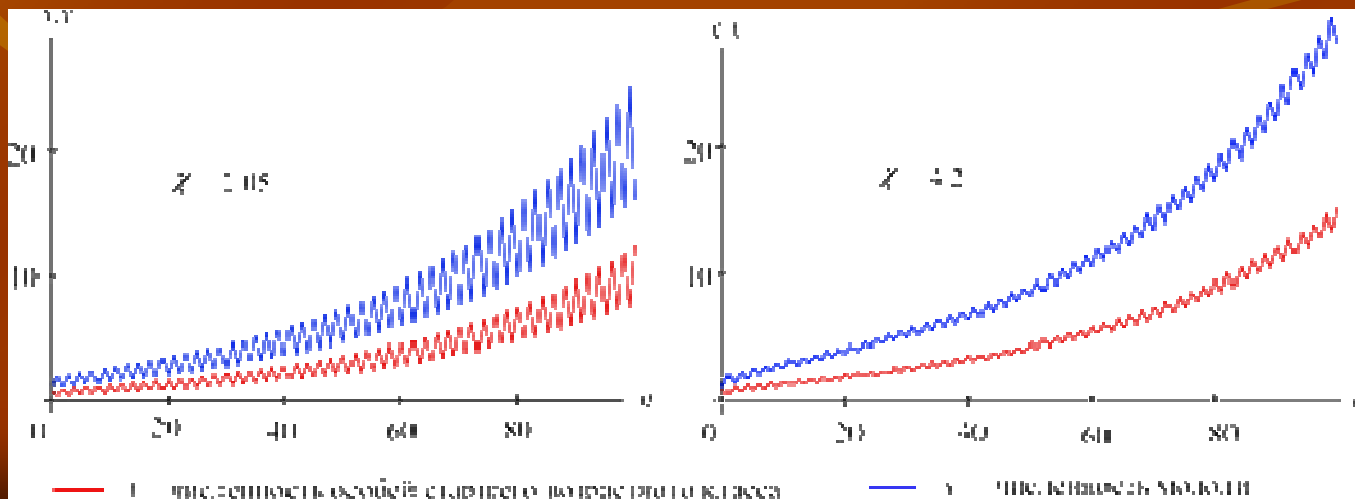


Уменьшение выживаемости половозрелых особей, происходящее с ростом плотности населения популяции не может служить эффективным механизмом сдерживания популяционного роста.

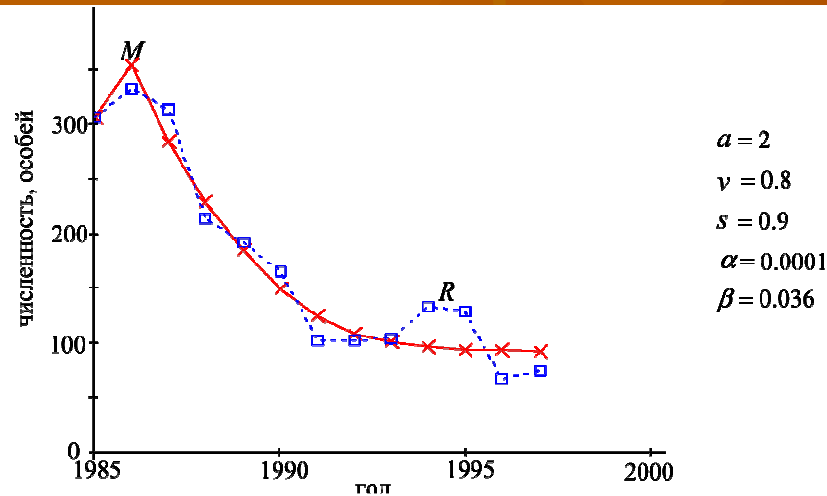
Область устойчивости нетривиального решения модели (1)

при плотностном лимитировании выживаемости старшего класса, $\chi = a\alpha/\beta$

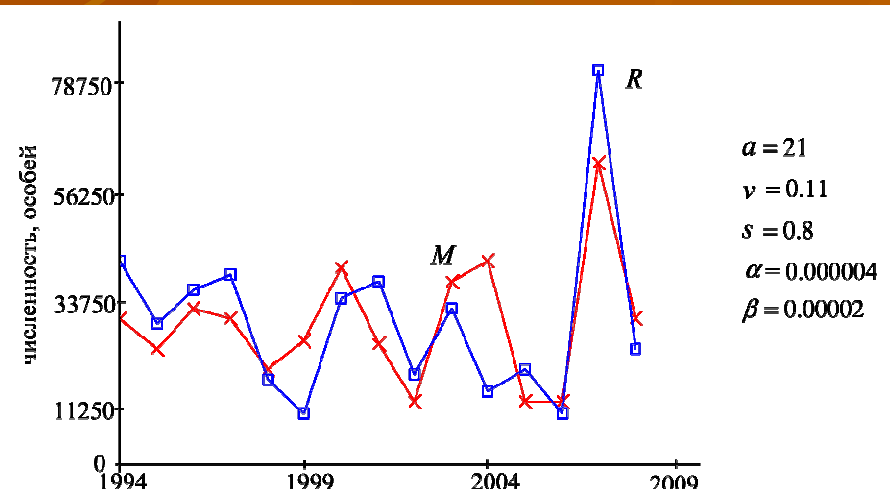
Однако комплексное влияние возрастных классов на выживаемость старших особей способно, по-видимому, существенно ослабить интенсивность и размах популяционных колебаний.



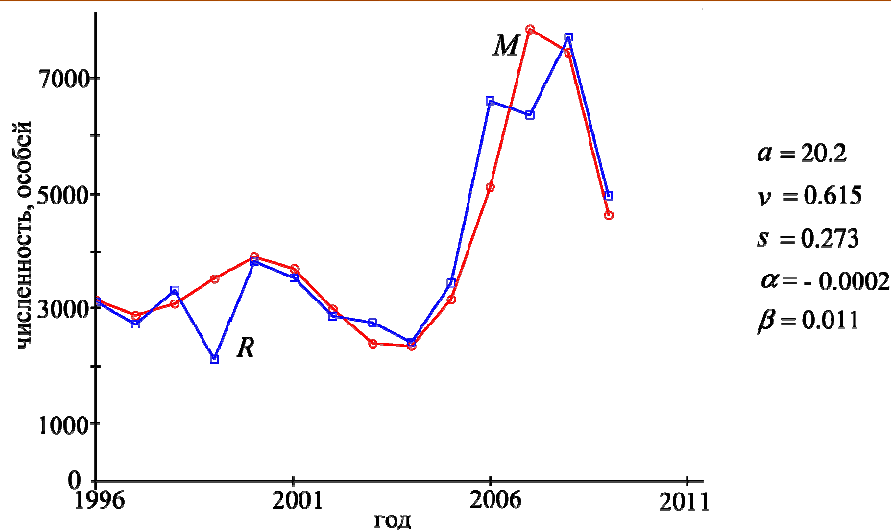
Описание динамики численности популяции с помощью двухвозрастной модели



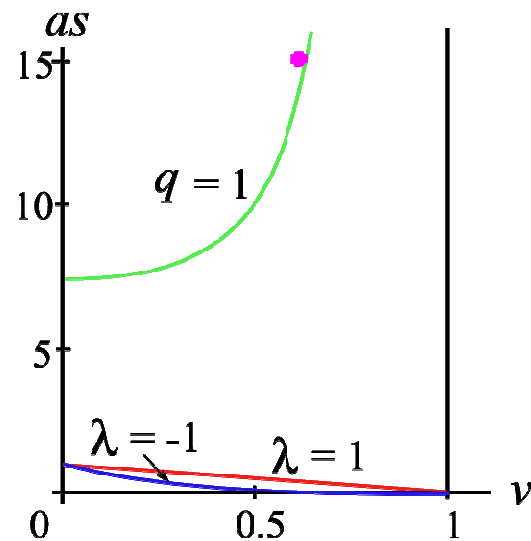
Динамика численности популяции норки
(регуляция выживаемости молодежи)



Динамика численности популяции белки
(регуляция выживаемости молодежи)



Динамика численности популяции зайца
(регуляция рождаемости)



Модель динамики двухвозрастной популяции с учетом интенсивности полового созревания

$$\begin{cases} x_{n+1} = ay_n + dx_n, \\ y_{n+1} = sx_n + vy_n \end{cases}, \quad s + d \leq 1 \quad (2)$$

x - численность младшего возрастного класса,

y - численность старшего возрастного класса,

составляющего репродуктивную часть популяции,

n – номер периода размножения,

a – коэффициент рождаемости,

d – доля молодежи, оставшаяся в неполовозрелом классе,

s – доля молодежи, перешедшая в старший класс,

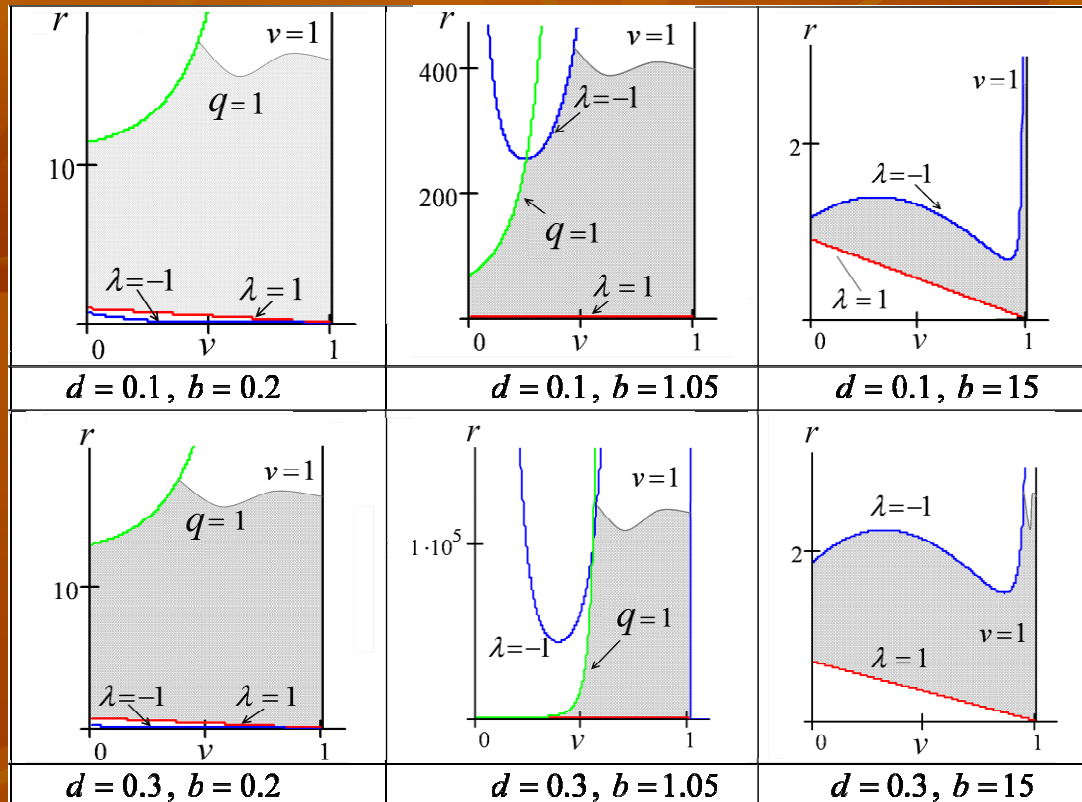
v – коэффициент выживаемости половозрелых особей,

$f(x, y)$ – воздействие плотностно-зависимых факторов и внутривидовой конкуренции:

$$f(x, y) = \exp(-\alpha \cdot x - \beta \cdot y)$$

где α, β - коэффициенты, характеризующие интенсивности воздействия особей младшего и старшего возрастного класса на соответствующий демографический параметр

Результаты исследования модели (2)



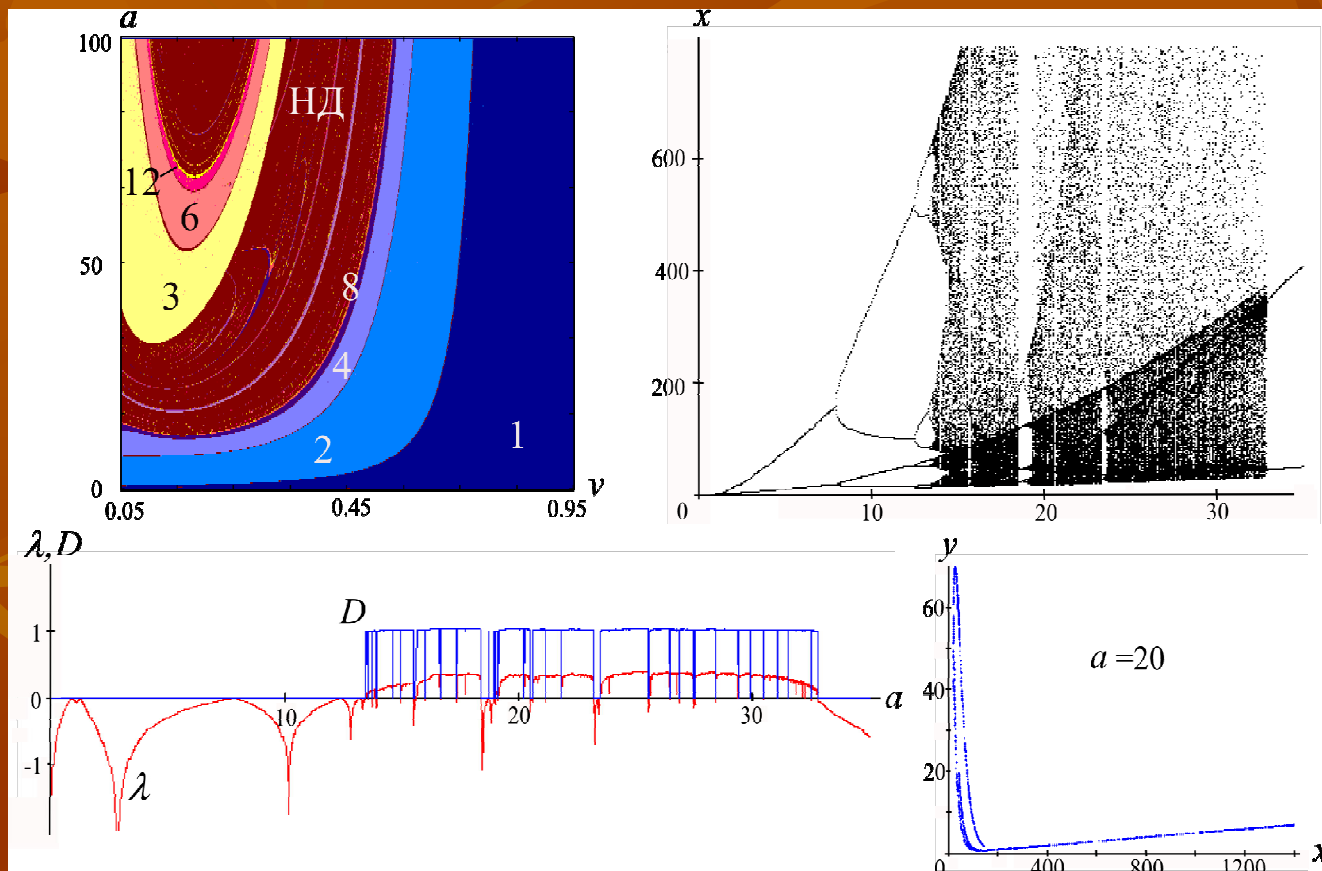
Область устойчивости нетривиального решения модели (2) при плотностном лимитировании рождаемости, $b = \alpha/(s\beta)$

В случаях лимитирования рождаемости и выживаемости молоди рост доли особей, которые достигают половозрелого возраста с задержкой, приводит к расширению области значений параметров рождаемости и выживаемости репродуктивной группы, при которых популяция развивается стабильно.

Увеличение длительности периода в течение которого молодь достигает половозрелости приводит к сужению параметрической области в которой потеря устойчивости возможна по двум сценариям.

Результаты исследования модели (2)

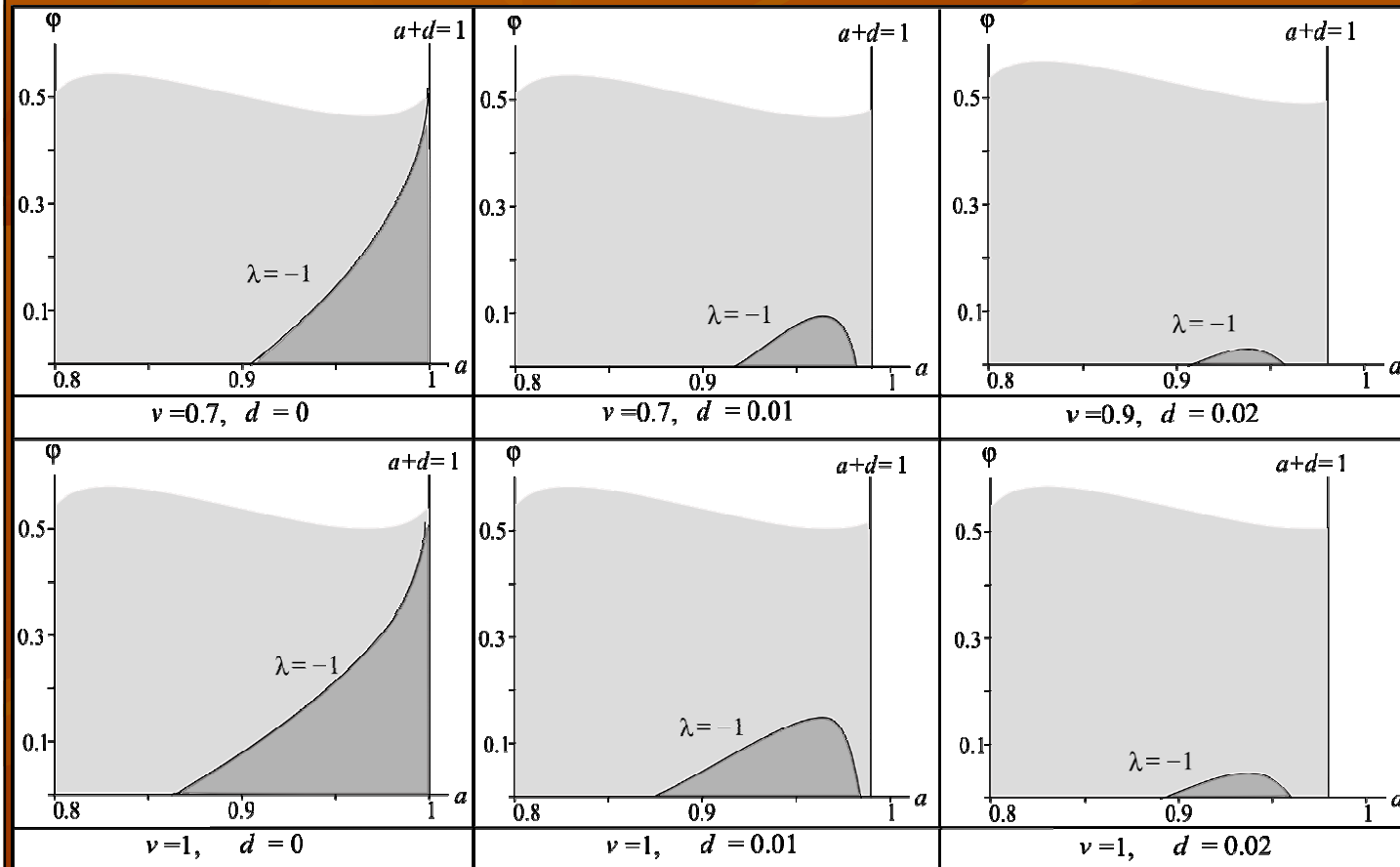
Падение выживаемости приплода при увеличении потенциальных репродуктивных возможностей особей может привести к возникновению колебаний численности, имеющих весьма сложную временную организацию.



Бифуркационная диаграмма и графики старшего ляпуновского показателя и размерности аттрактора в зависимости от значения параметра a
 $v = 0.1$ $d = 0.05$

Результаты исследования модели (2)

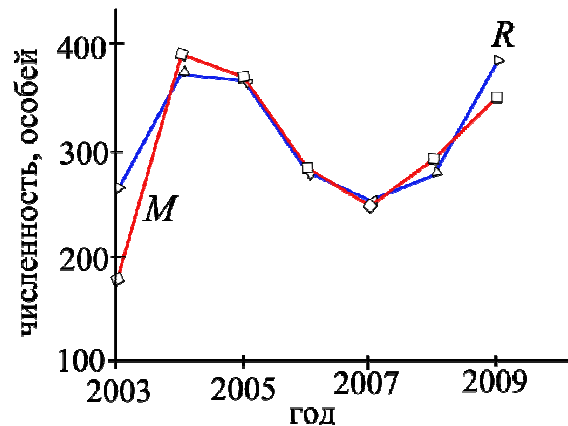
Весомая роль самолимитирования старшего возрастного класса в регуляции численности популяции приводит к возникновению двухгодичных колебаний. Однако увеличение регуляторной роли младшего класса стабилизирует численность.



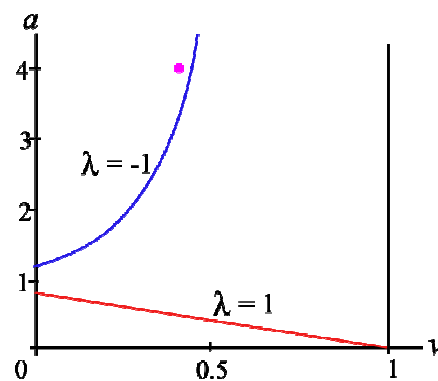
Особенностью регуляции лимитированием старшего возраста с учетом конкурентного взаимодействия между особями разных классов является то, что рост репродуктивного потенциала способен стабилизировать возникающие колебания

Область устойчивости нетривиального решения модели (2) (светло-серая область) при плотностном лимитировании выживаемости старшего класса, $\phi = \alpha / (s\beta)$

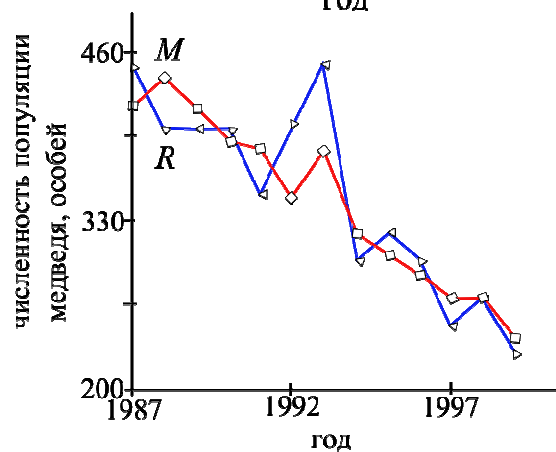
Описание динамики численности популяций с помощью двухвозрастной модели с учетом интенсивности полового созревания



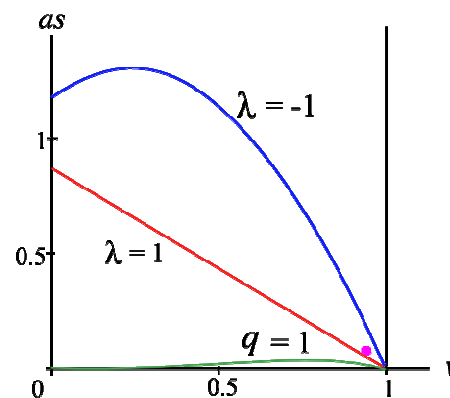
$a = 4$
 $d = 0.21$
 $s = 0.63$
 $v = 0.41$
 $\alpha = 0.0001$
 $\beta = 0.01$



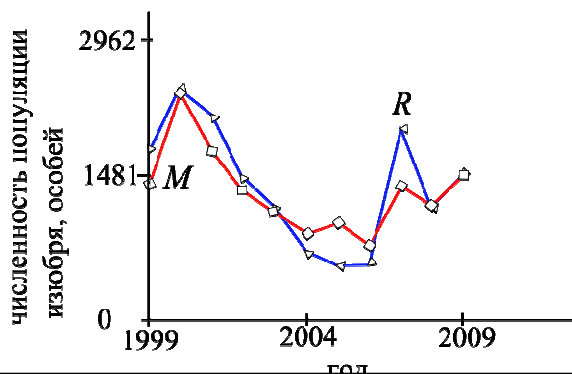
Динамика численности популяции кабана (лимитирование выживаемости молодежи)



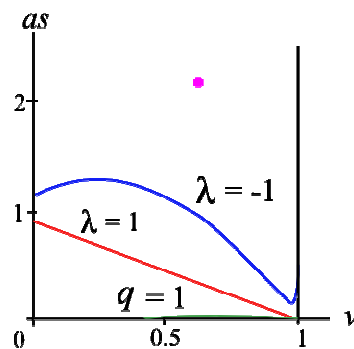
$a = 0.6$
 $d = 0.13$
 $s = 0.131$
 $v = 0.94$
 $\alpha = 0.47$
 $\beta = 0.00005$



Динамика численности популяции медведя (лимитирование рождаемости)



$a = 2.5$
 $d = 0.102$
 $s = 0.86$
 $v = 0.63$
 $\alpha = 0.012$
 $\beta = 0.00017$



Динамика численности популяции изюбря (лимитирование рождаемости)

Выводы

- Для популяций, новорожденные особи в которых достигают половозрелости к следующему сезону размножения, показано, что наиболее эффективными механизмами регуляции роста численности являются: уменьшение рождаемости с ростом числа взрослых особей и падение выживаемости приплода с увеличением его численности. Комплексное влияние возрастных классов на выживаемость старших возрастов способно, существенно ослабить интенсивность и размах популяционных колебаний.
- Показано, что увеличение периода времени в течение, которого особи достигают половой зрелости, существенно расширяет зону значений демографических параметров при которых популяция развивается стабильно.
- Проведена апробация теоретических моделей на основе данных о численности природных популяций.