

Глобальная экономическая динамика: тренды

Модель мировой динамики Дж. Форрестера (1971 г.)

Метод системной динамики предполагает, что для основных фазовых переменных (так называемых *системных уровней*) пишутся дифференциальные уравнения одного и того же типа:

$$\frac{dy}{dt} = y^+ - y^-$$

где y^+ — положительный темп скорости переменной y , включающий в себя все факторы, вызывающие рост переменной y ; y^- — отрицательный темп скорости, включающий в себя все факторы, вызывающие убывание переменной y .

Наиболее существенные, на взгляд Форрестера, мировые процессы:

1) быстрый рост населения; 2) индустриализация и связанный с ней промышленный рост; 3) нехватка пищи; 4) рост отходов производства; 5) нехватка ресурсов.

Отсюда основные переменные (системные уровни): население P ; основные фонды K ; доля фондов в сельском хозяйстве (т.е. в отрасли обеспечения пищей) X ; уровень загрязнения (или просто загрязнение) Z ; количество невозобновляемых (невосстановимых) природных ресурсов R .

Система дифференциальных уравнений Дж. Форрестора:

$$\frac{dP}{dt} = P(B - D) \qquad \frac{dK}{dt} = K_+ - \frac{K}{T_K} \qquad \frac{dX}{dt} = X_+ - \frac{X}{T_X}$$

$$\frac{dZ}{dt} = Z_+ - \frac{Z}{T_Z} \qquad \frac{dR}{dt} = -R_-$$

где $B = B(C, F, P_P, Z_S) = c_B \cdot B_C(C) \cdot B_F(F) \cdot B_P(P_P) \cdot B_Z(Z_S)$ – темп рождаемости,

$D = D(C, F, P_P, Z_S) = c_D \cdot D_C(C) \cdot D_F(F) \cdot D_P(P_P) \cdot D_Z(Z_S)$ – темп смертности,

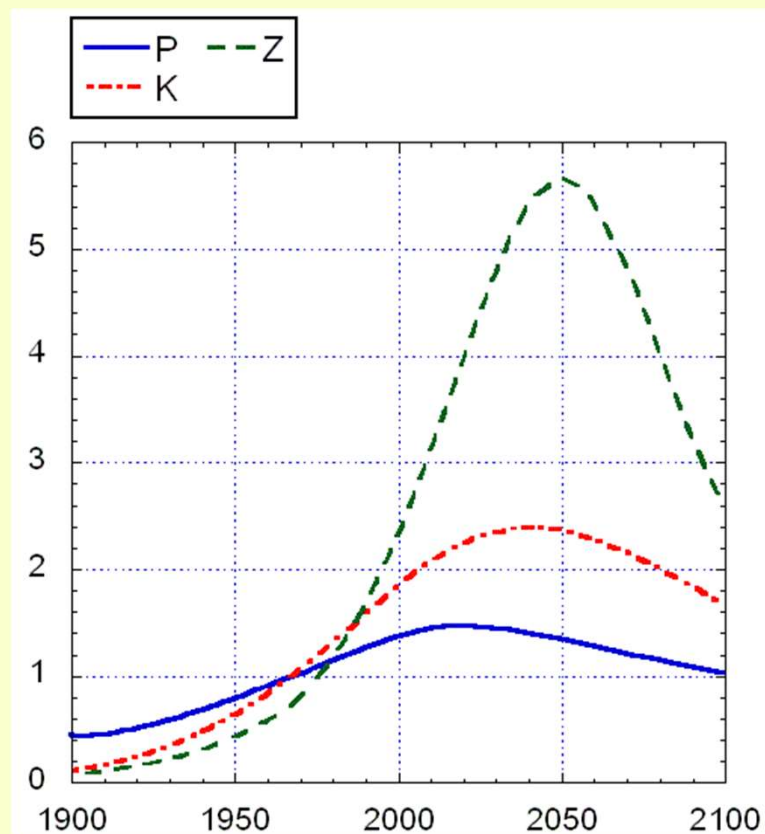
$K_+ = K_+(P, C) = P \cdot K_C(C)$ – скорость производства основных фондов,

$X_+ = X_+(F, Q) = X_F(F) \cdot X_Q(Q) / T_X$ – прирост доли сельскохозяйственных фондов,

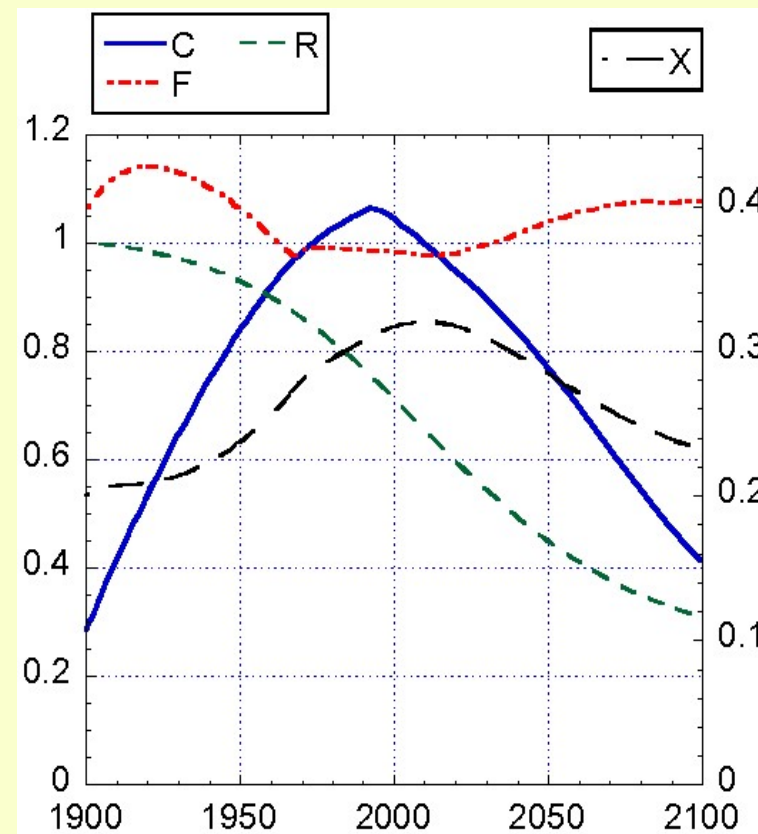
$Z_+ = Z_+(P, K_P) = P \cdot Z_K(K_P)$ – скорость генерации загрязнения,

$T_Z = T_Z(Z_S)$ – характерное время естественного разложения загрязнения,

$R_- = R_-(P, C) = P \cdot R_C(C)$ – скорость потребления ресурсов.

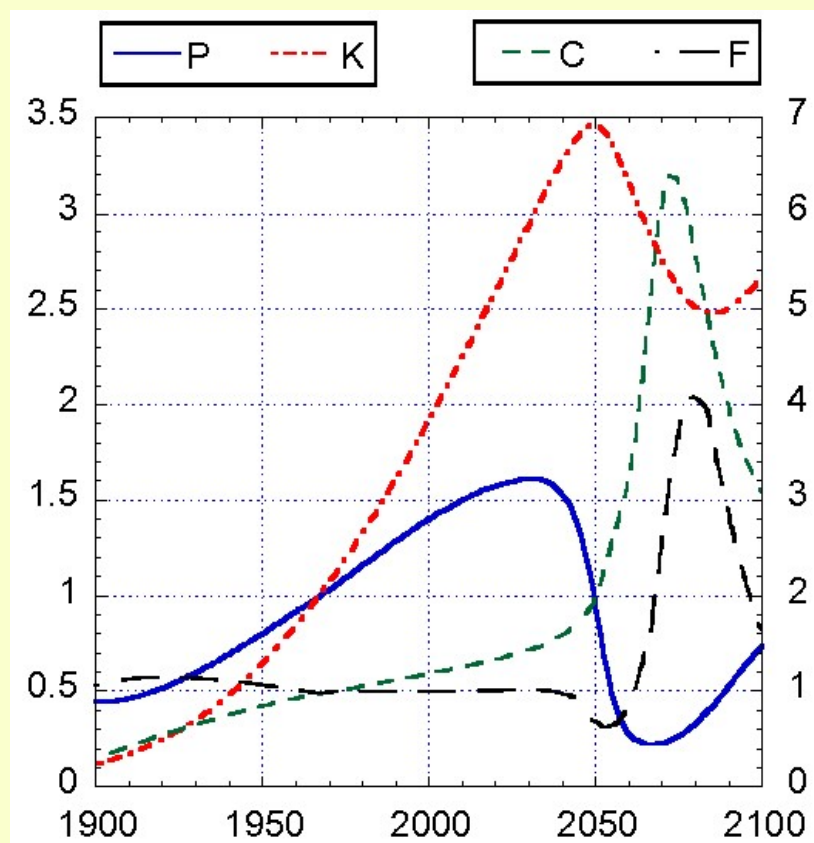


а)

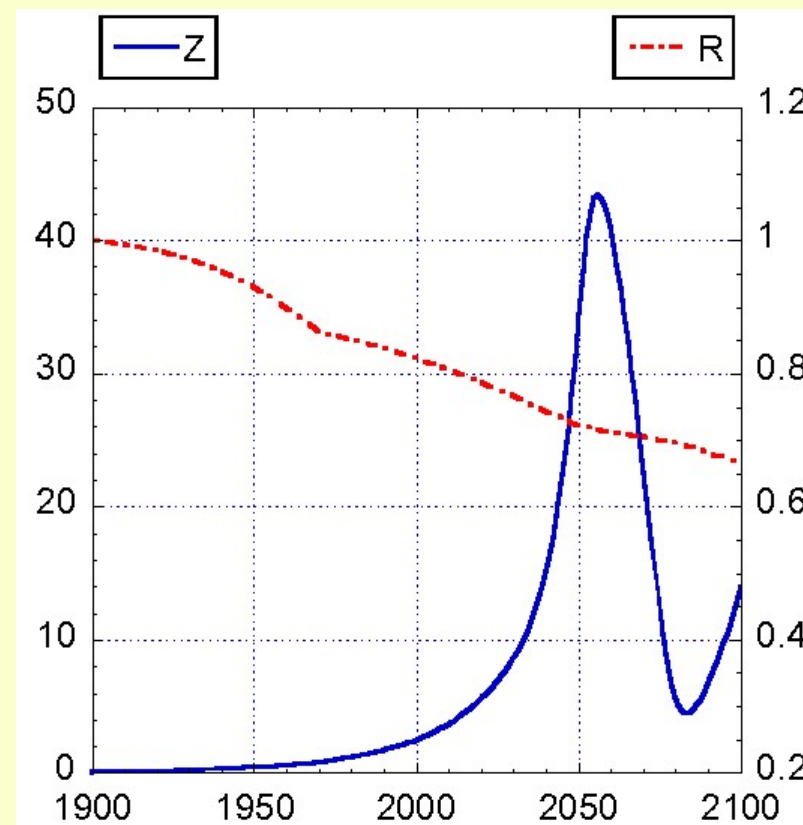


б)

Рис. 1. Модель Форрестера в первоначальном виде: кризис ввиду истощения ресурсов. Сначала падает материальный уровень жизни, потом численность населения и капитал. Кризис наступает примерно к 2020-30 г.г. Все величины представлены в условных единицах (т.е. реально показаны не P , K , Z , R а $P_P, K/P_N$, Z_S , R_R соответственно). На рисунке б) графики представлены в двух масштабах: один показан на левой оси ординат, второй – на правой оси. Т.е., такие переменные, как уровень питания F , уровень жизни C и количество ресурсов R меняются от 0 до 1.2, а доля фондов в сельском хозяйстве – от 0 до 0.45.



а)

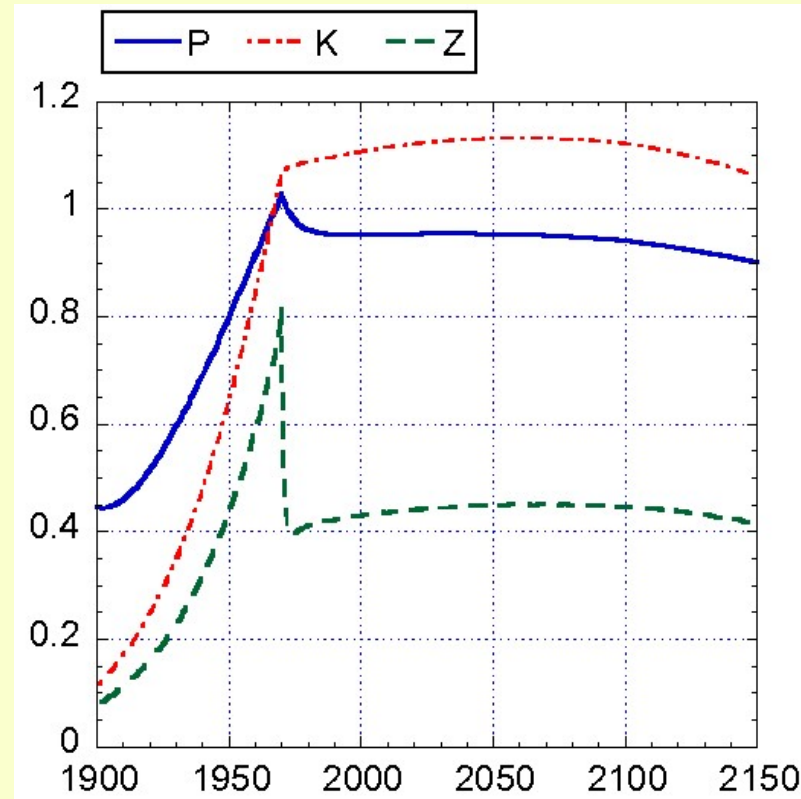


б)

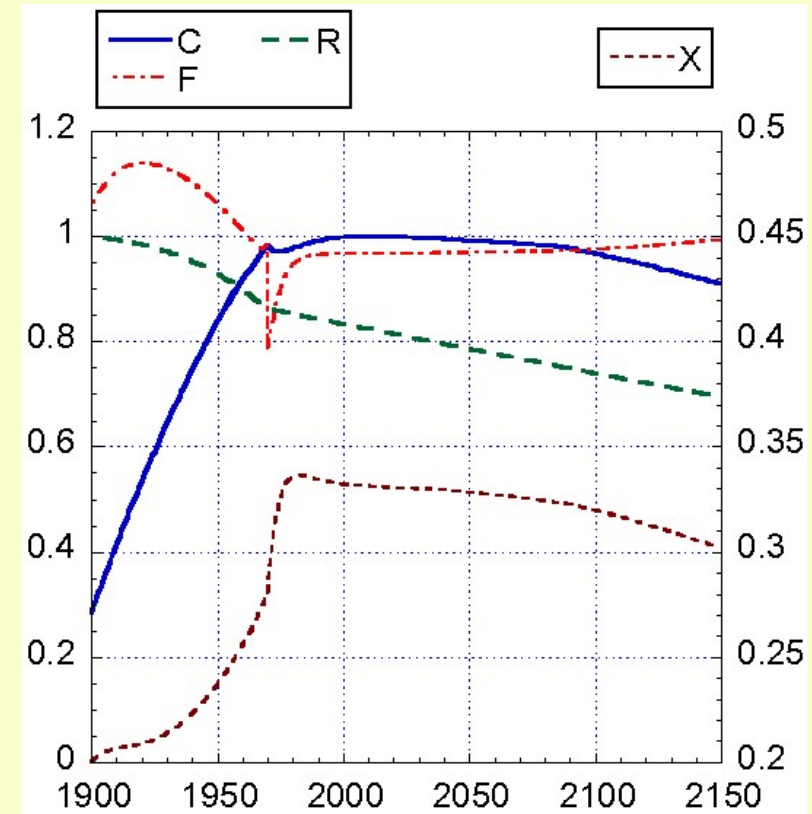
Рис.2. Результаты модели Форрестера в предположении о снижении в 1970 году скорости потребления ресурсов в 4 раза, что могло быть вызвано, к примеру, экономией. Это вызывает кризис загрязнений. Население резко уменьшается в несколько раз, также быстро падают фонды, рост уровня питания и уровня жизни просто означает, что оставшийся капитал используется остальной частью населения (такое может быть справедливо в предположении, что все "вредные" производства находятся в густонаселенных отсталых странах, а население, активно использующее капитал, проживает в других странах).

Ограничения (начиная с 1970 г.):

- 1) темп потребления ресурсов уменьшен вчетверо по сравнению с 1970г.
- 2) генерация загрязнения уменьшена вдвое
- 3) фондообразование уменьшена на 40%
- 4) производство продуктов питания уменьшено на 20%
- 5) темп рождаемости уменьшен на 30%



а)



б)

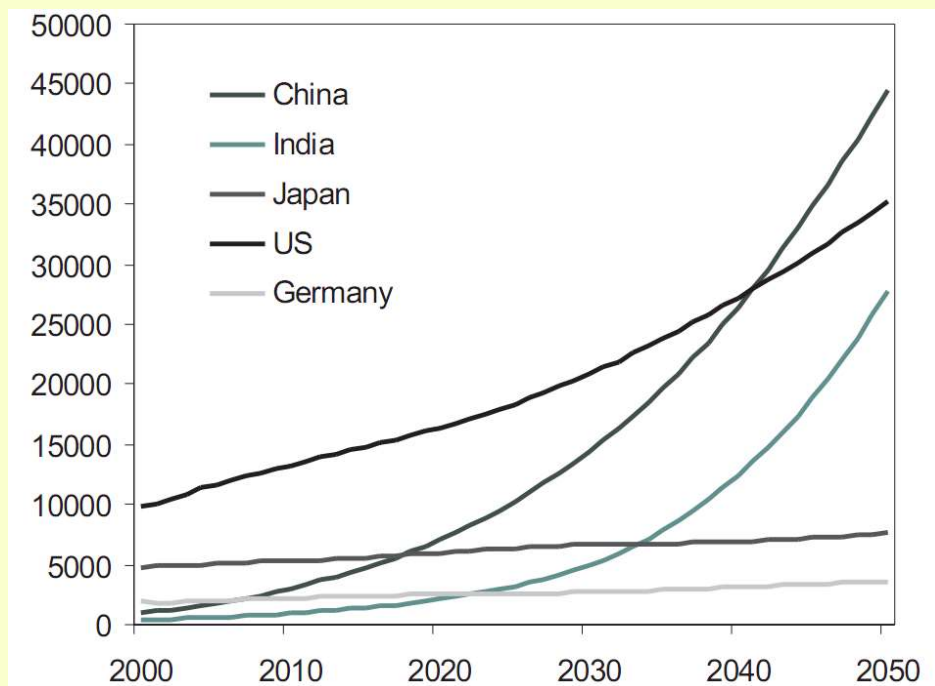
Рис. 3. Модель Форрестера при условиях 1-5. Основные параметры стабилизируются до конца XXI века, после чего истощение ресурсов все-таки вызывает кризис. Чтобы это проиллюстрировать, динамика переменных показана до 2150 г.

Модель Goldman Sachs (2003 г.)

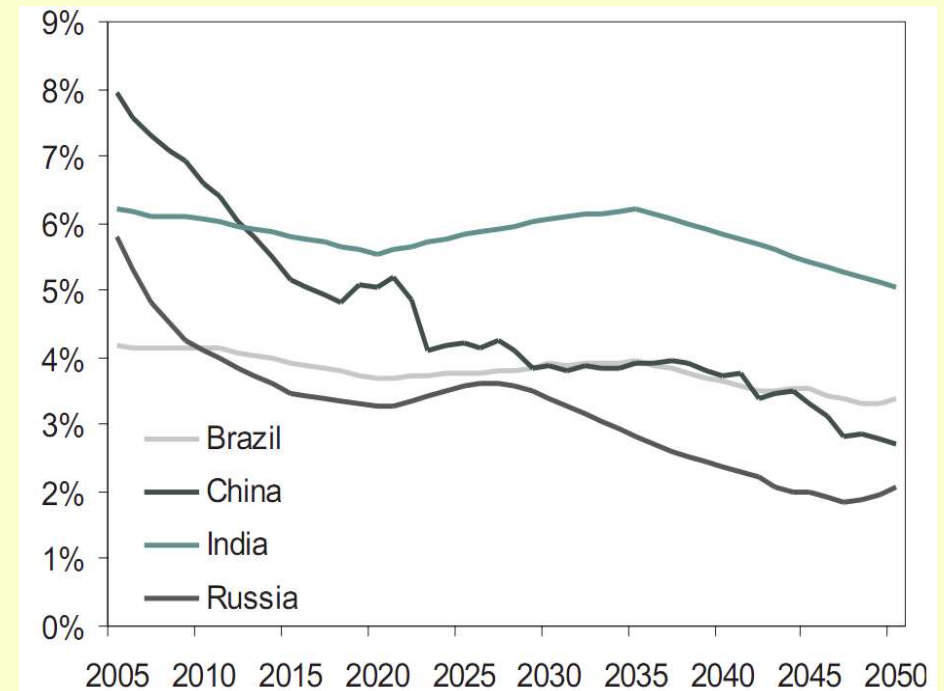
Основана на модели долгосрочного экономического роста Р.Солоу, в которой используется производственная функция Кобба – Дугласа:

$$Y = AK^{\alpha}L^{1-\alpha}$$

где K – капитал, L – рабочая сила, A – технический прогресс



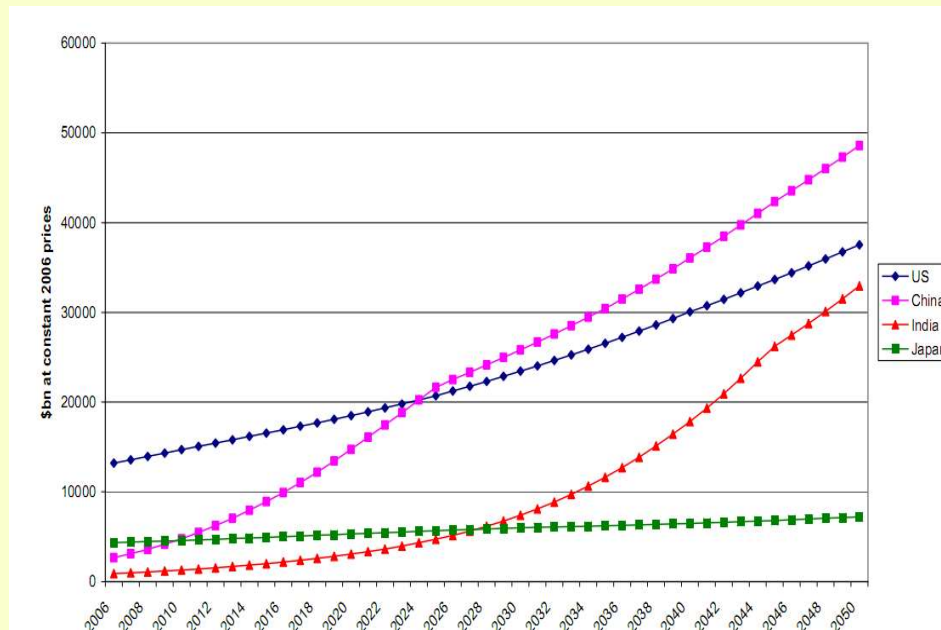
Прогноз развития экономик США, КНР, Индии, Японии, Германии до 2050 г. (в млрд долл. США 2003 г.)



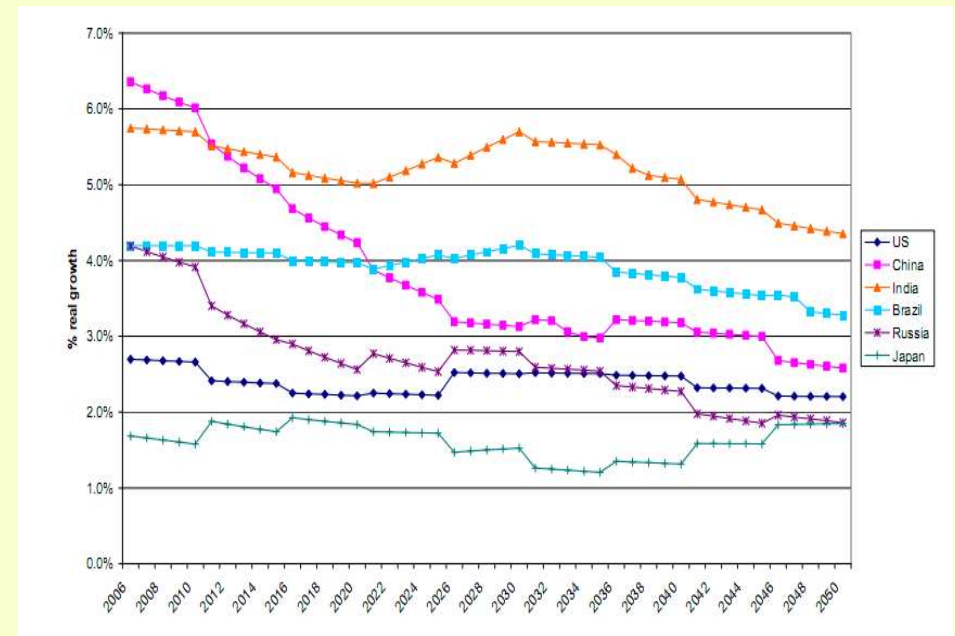
Прогноз изменения реальных темпов роста ВВП стран БРИК до 2050 г.

Модель PricewaterhouseCoopers (2006 г.)

Основана на модели долгосрочного экономического роста Р.Солоу
и функции Кобба – Дугласа



Прогноз развития экономик США,
КНР, Индии, Японии до 2050 г.
(в млрд долл. США 2006 г.)



Прогноз изменения реальных темпов
роста ВВП ряда стран до 2050 г.

Модель мирового развития КМХ (2005 г.)

Население

(показатель – численность)

$$\frac{dN}{dt} = aNS (1 - L)$$

Технология

(показатель – ВВП)

$$\frac{dS}{dt} = bNS$$

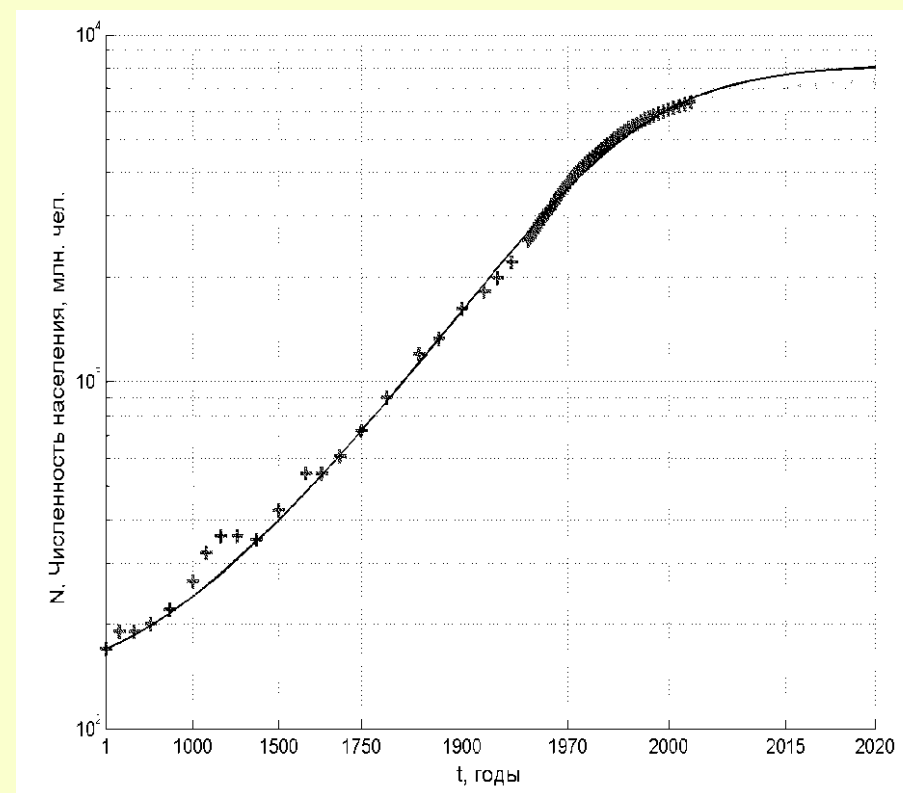
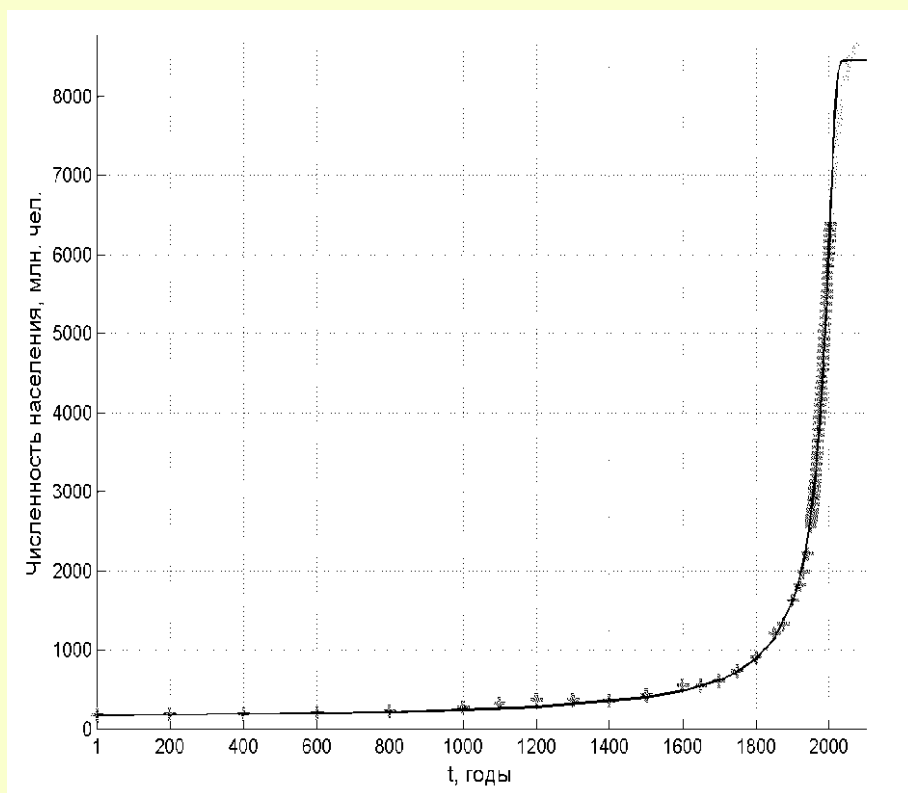
Культура

(показатель – женская грамотность)

$$\frac{dL}{dt} = cLS (1 - L)$$

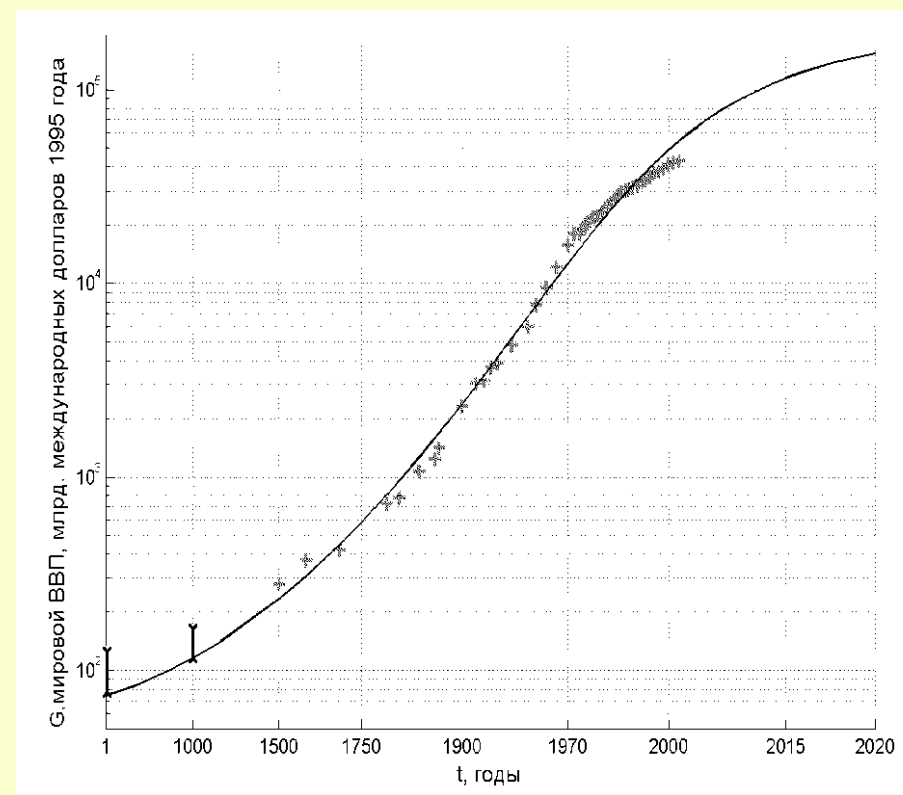
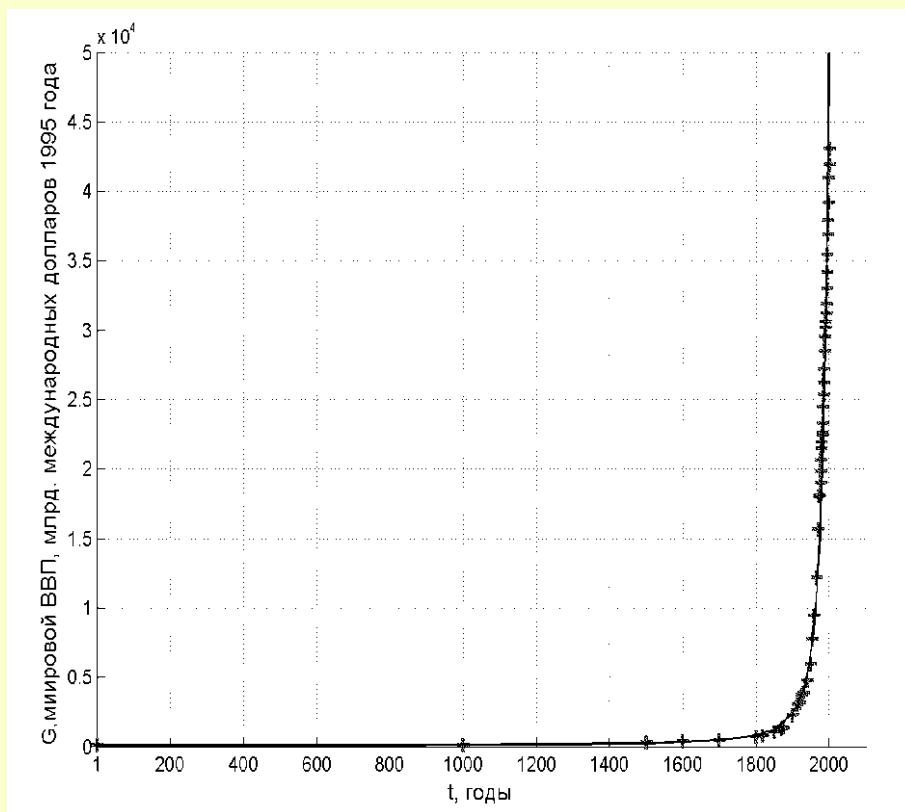
Сравнение с историческими данными

Население



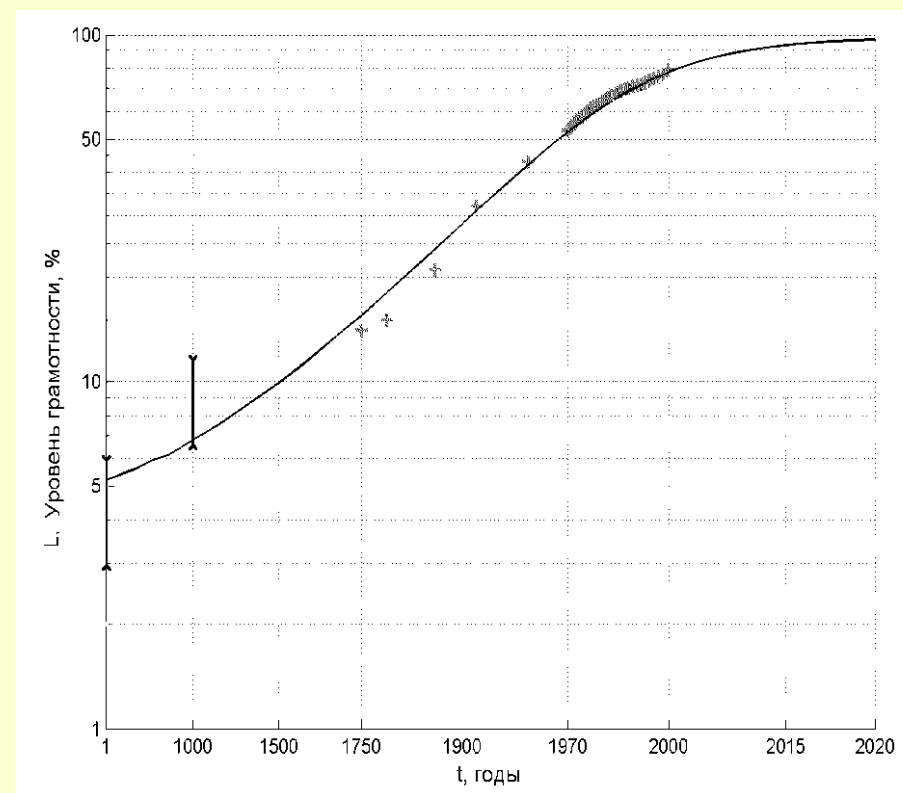
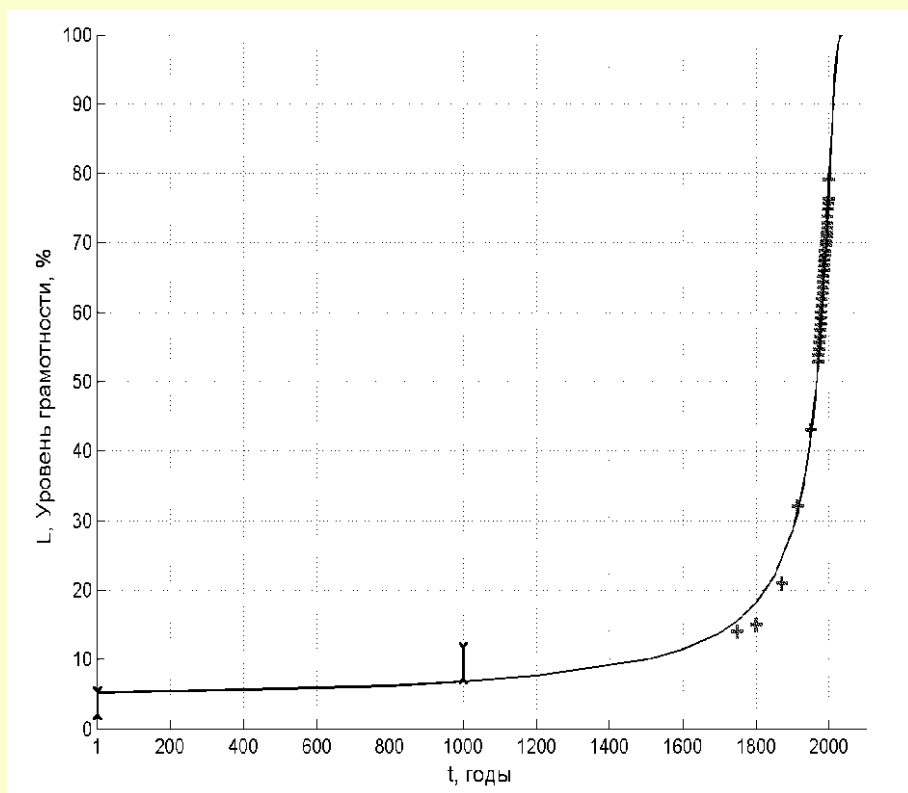
Сравнение с историческими данными

Мировой ВВП



Сравнение с историческими данными

Грамотность



Модифицированная модель КМХ (2011 г.)

$$\frac{dN}{dt} = c_N N \left(1 - \frac{g_c Y}{NM_{\max}} \right) \quad \text{население}$$

$$\frac{dE}{dt} = \nu (c_E (g_E Y)^m - E) \quad \text{образование}$$

$$\frac{dK}{dt} = (1 - g_c) Y - \mu K \quad \text{капитал}$$

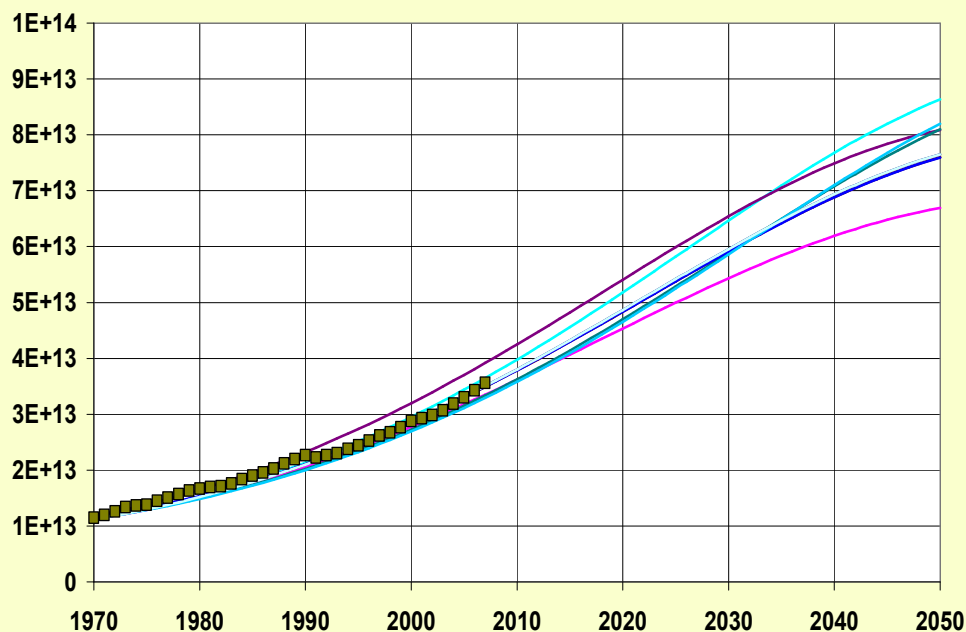
$$\frac{dT}{dt} = \lambda (p + qE - T) \quad \text{наука, технологии}$$

$$\frac{dR}{dt} = -k_R Y + R_P \quad \text{ресурсы}$$

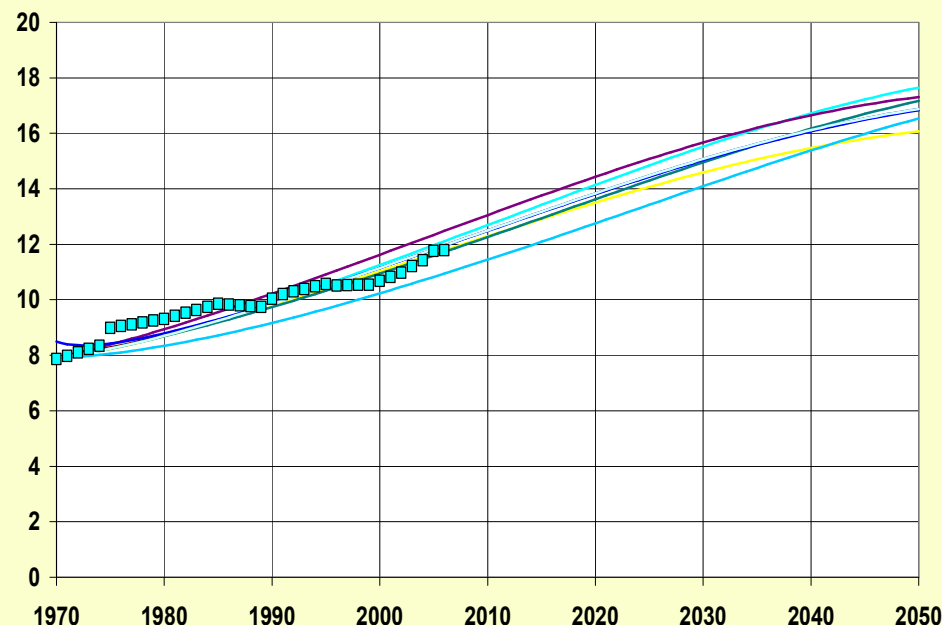
$$Y = TK^a N^{1-a}$$

ВВП

ВМП, долл. 1990



Ожидаемое время обучения, годы



Наука и образование являются важнейшими факторами мирового развития

Модель Акаева-Садовниченко (2011 г.)

