



МОДЕЛЬ ГЛОБАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ФОРРЕСТЕРА

Базовые переменные модели Форрестера

Основные

- P – население
- V – «капитал»
- S – доля капитала в сельском хозяйстве
- R – ресурсы
- Z – загрязнения

Вспомогательные

- M – материальный уровень жизни
- F – уровень питания
- Q – качество жизни

Начальные данные

$$t_{00} = 1900 \text{ год}$$

$$P_{00} = 1,6 \cdot 10^9 \text{ (чел.)}$$

$$V_{00} = 0,4 \cdot 10^9 \text{ (ед.)}$$

$$S_{00} = 0,2$$

$$R_{00} = 90 \cdot 10^9 \text{ (ед.)}$$

$$Z_{00} = 0,2 \cdot 10^9 \text{ (ед.)}$$

$$t_0 = 1900 \text{ год}$$

$$P_0 = 3,6 \cdot 10^9 \text{ (чел.)}$$

$$V_0 = 3,6 \cdot 10^9 \text{ (ед.)}$$

$$S_0 = 0,3$$

$$R_0 = 74 \cdot 10^9 \text{ (ед.)}$$

$$Z_0 = 3,6 \cdot 10^9 \text{ (ед.)}$$

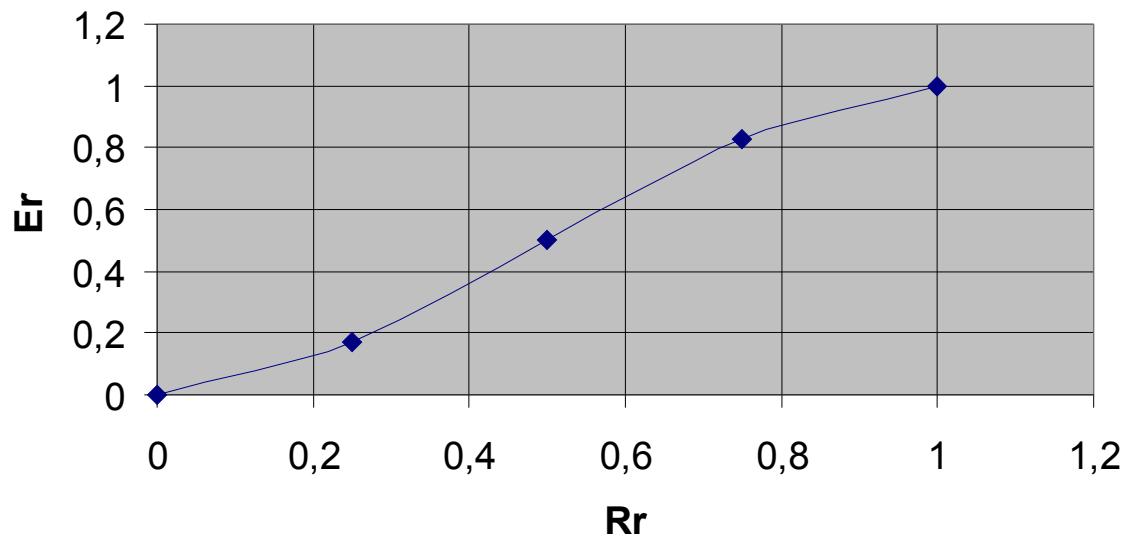
Относительные (удельные) значения переменных

$$P_R = \frac{P}{P_0} \quad V_R = \frac{V}{P} \quad S_R = V_R \frac{S}{S_0}$$

$$Z_R = \frac{Z}{P} \quad R_R = \frac{R}{R_{00}}$$

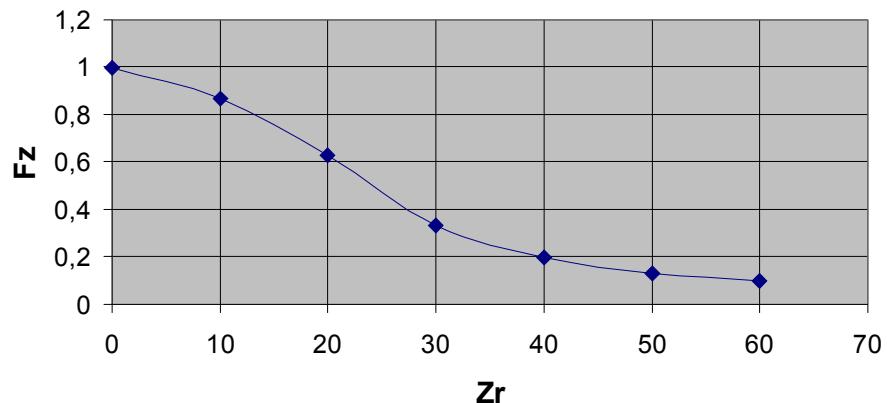
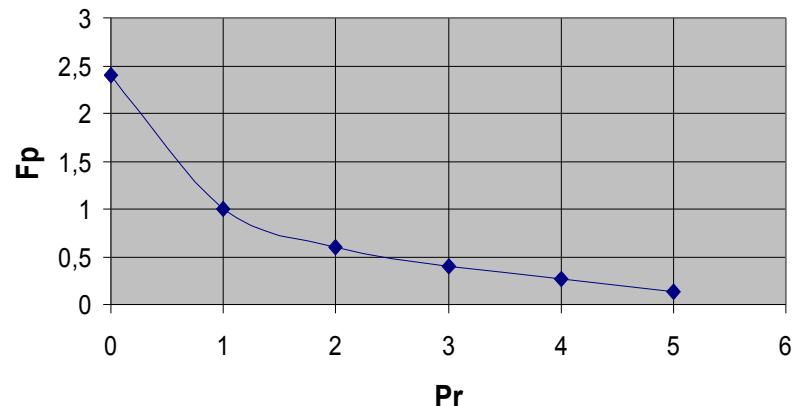
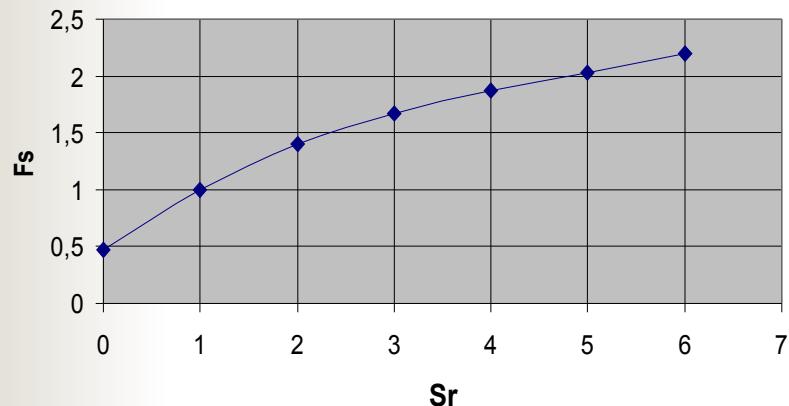
Материальный уровень жизни

$$M_S = V_R \frac{1 - S}{1 - S_0} \frac{E_R}{E_R^0}$$



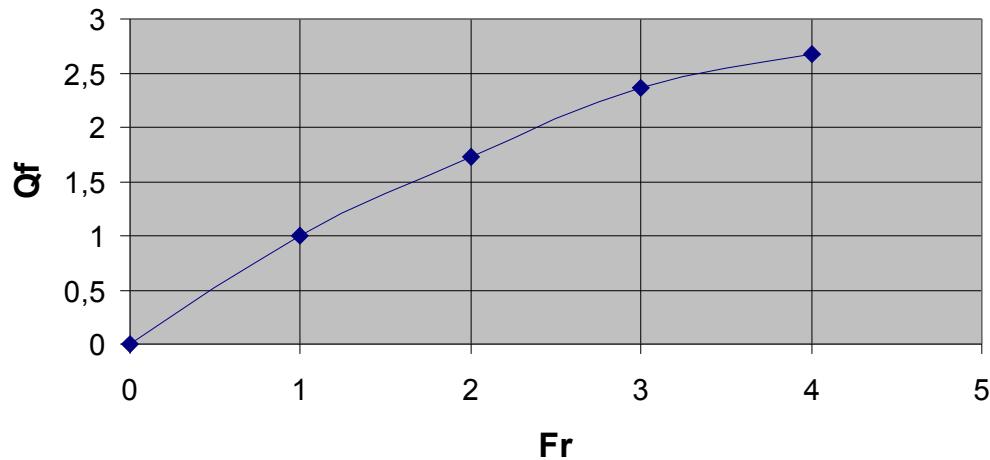
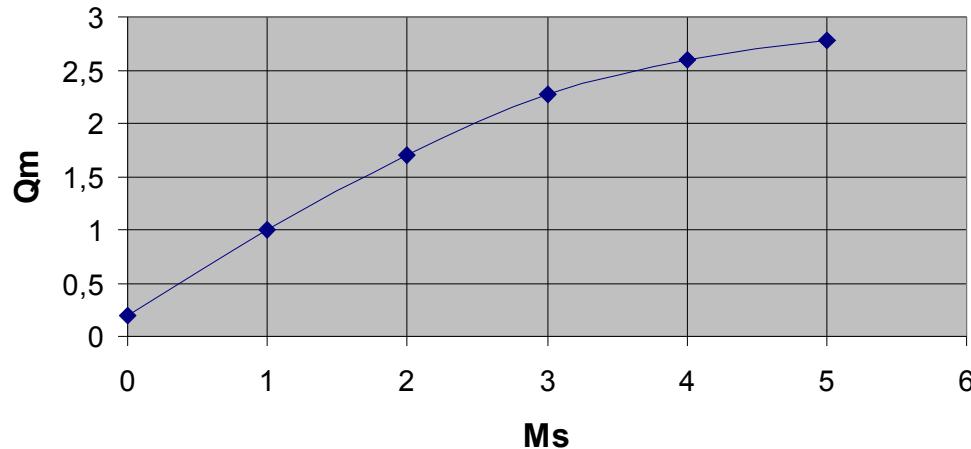
уровень питания

$$F_R = F_S F_P F_Z$$



Качество жизни

$$Q = Q_M Q_F Q_P Q_Z$$



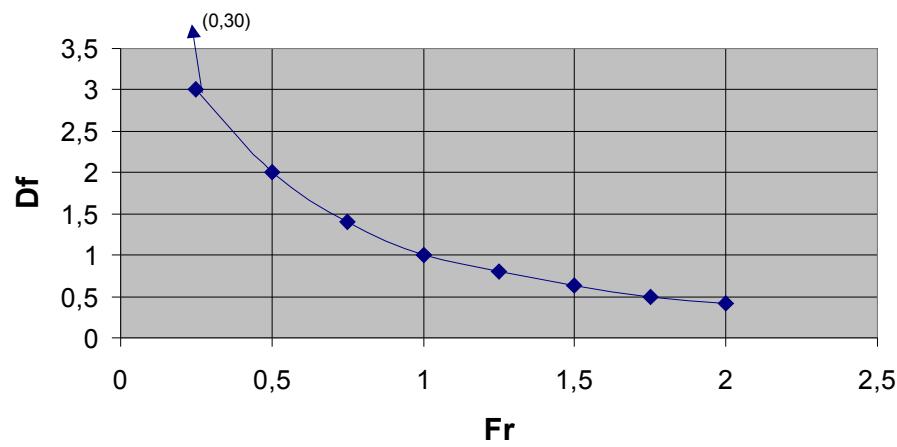
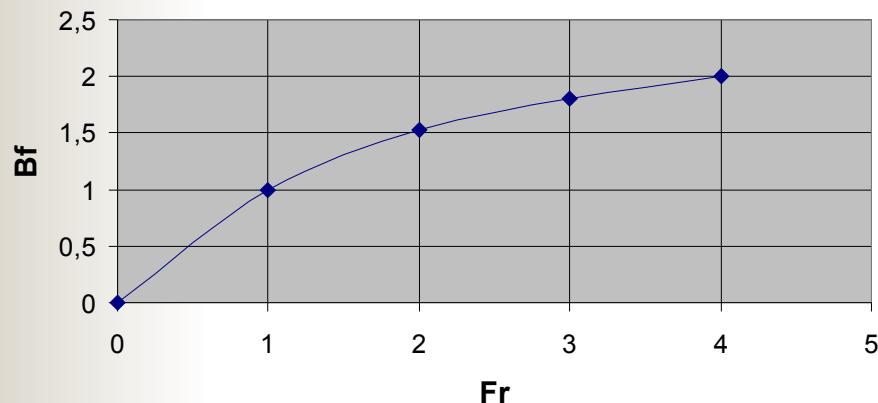
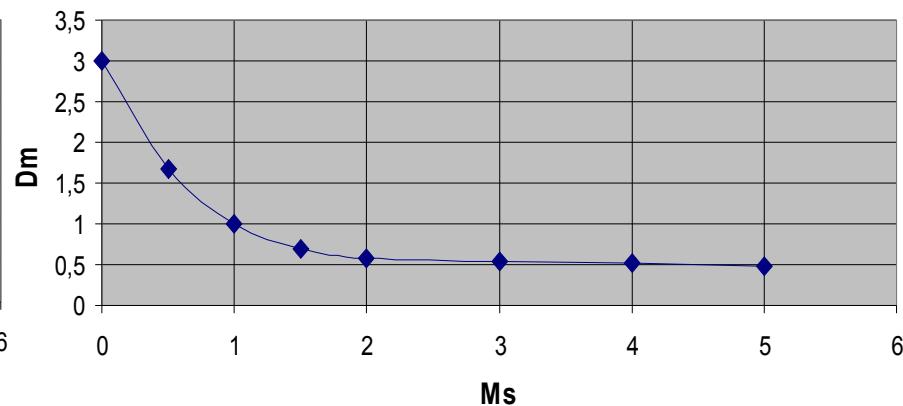
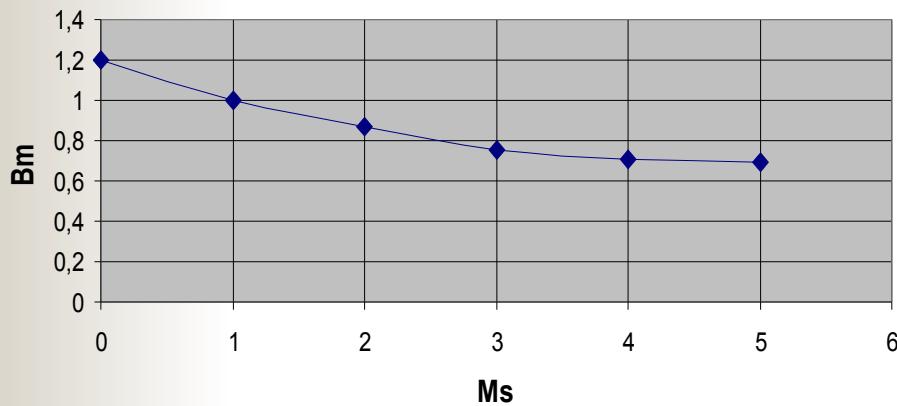
Динамика населения

$$\dot{P} = B - D$$

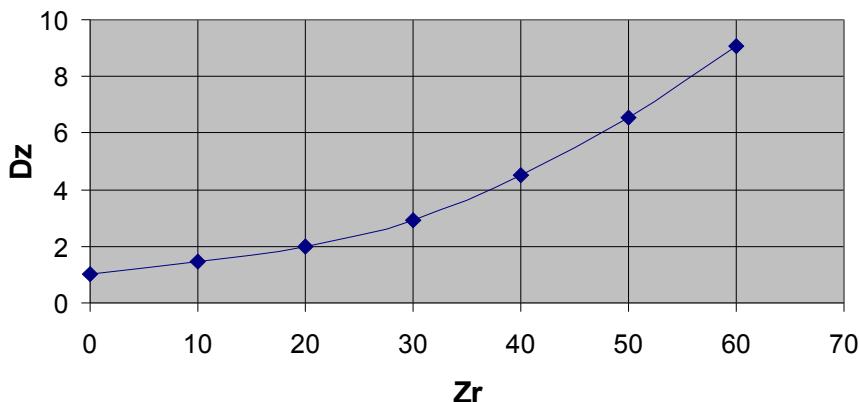
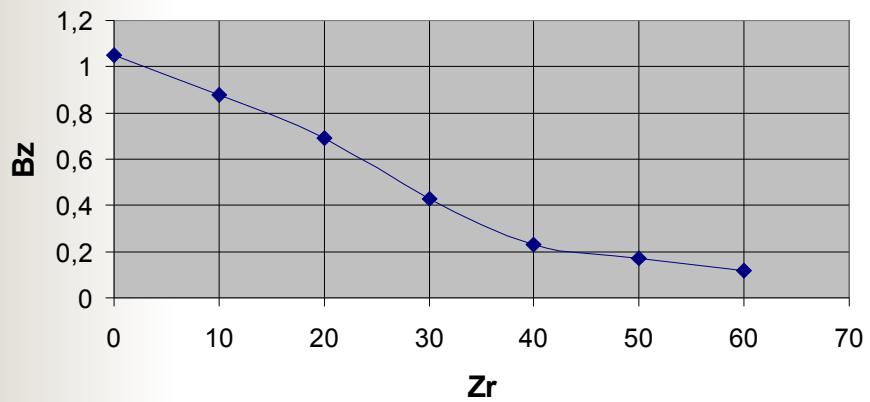
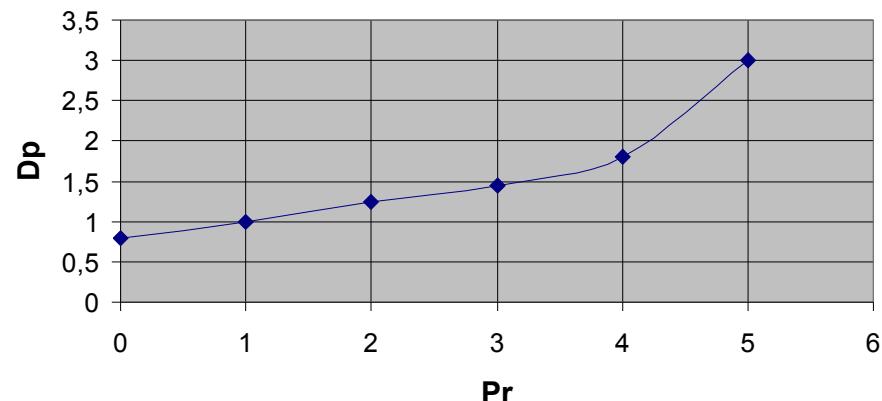
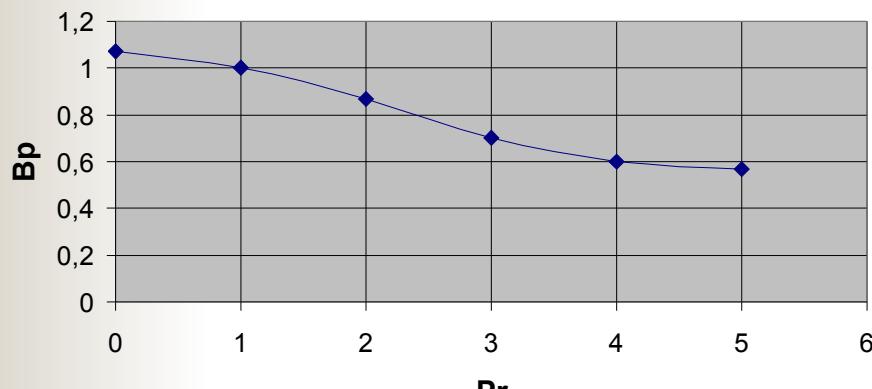
$$B = \mathcal{C}_B B_M B_F B_P B_Z$$

$$D = \mathcal{C}_D D_M D_F D_P D_Z$$

Зависимости рождаемости и смертности от Ms и Fr

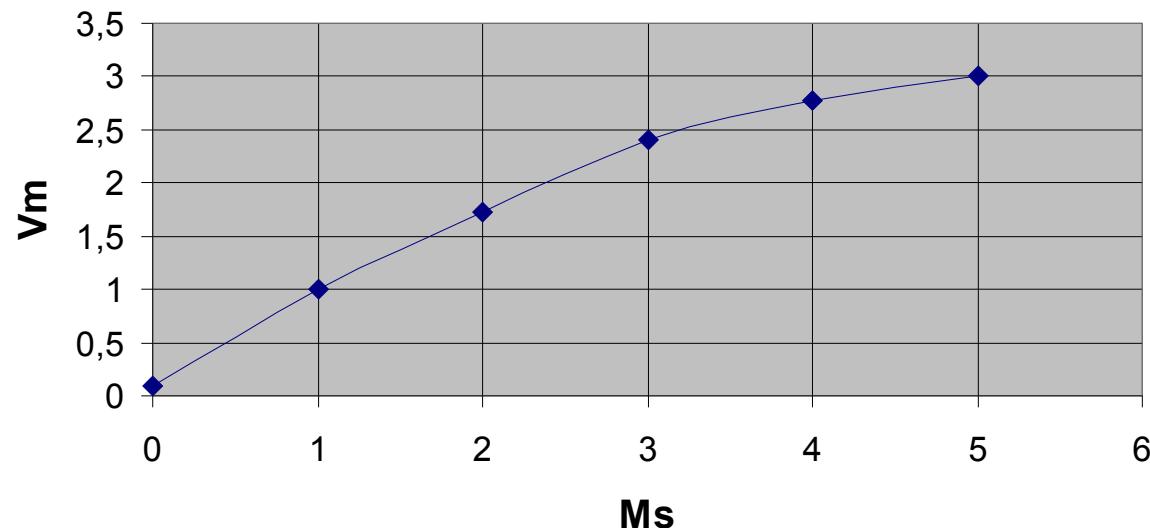


Зависимости рождаемости и смертности от Pr и Zr



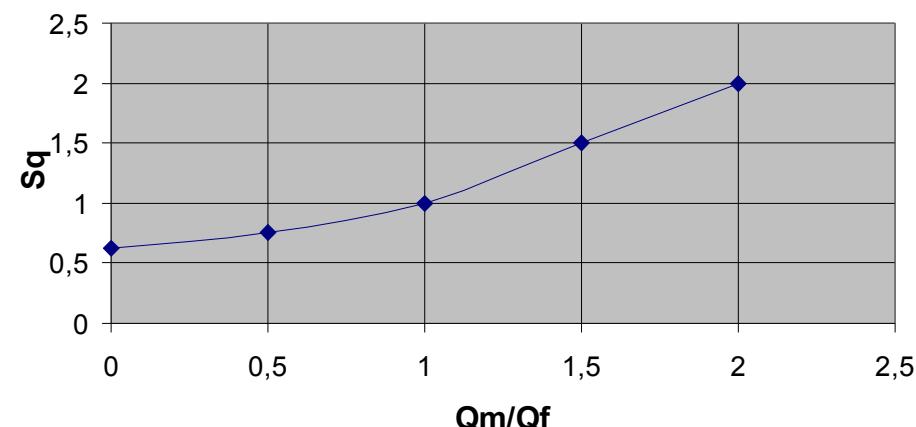
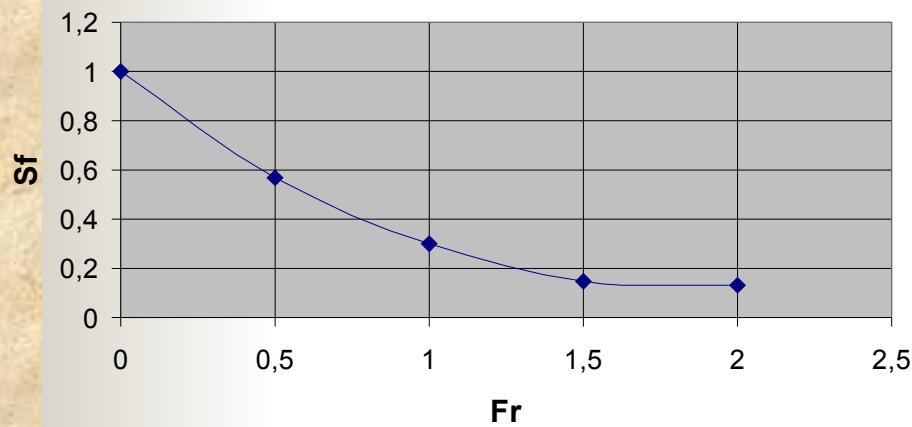
Динамика капитала

$$\dot{V} = PC_V V_M - V / T_V$$



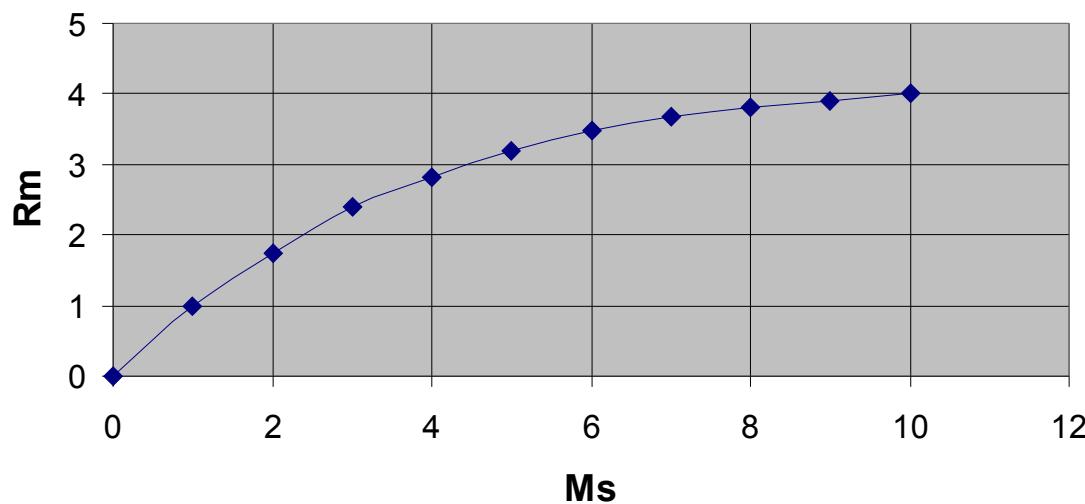
Динамика доли сельскохозяйственного капитала

$$\dot{S} = S_F S_Q / T_S - S / T_S$$



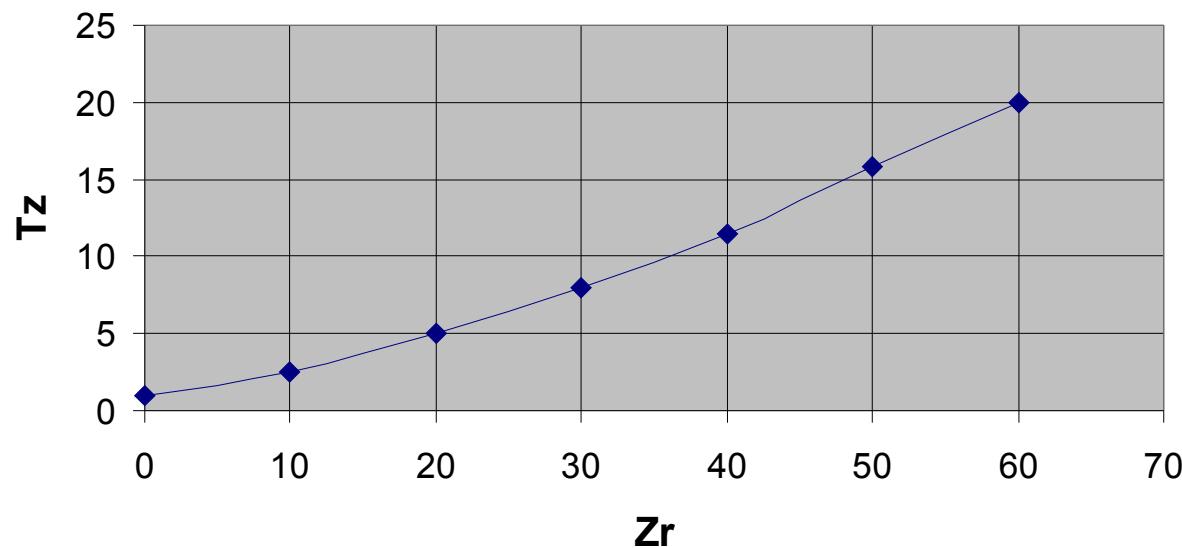
Динамика ресурсов

$$\dot{R} = -P R_M$$



Динамика загрязнения

$$\dot{Z} = PZ_V - Z/T_Z$$



Уравнения мировой динамики

$$\dot{P} = \mathcal{E}_B B_M B_F B_P B_Z - \mathcal{E}_D D_M D_F D_P D_Z$$

$$\dot{V} = \mathcal{E}_V V_M - V / T_V$$

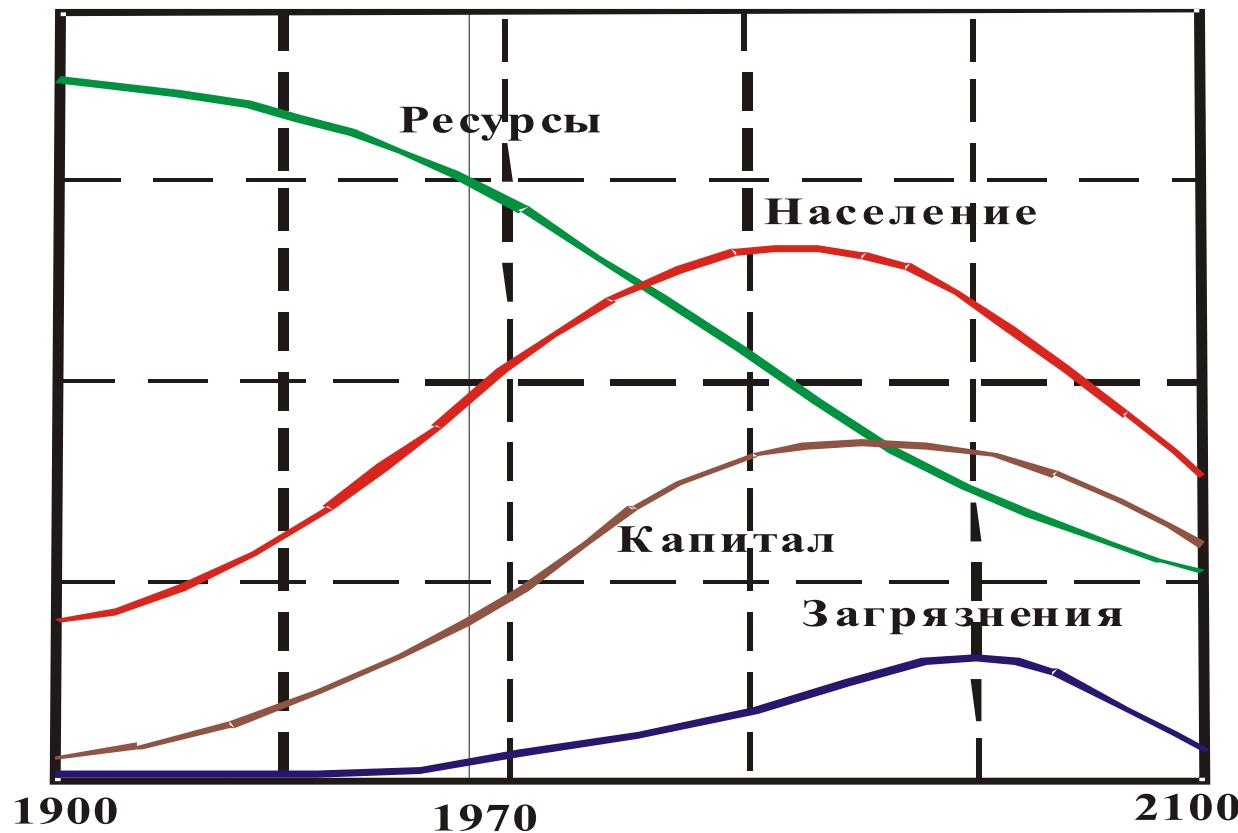
$$\dot{S} = (S_F S_Q - S) / T_S$$

$$\dot{R} = -\mathcal{R}_M$$

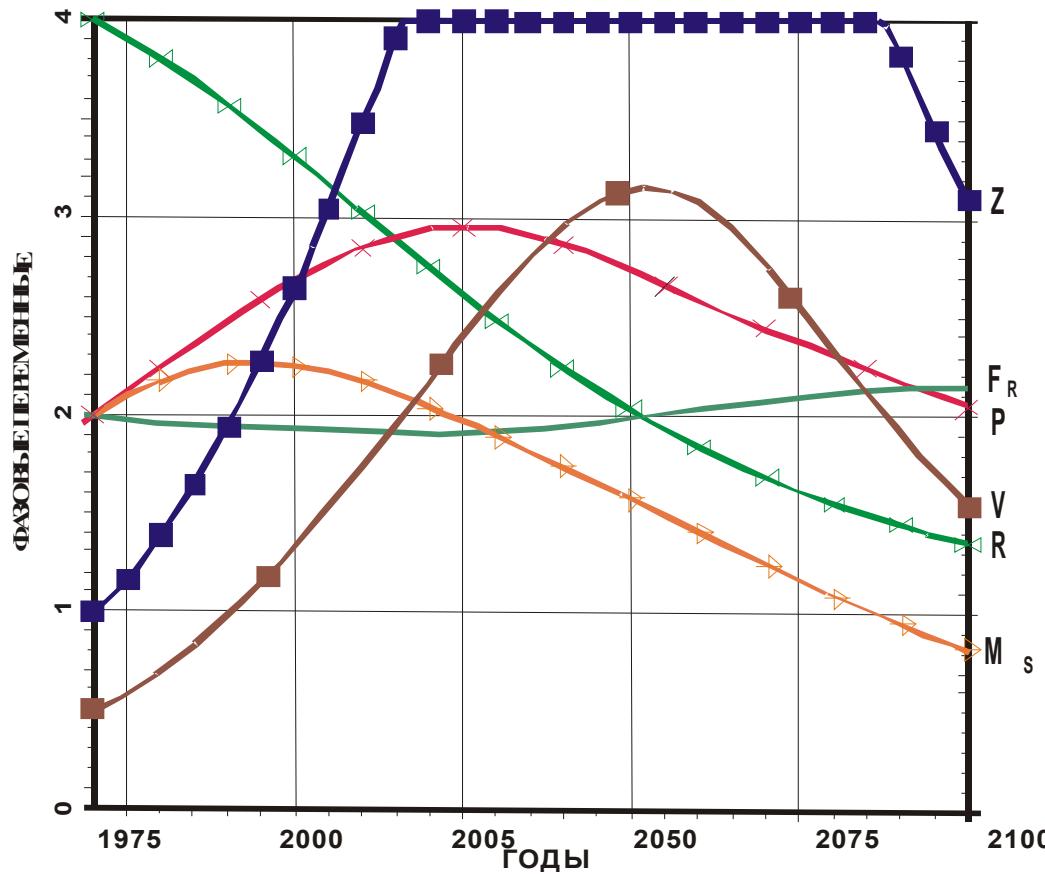
$$\dot{Z} = \mathcal{E}_V - Z / T_Z$$

$$M_S = V_R \frac{1 - S}{1 - S_0} \frac{E_R}{E_R^0} \quad F_R = F_S F_P F_Z$$

Прогноз по модели Форрестера



Прогноз по модели Форрестера



Управление мировой динамикой

$$\dot{P} = P(C_B B_M B_F B_P B_Z - C_D D_M D_F D_P D_Z)$$

$$\dot{V} = \mathcal{R}_V V_M - V / T_V$$

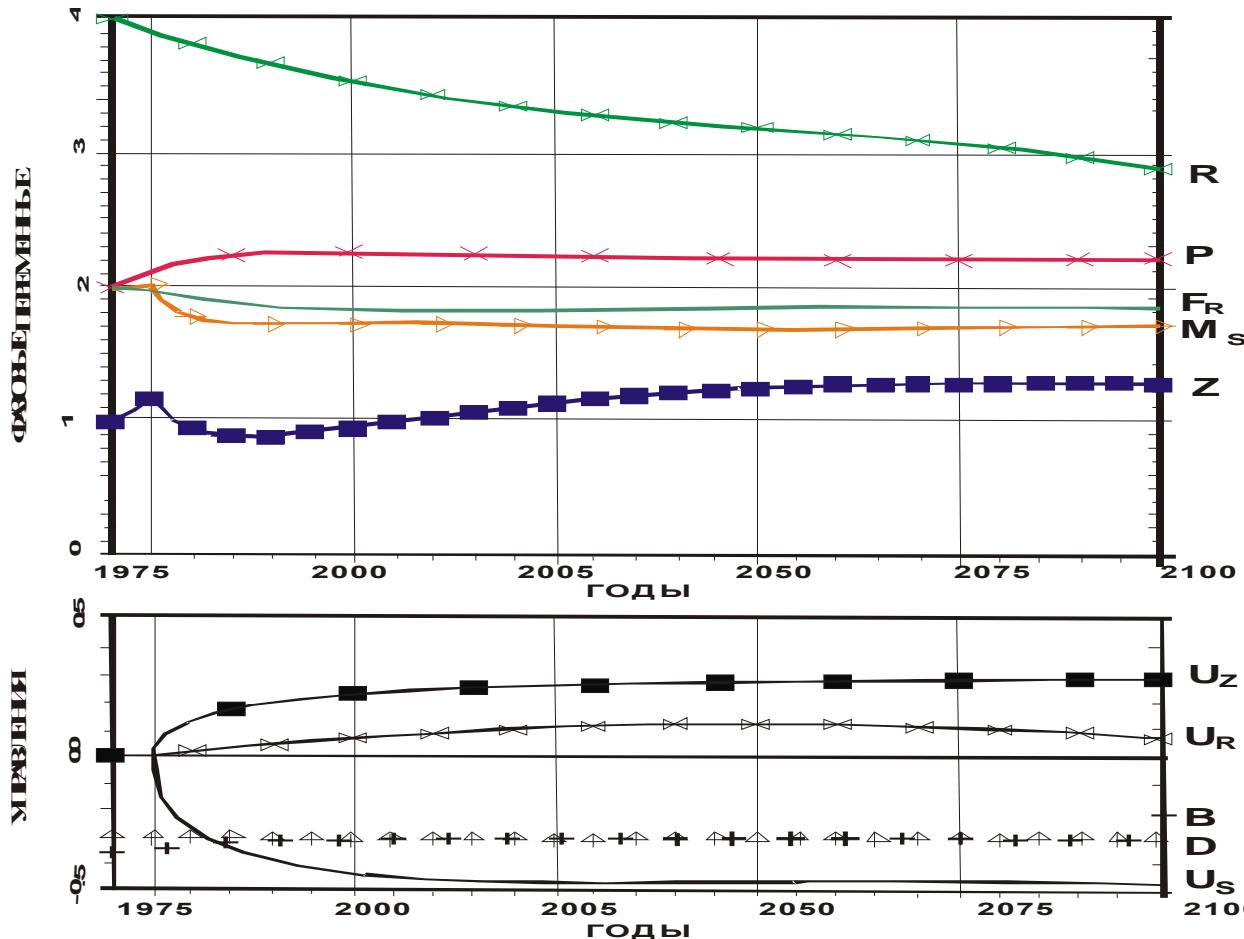
$$\dot{S} = [1 + u_s) S_F S_Q - S] / T_S$$

$$\dot{R} = -\mathcal{R}_M + u_R V / C_R$$

$$\dot{Z} = \mathcal{E}_V - Z / T_Z - u_Z V / C_Z$$

$$M_S = V_R \frac{1 - S - u_R - u_Z}{1 - S_0} \frac{E_R}{E_R^0}$$

Прогноз с управлением



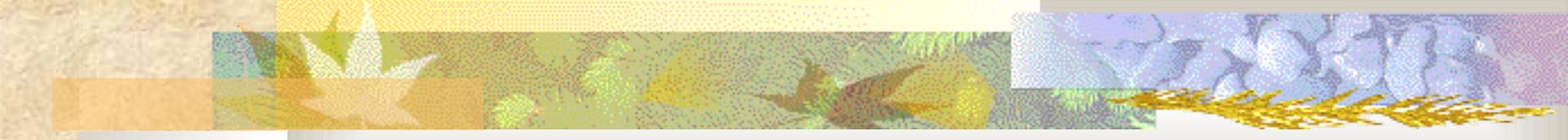
Возможные стационарные значения переменных

$$P_R = 2 \quad V_R = 4 \quad S_R = 0,15$$

$$Z_R = 3 \quad R_R = 0,9$$

$$M_S = 1 \quad F_R = 1$$

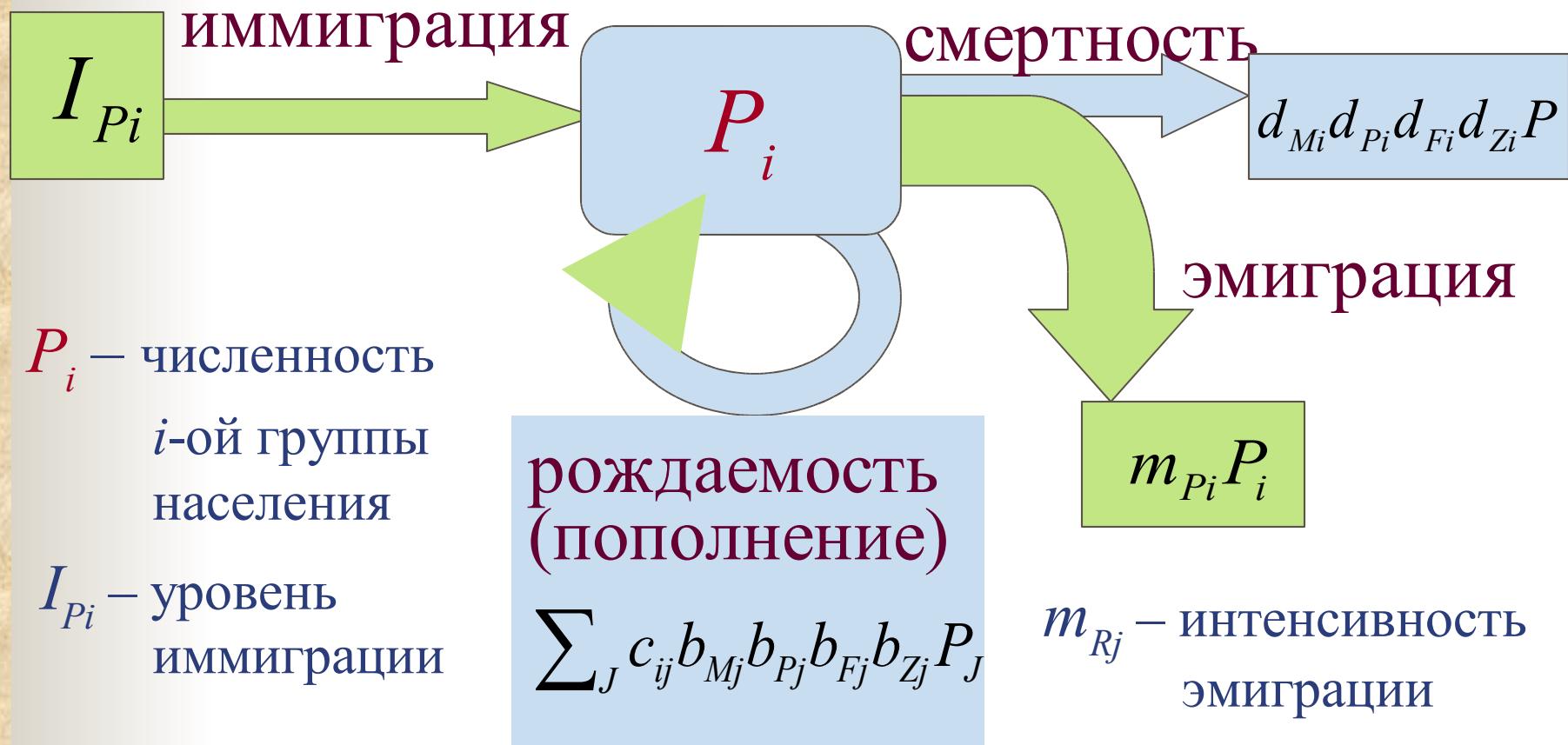
$$u_s = -0,5 \quad u_R = 0,15 \quad u_z = 0,3$$



“Мегаблоки” информационной системы

- **Народонаселение**
- **Экономика региона**
- **Природная среда (невозобновляемые и возобновляемые ресурсы)**
- **Экологический блок (загрязнения)**

Процессы, определяющие динамику населения



Динамика населения

$$\dot{P}_i = \sum_J c_{ij} b_{Mj} b_{Pj} b_{Fj} b_{Zj} P_J$$

пополнение

$$- d_{Mi} d_{Pi} d_{Fi} d_{Zi} P_i$$

смертность

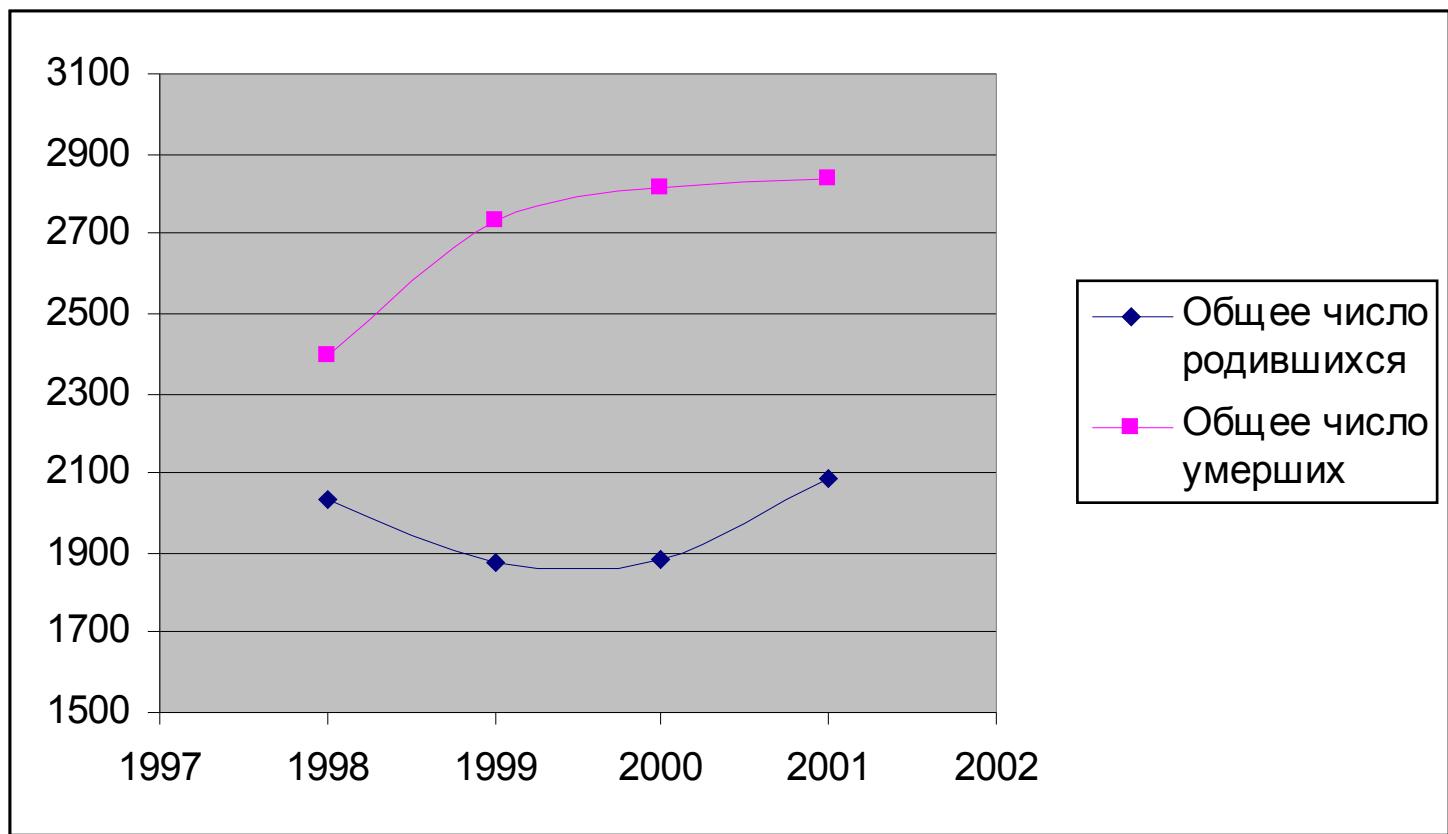
$$- m_{Pi} P_i$$

эмиграция

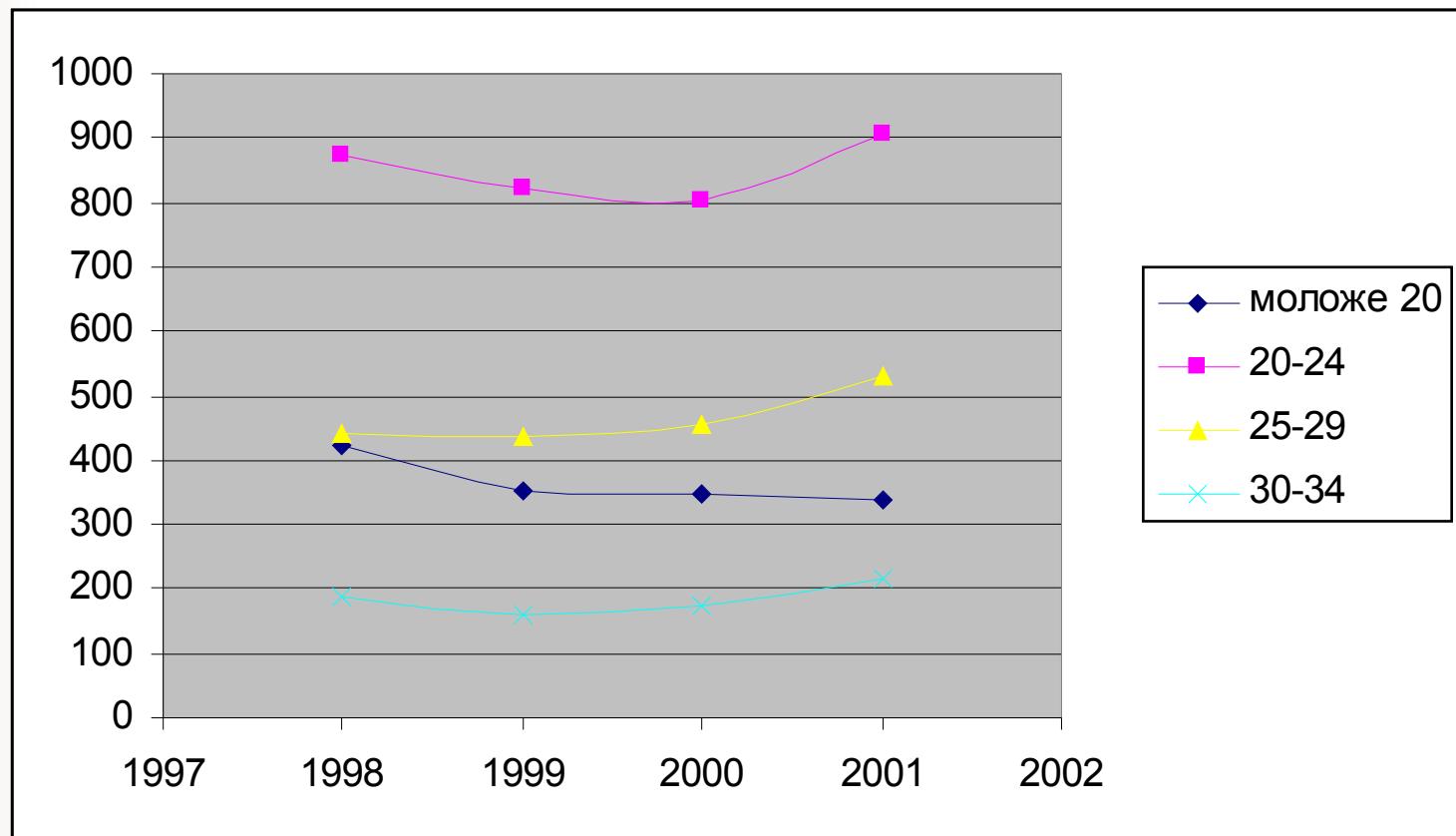
$$+ I_{Pi}$$

иммиграция

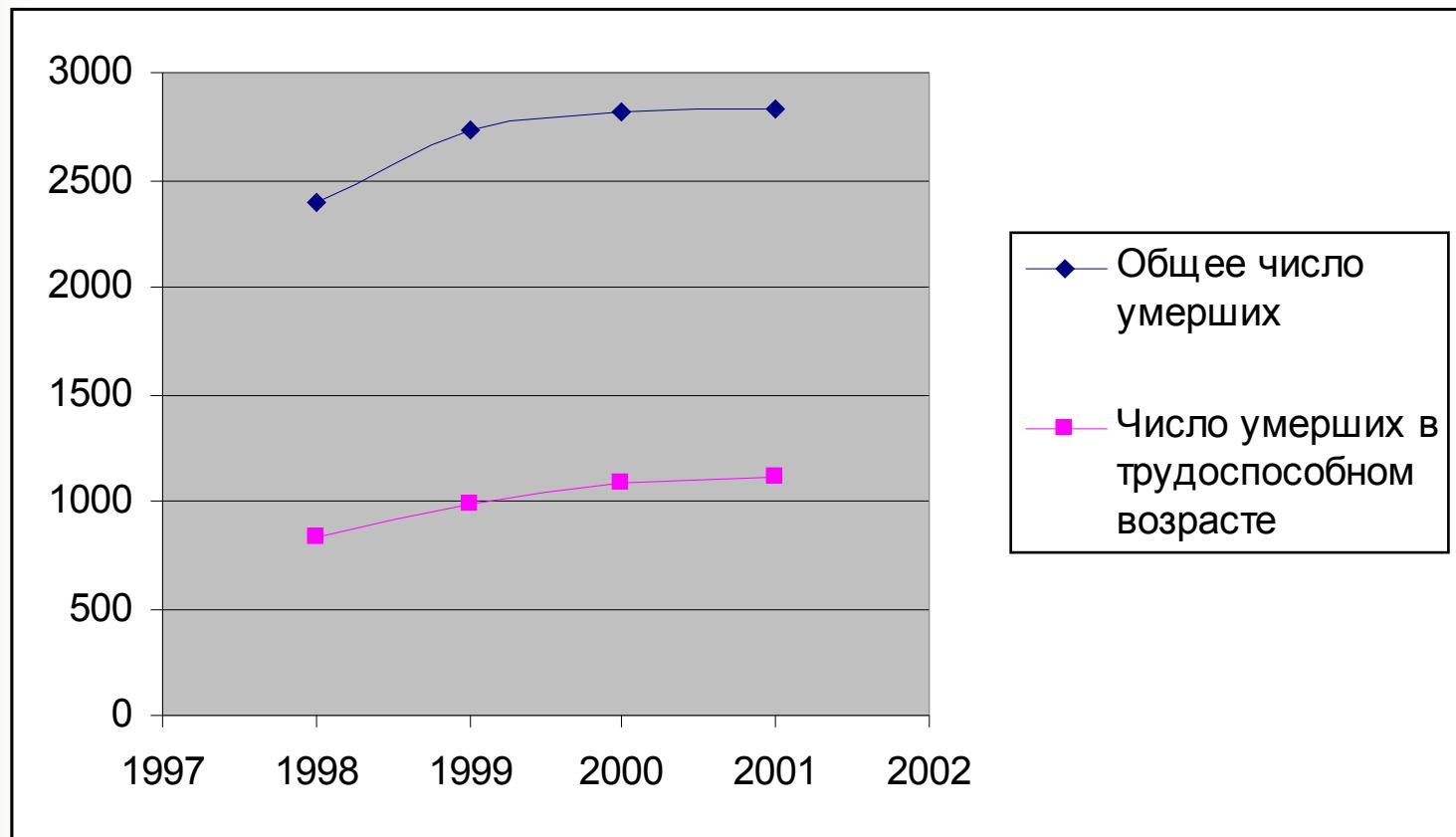
Графики рождаемости и смертности



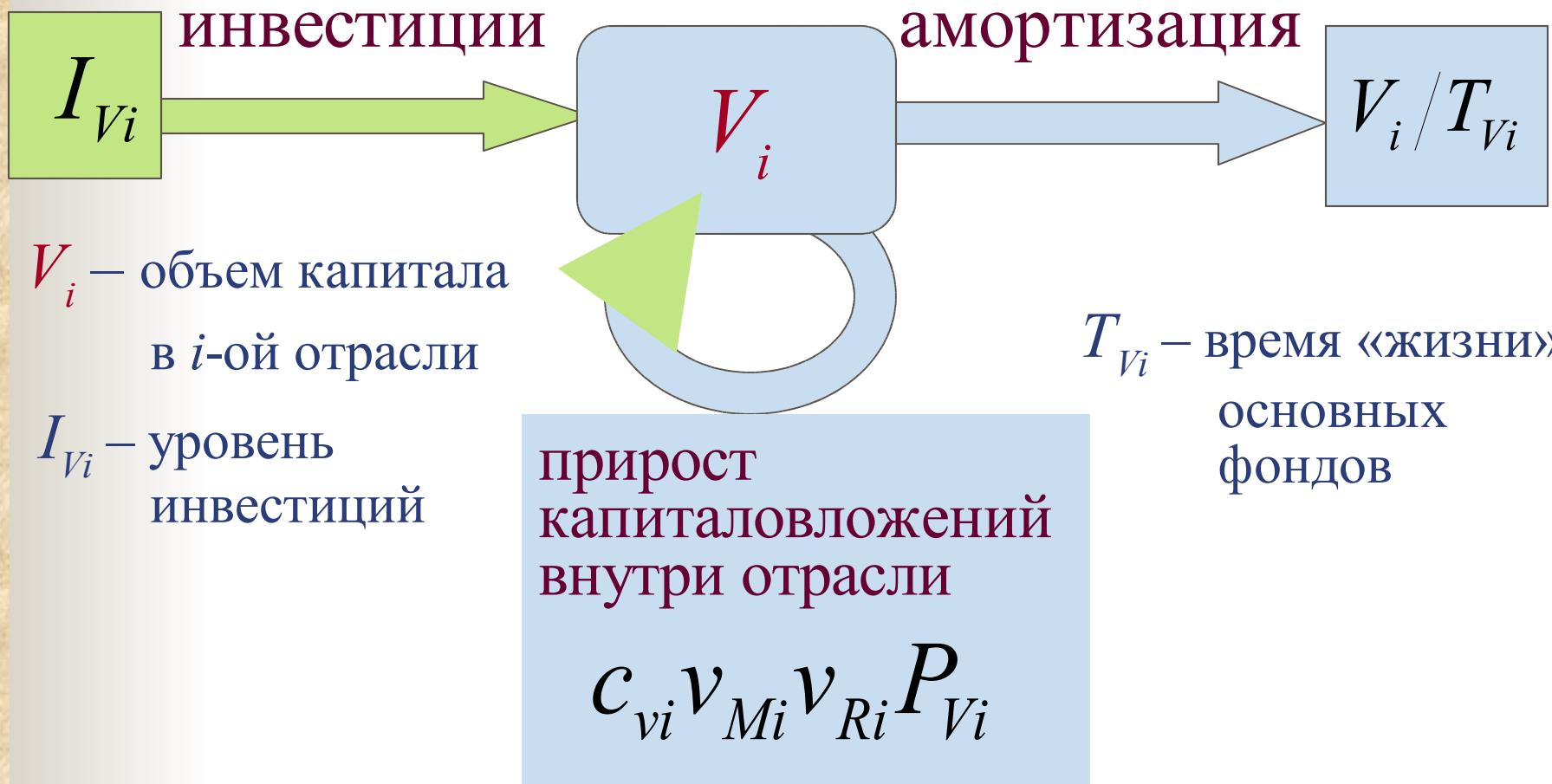
Изменение рождаемости (в зависимости от возраста матери)



Изменение смертности



Процессы, определяющие динамику капитала



Динамика капитала

$$\dot{V}_i = C_{vi} v_{Mi} v_{Ri} P_{Vi}$$

прирост
капиталовложений
внутри отрасли

$$- V_i / T_{Vi}$$

амортизация

$$+ I_{Vi}$$

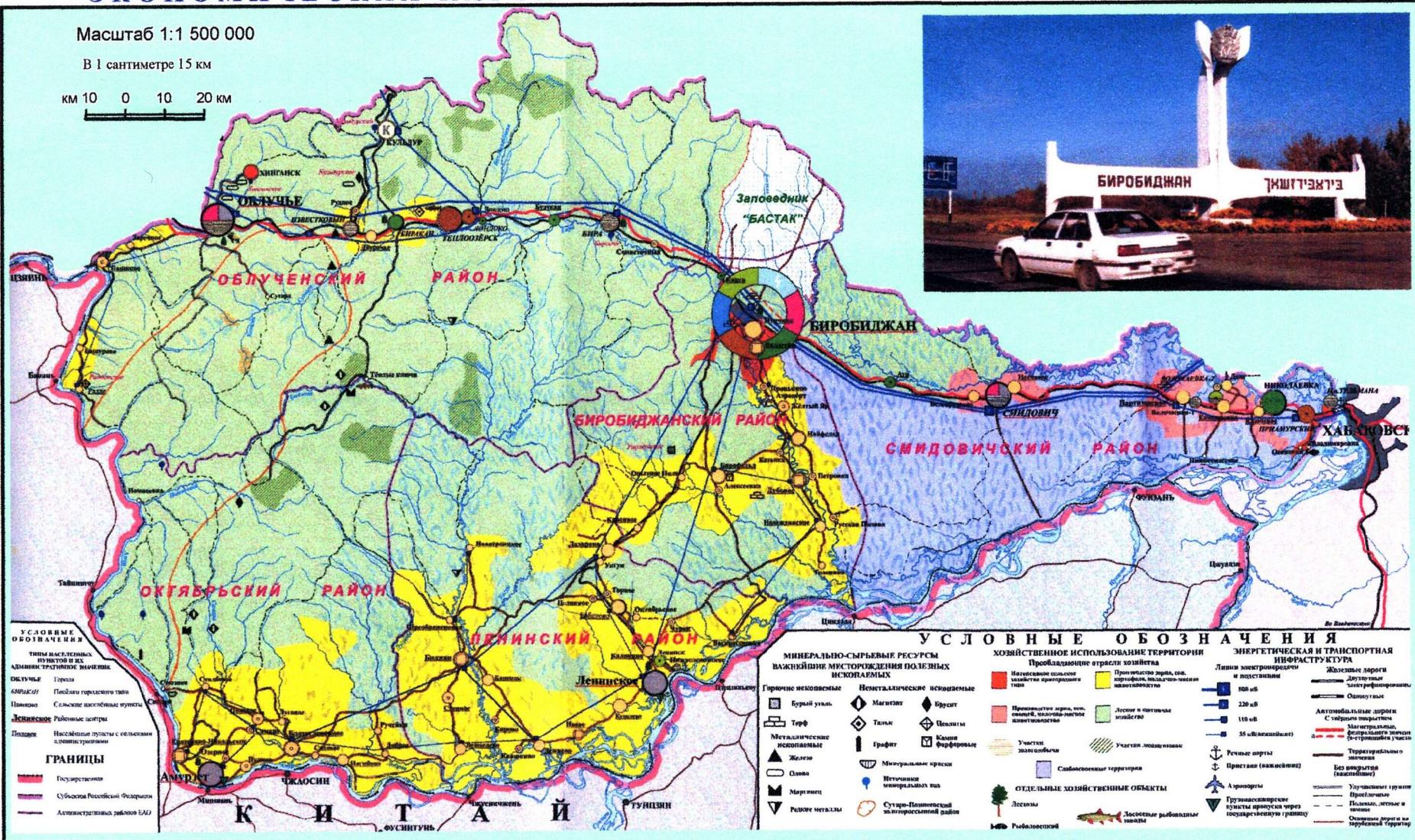
инвестиции

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КАРТА

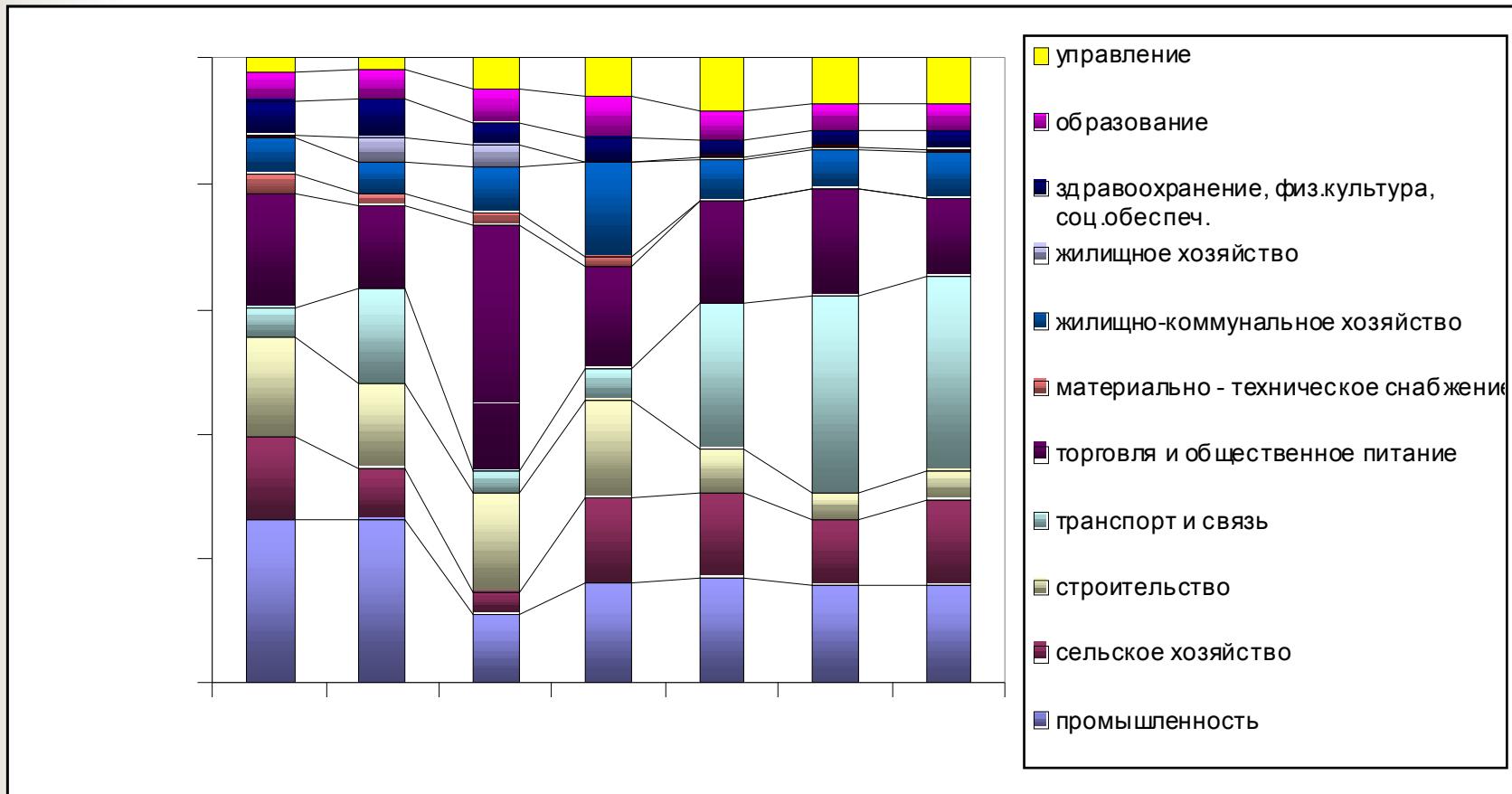
Масштаб 1:1 500 000

В 1 сантиметре 15 км

km 10 0 10 20 km



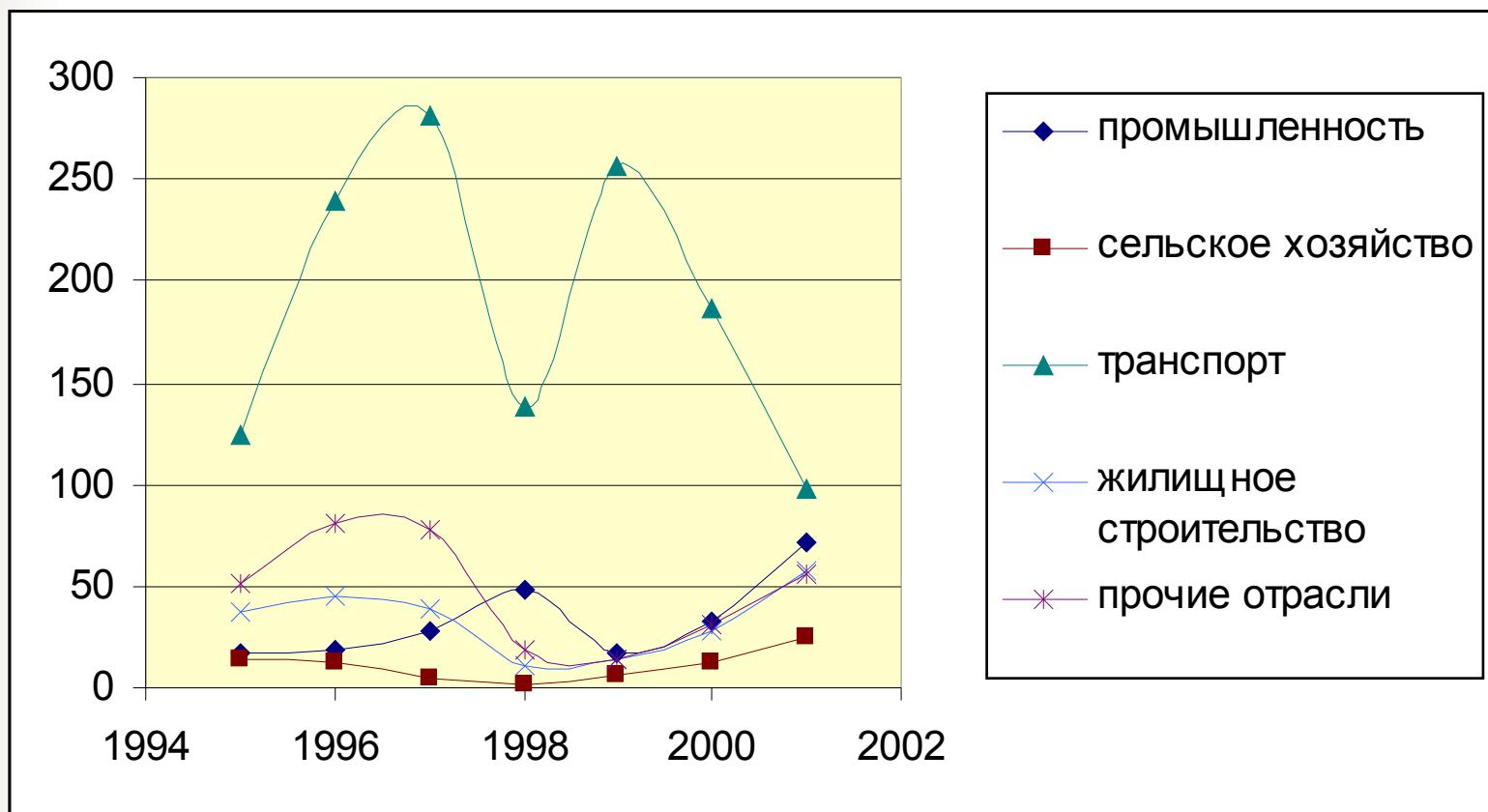
Доля отраслей экономики в валовом региональном продукте





■ *При основной доле промышленности в 1995-1996 гг. – 28-29% ВРП, в последующие годы, произошло снижение до 17-19%, при доминировании с 1998 г. транспортной составляющей*

Инвестиции в основной капитал по отраслям экономики, млн. руб.

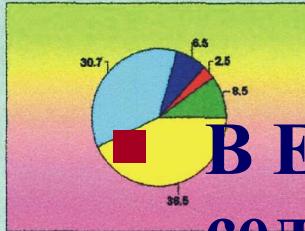


Сельское хозяйство

Сельское хозяйство

(Растениеводство)

Структура посевных площадей
(на 1.01.2002 г.)



Масштаб 1:1 500 000

В 1 сантиметре 15 км

км 10 0 10 20 км

В агропромышленном комплексе области в настоящее время производится значительная часть потребительских товаров для населения.

В 2002 году в нем было занято около 4.0 тыс. работников сельского хозяйства. Общая численность сельского населения области составляла 66 тыс. человек.

Большую часть посевных площадей занимают зерновые культуры (пшеница ячмень, овес, кукуруза на зерно и генетика), получила широкое распространение культура сои.

Общая посевная площадь сельскохозяйственных культур в 1990 году составляла 146.9 тыс.га, в 1995 году она снизилась до 121.7 тыс.га. и в 2001 году она составила 97.8 тыс.га.

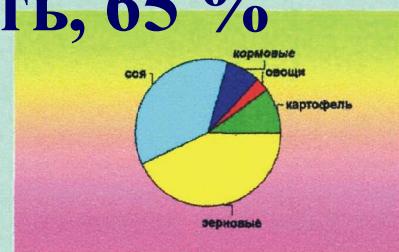
Урожайность культур по области в 2001 году составила:
зерновых - 7.9, картофеля - 122.5, овощей - 119.3, сои - 5.3 кукурузы на корм скоту - 102 т/га.

Структура сельскохозяйственных угодий
во всех категориях хозяйств на 1.01.2000 г
(в процентах)

■ В ЕАО около 350 тыс. га земли сельскохозяйственного назначения из них около 190 тыс. га занято сельскохоз угодьями, а пашня составляет 85 тыс. га (по состоянию на начало 1990 года имелось пашни около 146 тыс. га)

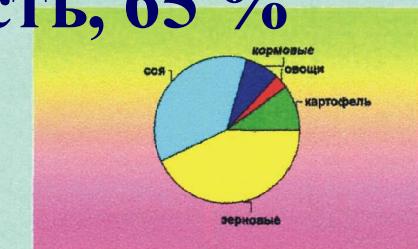
■ 80 % почв имеют низкое содержание гумуса, более 60 % повышенную кислотность, 65 % низкое содержание фосфора

Доля сельпродукции
(по административным районам, 2001 г, в %)

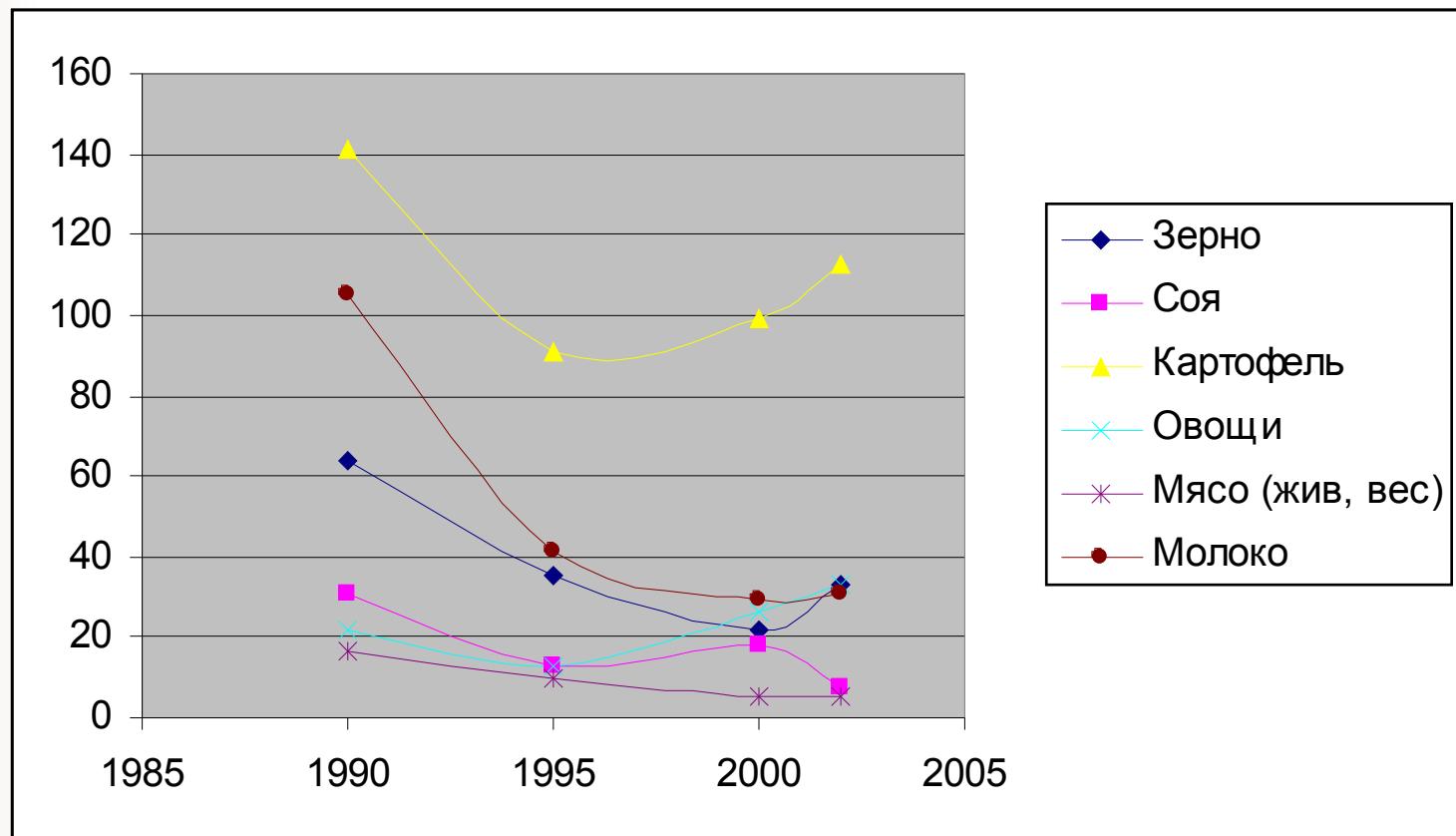


Условные обозначения

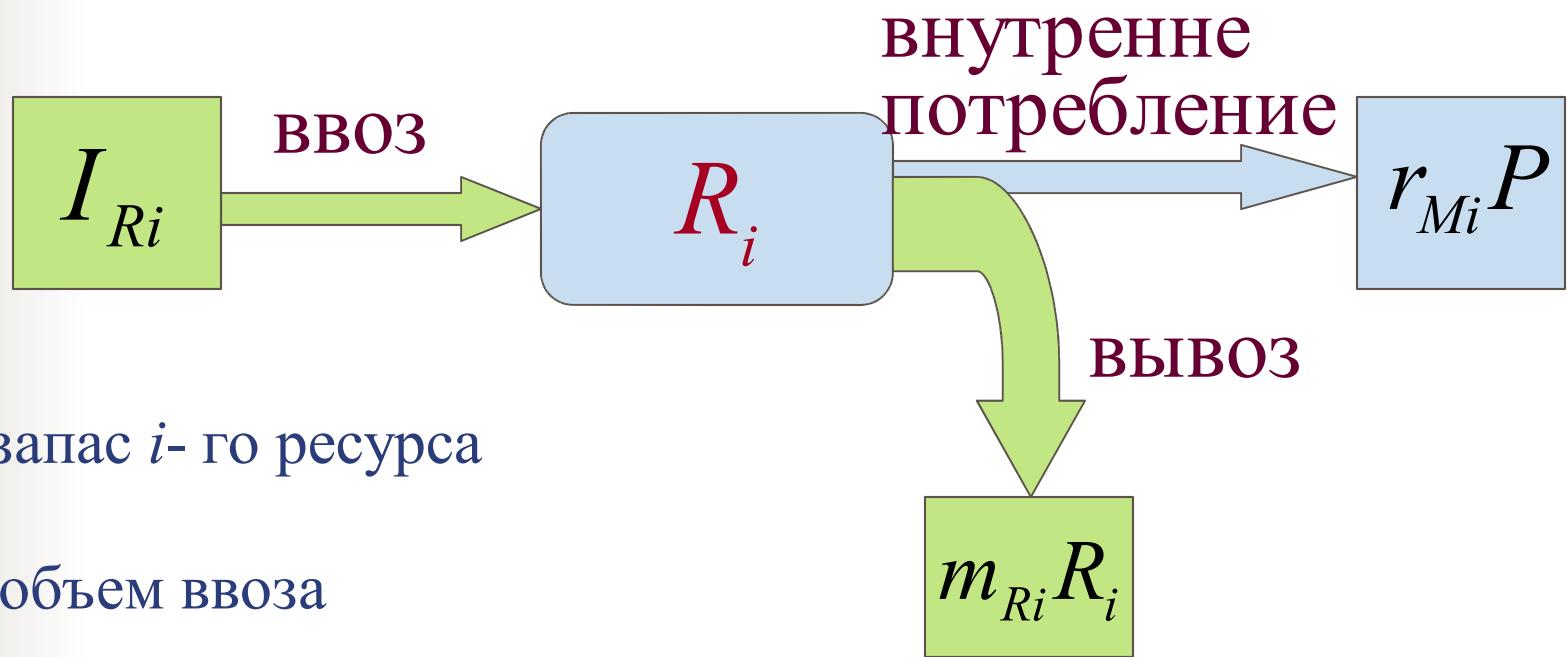
Структура посевных площадей



Производство основных продуктов растениеводства и животноводства по ЕАО (тыс. тонн)



Процессы, определяющие динамику невозобновляемых природных ресурсов



R_i - запас i -го ресурса

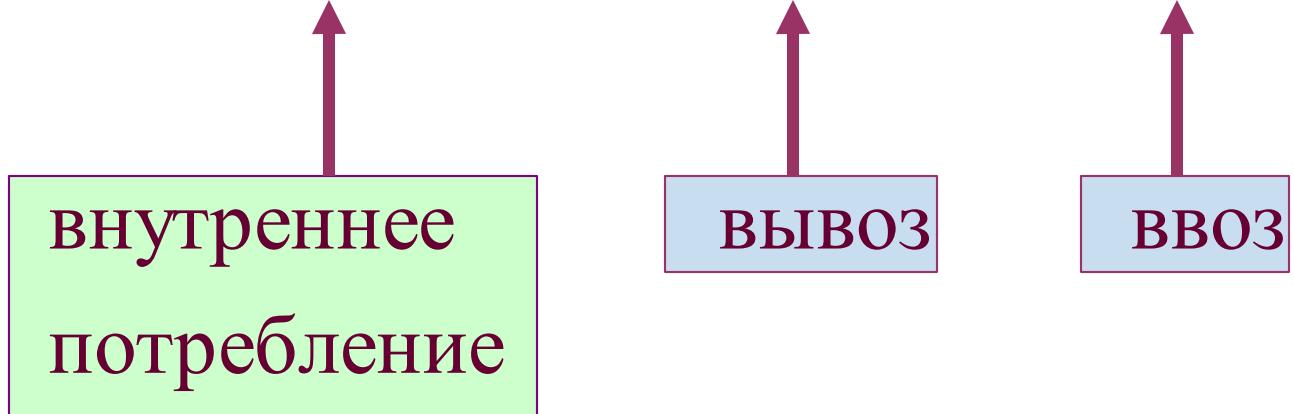
I_{Ri} - объем ввоза

r_{Mi} - интенсивность потребления в зависимости от уровня жизни

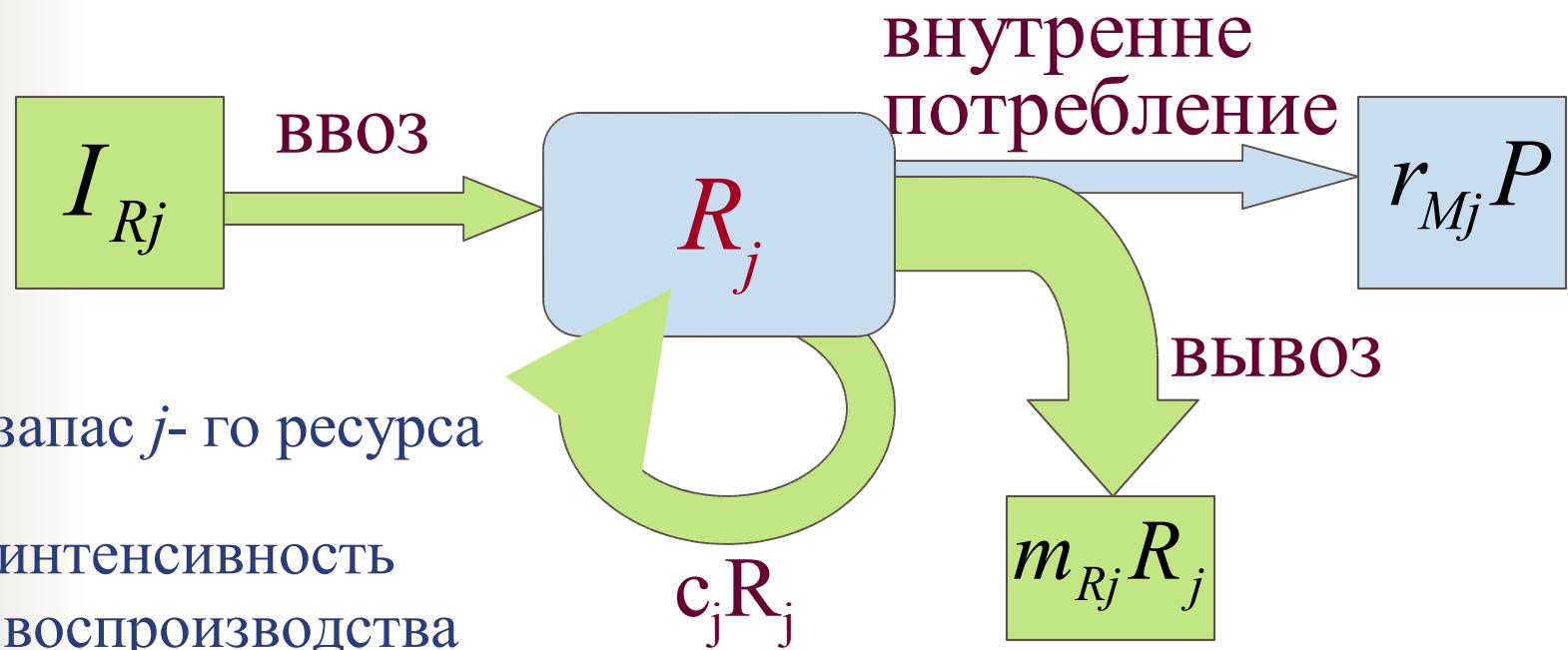
m_{Ri} - интенсивность вывоза

Невозобновляемые природные ресурсы

$$\dot{R}_i = -r_{Mi}P - m_{Ri}R_i + I_{Ri}$$



Процессы, определяющие динамику возобновляемых природных ресурсов



R_j - запас j -го ресурса

c_j - интенсивность воспроизведения

I_{Rj} - объем ввоза

r_{Mj}, m_{Rj} - интенсивности потребления и вывоза

Возобновляемые природные ресурсы

$$\dot{R}_j = c_j R_j - r_{Mj} P - m_{Rj} R_j + I_{Rj}$$

воспроизводство

внутреннее
потребление

вывоз

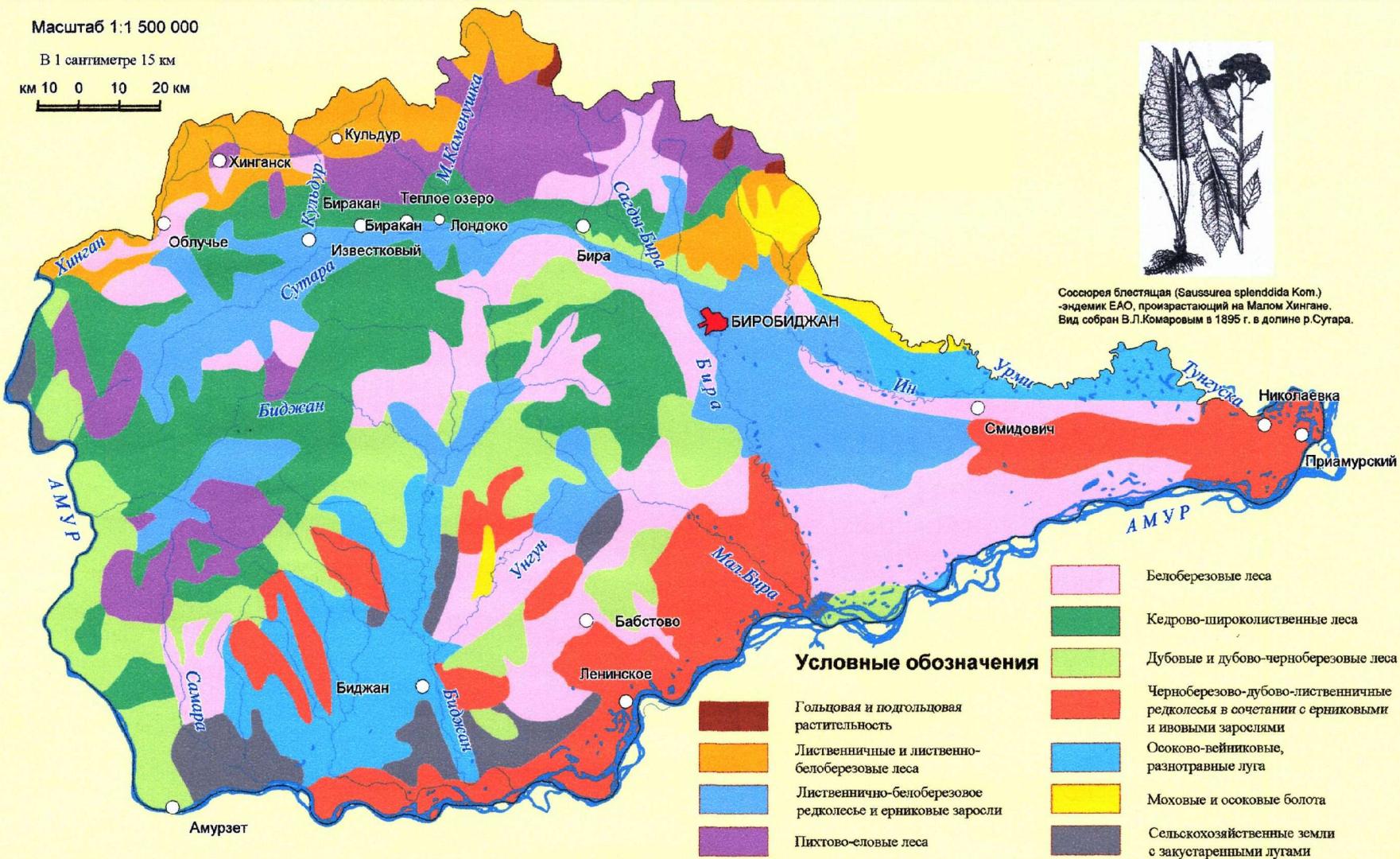
ввоз

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

Масштаб 1:1 500 000

В 1 сантиметре 15 км

км 10 0 10 20



ЖИВОТНЫЙ МИР

Фауна позвоночных животных области насчитывает 440 видов. Из них 73 вида рыб, 7 видов амфибий, 9 видов рептилий, 291 вид птиц, 60 видов млекопитающих.

Масштаб 1:1 600 000

В 1 сантиметре 16 км

км 10 0 10 20 км

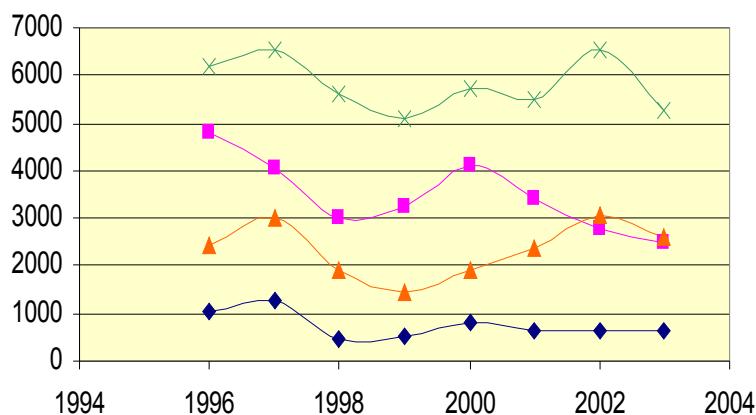


Аист

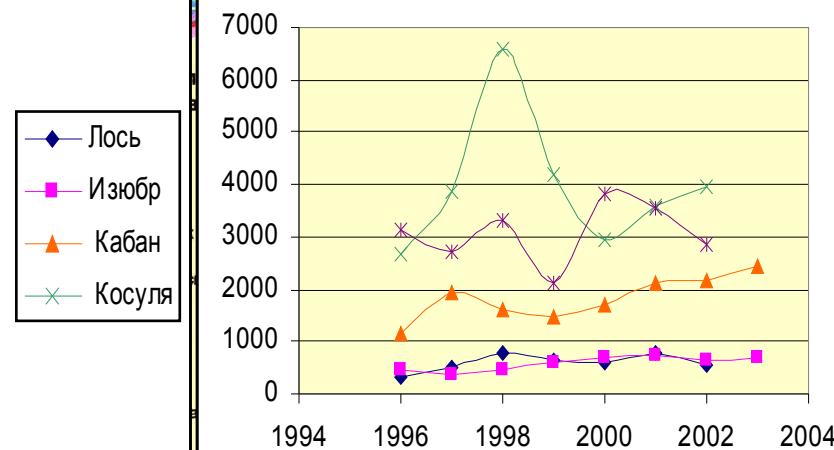


Белка

Динамика численности копытных

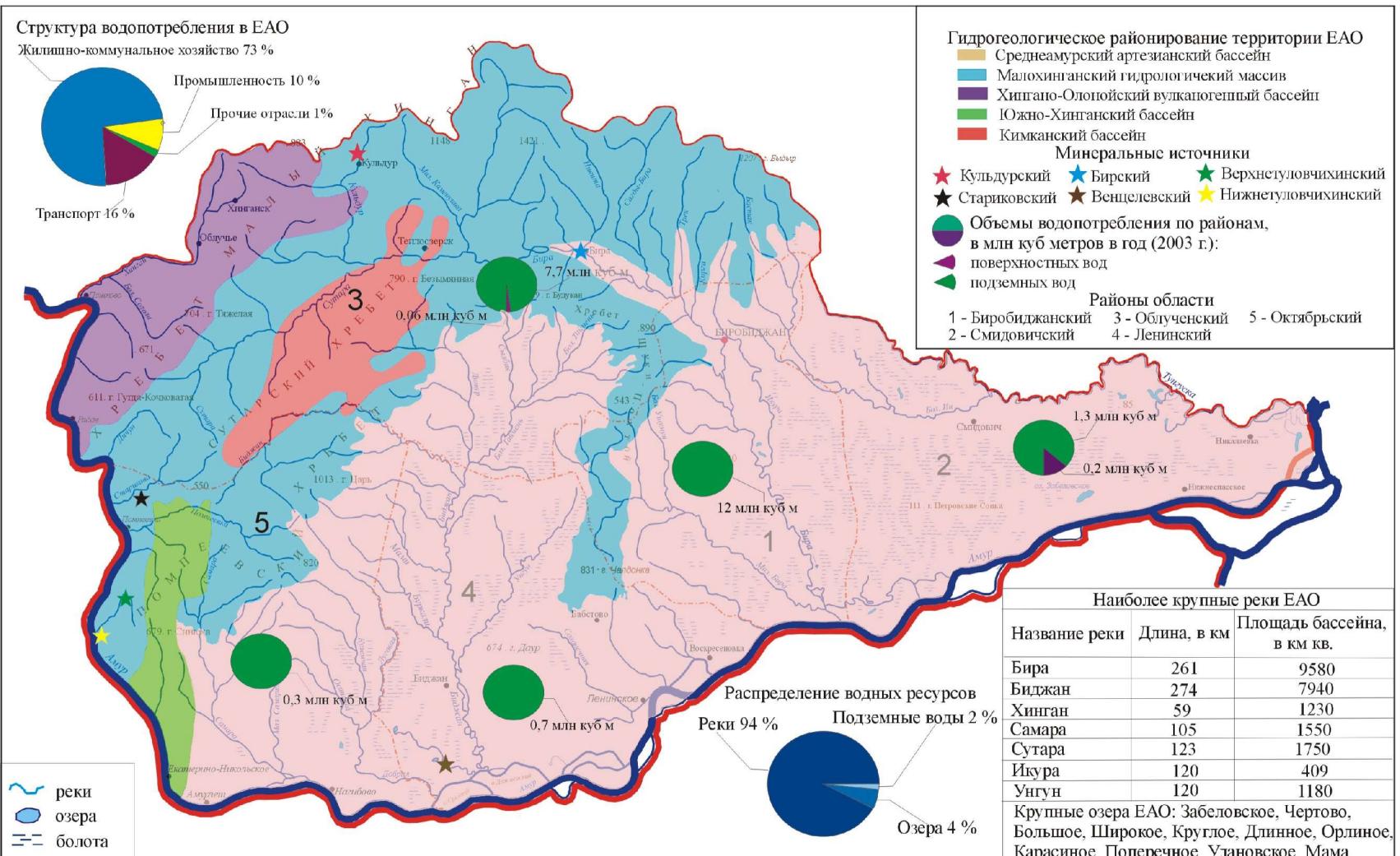


Динамика численности пушных



- Лисица
- Выдра
- Соболь
- Колонок
- Заяц

Водные ресурсы Еврейской автономной области



Выполнено в лаборатории Геоэкологии ИКАРП ДВО РАН

Процессы, определяющие динамику загрязнений



Z_i – объем загрязнений
 i -го типа

c_{zik} – скорость генерации

T_{zi} – время утилизации
в зависимости от объема

Динамика загрязнений

$$\dot{Z}_i = \sum_k C_{Zik} v_k P_{Vk}$$

$$- Z_i / T_{zi}$$

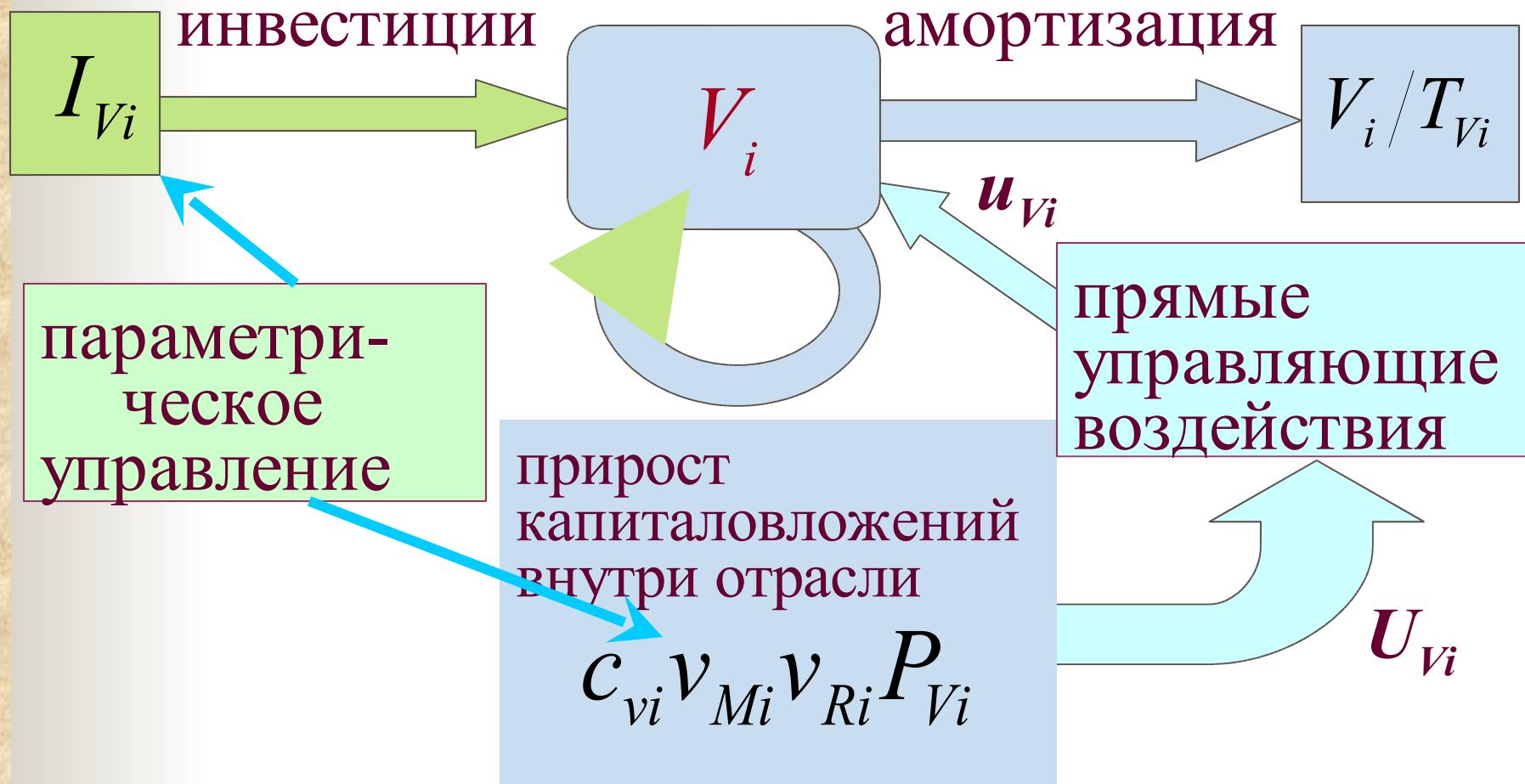
$$+ I_{Zi}$$

генерация
загрязнений

естественная
утилизация

перенос извне

Постановка задачи управления динамикой капитала



Постановка задачи управления

$$\dot{V}_i = c_{vi} v_{Mi} v_{Ri} P_{Vi} \left(1 - U_{Ri} \right) - V_i / T_{Vi} + I_{Vi} + \mathcal{U}_{Ri}$$

параметрическое
управление

прямые
управляющие
воздействия

Постановка задачи управления

Необходимо

- сформулировать цель управления
- определить ограничения

**Задача управления сводится к выбору
управляющих воздействий,
обеспечивающих максимум функции
цели при заданных ограничениях**



Заключение

Вашему вниманию был предложен подход к **созданию инструментария**, который при его успешной разработке мог бы служить для

- **научного анализа региональных проблем,**
- **обоснования решений по региональному развитию**
- **сравнения различных допустимых сценариев развития по экономическим, социальным и экологическим критериям**



Благодарю за внимание!