

# ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ МОНГОЛИИ

**Н.Н. Оленёв, Дэмбэрэл Содномсамбуу, Д.О. Черных**

*Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Российской академии наук (ВЦ РАН), Москва, Россия, olenev@ccas.ru,  
<http://www.ccas.ru/olenev/>*

*Исследовательский центр по астрономии и геофизике Монгольской академии наук, Улан-Батор, Монголия, demberel@rcag.url.mn  
Московский физико-технический институт (государственный университет), Москва, Россия, education03@mail.ru*

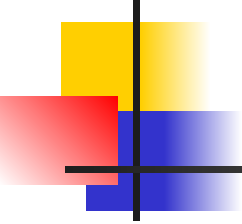


# Содержание

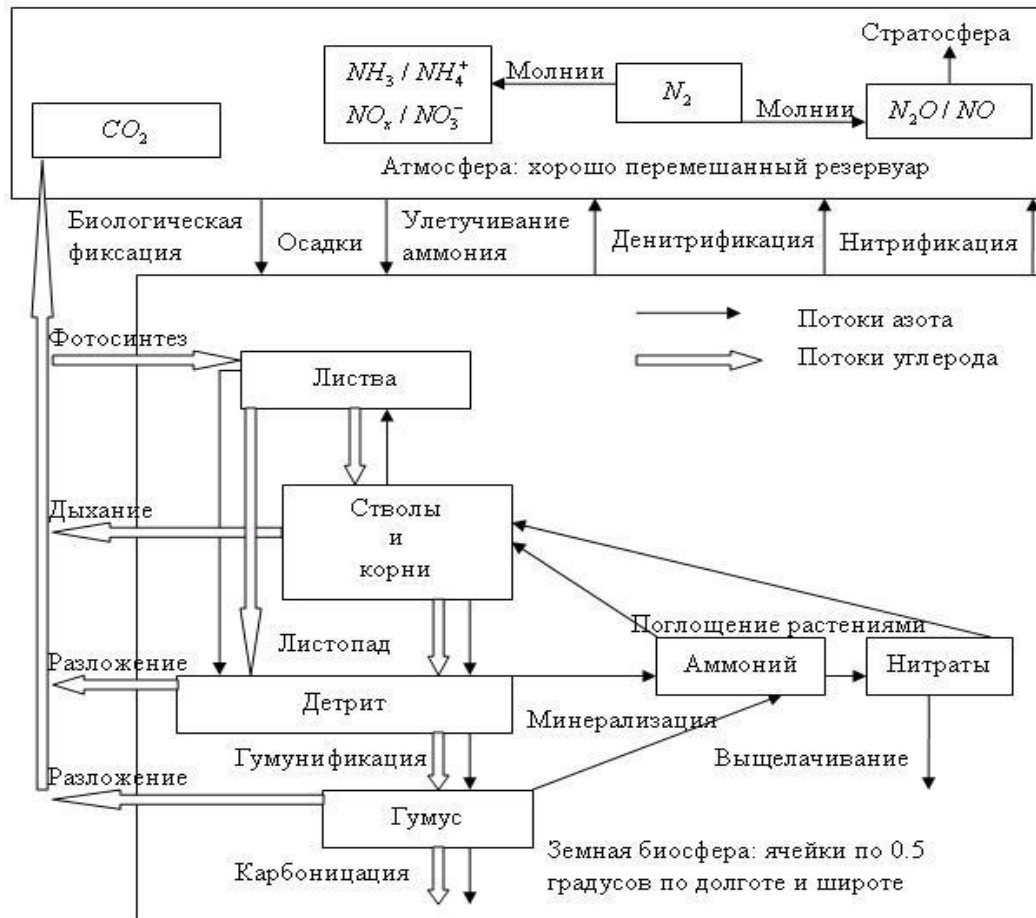
---

- Модель эколого-экономической системы Монголии для оценки влияния изменений климата
- Биогеохимический азотно-углеродный цикл в степной экосистеме
- Основные уравнения модели степной экосистемы
- Модель отрасли животноводства
- Реализация планов хозяйства
- Взаимодействие экономики и экосистемы
- Сценарные численные эксперименты с моделью

# Модель эколого-экономической системы Монголии для оценки влияния изменений климата

- 
- Блок степной экосистемы под внешними воздействиями, который в исходной модели был основан на описании круговорота углерода, заменен моделью, основанной на описании глобального биогеохимического азотно-углеродного цикла в наземных экосистемах
  - Учтено воздействие влажности и температуры на потоки между основными составляющими степной экосистемы
  - Идентификация параметров модели
  - Составление сценариев глобального изменения климата и различных сценариев локального развития отрасли животноводства на эколого-экономическую систему Монголии
  - Анализ численных экспериментов

# Биогеохимический азотно-углеродный цикл в степной экосистеме



## Учет теневого оборота

Произведенный продукт производители делят на легальный и теневой, не облагаемый налогами, но штрафными санкциями. Два вида денег – «белые» и «черные», которые могут отмываться.

$$Y_X = (a_L^X Q_L^X)^{\delta_L^X} \cdot (a_K^X Q_K^X)^{\delta_K^X} \cdot (a_Y^X Q_Y^X)^{\delta_Y^X} \cdot (a_Z^X Q_Z^X)^{\delta_Z^X}$$

$$\frac{dQ_X^X}{dt} = (1 - q_X) Y_X - (a_X^{XL} + a_X^{XY} + a_X^{XZ} + a_X^{XO}) Q_X^X - c_X^X I_X$$

$$\begin{aligned} \frac{dW^X}{dt} = & wp_X^O X_X^{XO} + C^{BX} + (p_X^L a_X^{XL} + p_X^Y a_X^{XY} + p_X^Z a_X^{XZ}) Q_X^X - \\ & - (b_Y^{XY} + b_Z^{XZ} + b_W^{XY} + b_U^{XZ} + b_L^{XL} + b_H^{XB}) W^X - T^{XG} + T^{GX} + b_B^X B^X \end{aligned}$$

$$\frac{dQ_V^X}{dt} = q_X Y_X - (a_V^{XL} + a_V^{XY} + a_V^{XZ}) Q_B^X$$

$$\frac{dB^X}{dt} = (p_V^L a_V^{XL} + p_V^Y a_V^{XY} + p_V^Z a_V^{XZ}) Q_V^X - (b_B^{XL} + b_B^X + b_B^{XG}) B^X$$

## Основные уравнения модели степной экосистемы

$$\frac{d(VC)}{dt} = GPP - TRRC - (FLC + FTRC)$$

$$\frac{d(VN)}{dt} = NUPTAKE - FLN + FTRN$$

$$\frac{d(DC)}{dt} = (FLC + FTRC) + FIXC - DRC - DHC$$

$$\frac{d(DN)}{dt} = (FLN + FTRN) + FIXN - NMIN_D - DHN$$

$$\frac{d(HC)}{dt} = DHC - HRC - HCARC$$

$$\frac{d(HN)}{dt} = DHN - NMIN_H - HCARN$$

$$\frac{d(Amm)}{dt} = NMIN_D + NMIN_H - DEPO_{Amm} - NUPTAKE \frac{(Amm)}{(Amm) + (Nit)} - NITRIF - VOLA$$

$$\frac{d(Nit)}{dt} = NITRIF - NITR_{gas} + DEPO_{Nit} - NUPTAKE \frac{(Nit)}{(Amm) + (Nit)} - DENITR - LEACH$$



# Модель отрасли животноводства

---

Агрегированный сектор отгонного пастбищного животноводства с единственной породой, затрачиваемая рабочая сила однородна, затрачиваемый природный ресурс единственен – травяная растительность степей

$$\frac{\partial n(t, \tau)}{\partial t} = -(d(t, t - \tau) + \Lambda)n(t, \tau) - w(t, \tau). \quad n_0(t) = n(t, t) = \int_{-\infty}^t \beta(t, t - \tau)n(t, \tau)d\tau,$$

$$Y(t) = \int_{-\infty}^t (k(t, t - \tau)n(t, \tau) + m(t, \tau))w(t, \tau)dt,$$

$$\frac{\partial l(t, \tau)}{\partial t} = -p(t, t)n(t, t) - k(t, t)w(t, t) + z(t, t) + r_l(t, t), \quad l(t, t) \geq 0,$$



# Реализация планов хозяйства

---

- Определены экономически рациональное решение хозяйства о покупке молодняка и возраст рационального забоя животных
- Моделирование прогноза цен хозяйствами основано на гипотезе рациональных ожиданий: хозяйства прогнозируют цены правильно
- Получено интегральное соотношение для равновесной цены молодняка





## Взаимодействие экономики и экосистемы

---

- Комплексный показатель деградации экосистемы  $P$  отражает кумулятивный аспект воздействия пастбищного животноводства на степную экосистему.
- С ростом  $P$  нелинейно растет смертность животных
- Фонд рекультивации пастбищ в каждый момент полностью используется, определяя  $S$  – увеличение растительности степей
- Потребление растительности степей на единицу площади пропорционально суммарному поголовью на эту единицу
- Цены на сырье колеблются в соответствии с остатком его биомассы, поголовная ставка налога повышается при превышении показателем критического уровня

$$\frac{dP}{dt} = \frac{1}{A} \left( E(t) - \frac{1}{p(t)} d^P \Phi^T(t) \right) - \alpha^P P(t),$$

# Численные эксперименты

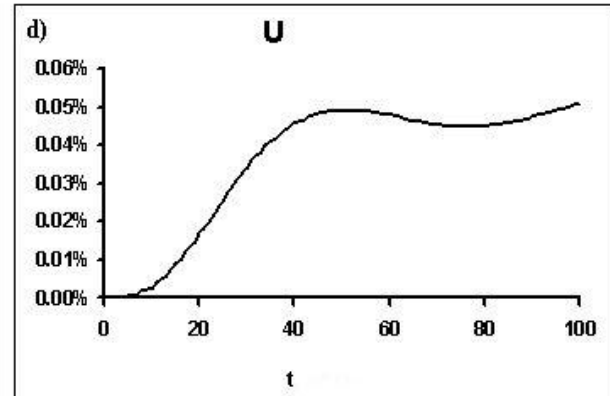
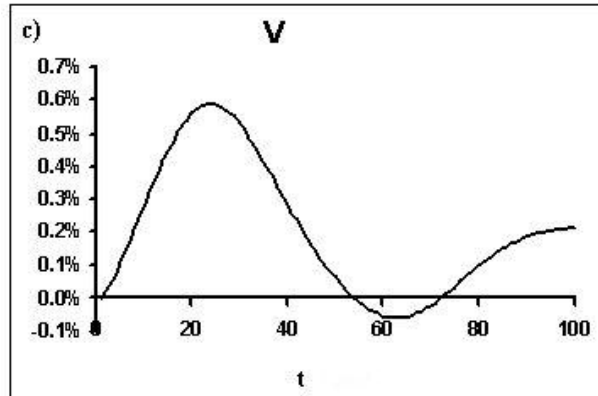
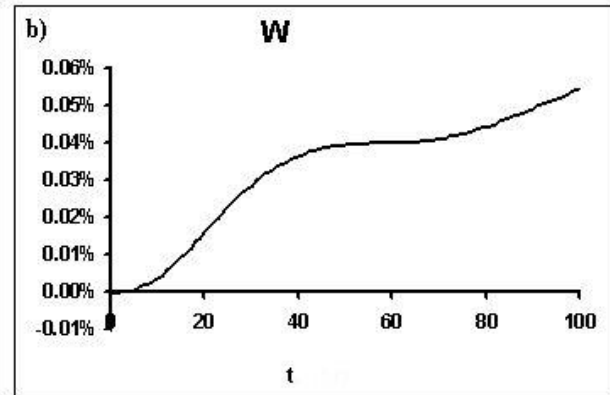
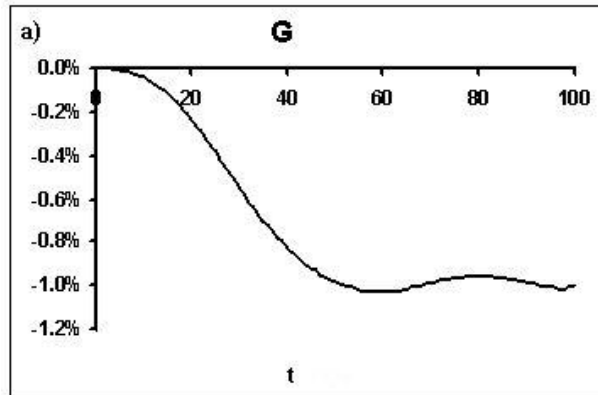


---

- Если  $B(t)$  – значение некоторого макропоказателя в момент времени  $t$  в базовом сценарии,
- а  $S(t)$  – значение этого же макропоказателя в текущем сценарии,
- то вариация изменения макропоказателя  $U(t)$

$$U(t) = 100\% \cdot (S(t)/B(t) - 1)$$

# Численные эксперименты



# Численные эксперименты

