



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ИМКЭС СО РАН)

«НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ»  
(Москва, 25-29 апреля 2022)

## **РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ТЕРРИТОРИИ**

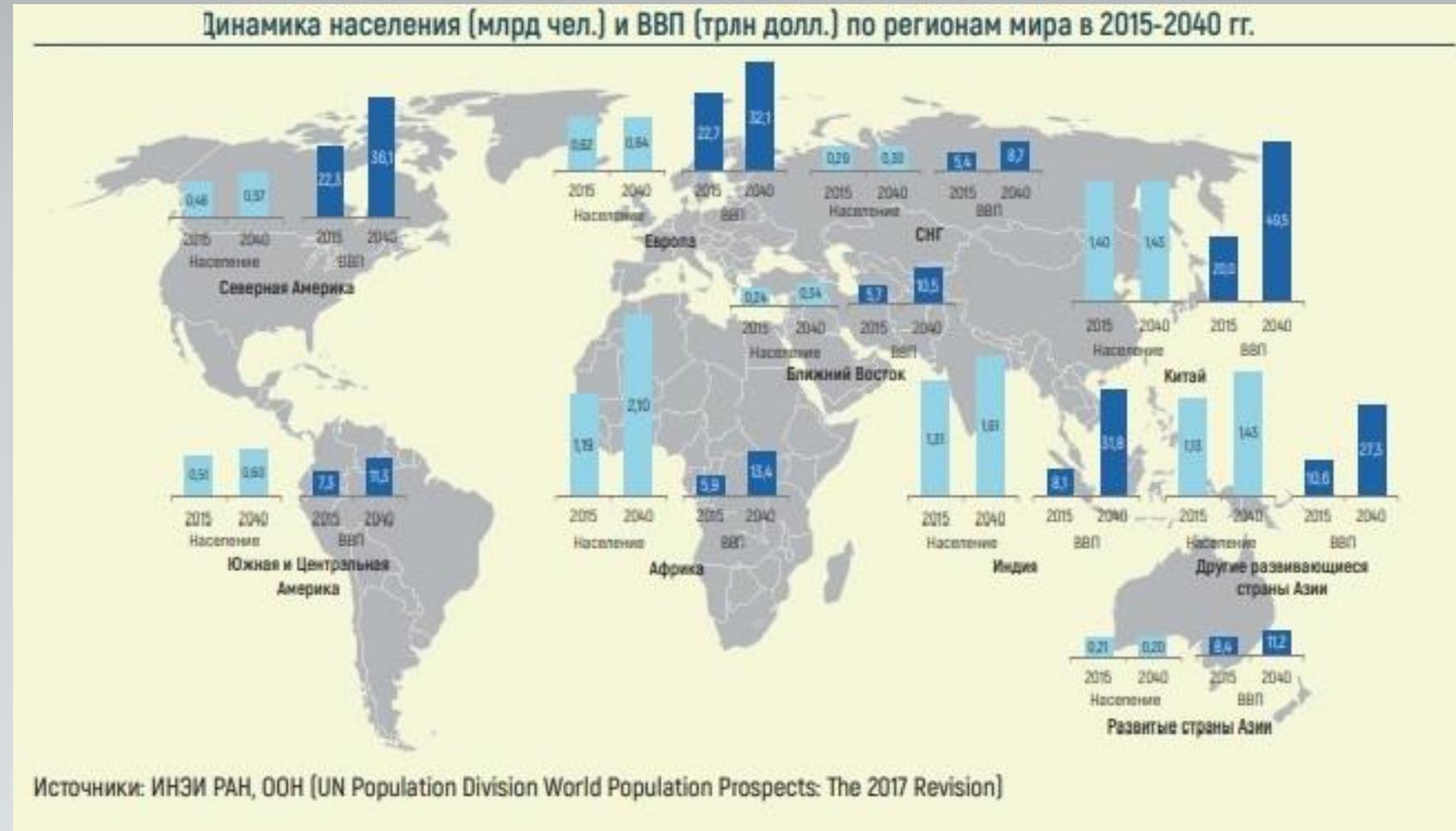
Подготовили:  
Фузелла Т. Ш., к.г.н.  
Грачев И. Г., аспирант

# Содержание

1. Актуальность проблемы
2. История «экологической емкости»
3. Современные представления о вопросе
4. Методология «экологической емкости»
5. Энергетический подход
6. Энергетическая оценка экосистем

# Актуальность проблемы

- Чрезмерное потребление ресурсов
- Ограниченность ресурсов
- Увеличение численности населения
- Отсутствие единых методов регуляции



# Актуальность проблемы

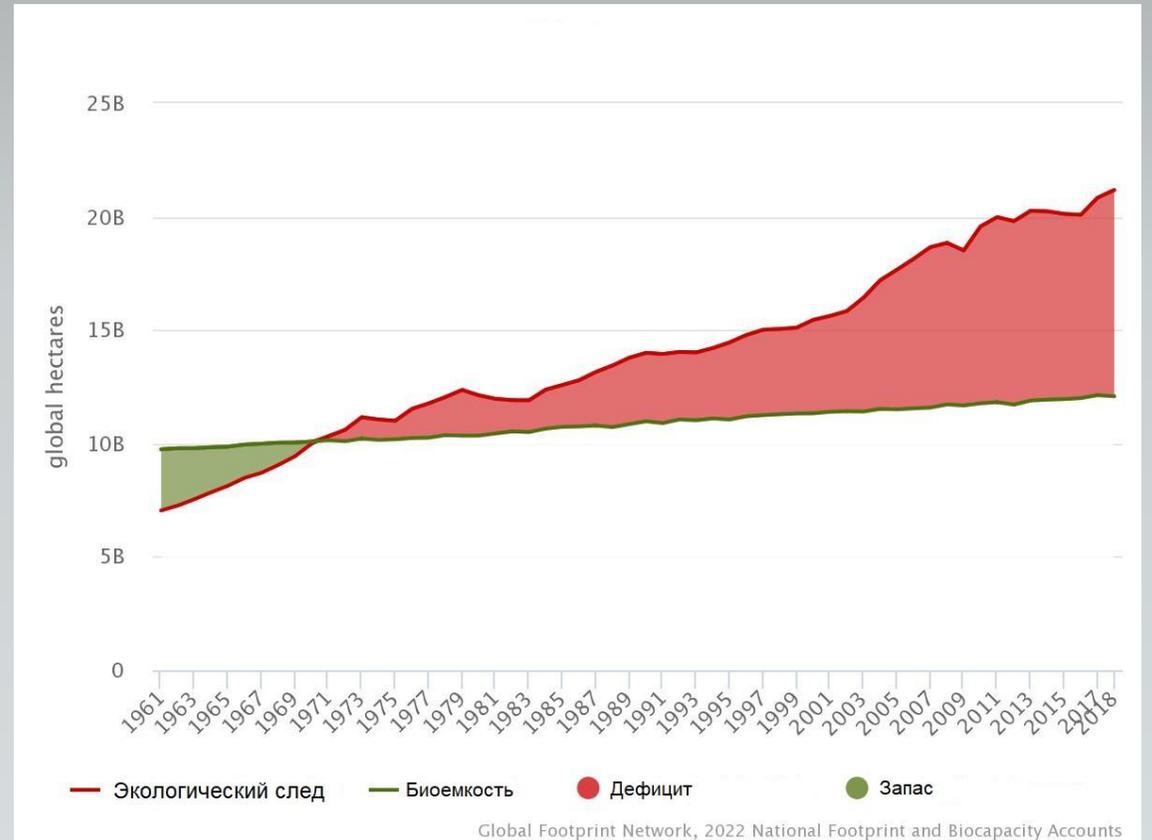
Экологический след — это площадь биологически продуктивной территории и акватории, необходимой для производства потребляемых человеком ресурсов и поглощения ОТХОДОВ.

ЭВОЛЮЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ, ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

| Показатель  | Е. И.       | 1961      | 1970       | 1980       | 1990       | 2000       | 2008       | Изменение 2008 к 1961 |
|---|-------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------|
| Население мира  | (млн. чел.) | 3085,8    | 3687,5     | 4443,5     | 5296,2     | 6122,8     | 6739,6     | 118,4%                |
| Валовый Внутренний Продукт (ППС)<br>(по Паритету Покупательной Способности) | (млн. \$)   | 8.725.317 | 13.765.940 | 20.029.995 | 27.134.084 | 36.688.285 | 50.973.935 | 484,2%                |
|   | (\$/чел.)   | 2.828     | 3.733      | 4.508      | 5.123      | 5.992      | 7.563      | 167,5%                |
| Биологическая Емкость планеты   | (млн. га)   | 9823,9    | 10230,8    | 10520,6    | 11282,1    | 11592,1    | 11967,5    | 21,8%                 |
|   | (га / чел.) | 3,18      | 2,77       | 2,37       | 2,13       | 1,89       | 1,78       | -44,2%                |
| Экологический след человечества   | (млн. га)   | 7259,0    | 10208,8    | 12224,2    | 14063,9    | 15059,9    | 18191,7    | 150,6%                |
|   | (га / чел.) | 2,35      | 2,77       | 2,75       | 2,66       | 2,46       | 2,70       | 14,7%                 |
| Изменение соотношения<br>Экологический след / Биоемкость                    |             | 0,74      | 1,00       | 1,16       | 1,25       | 1,30       | 1,52       |                       |

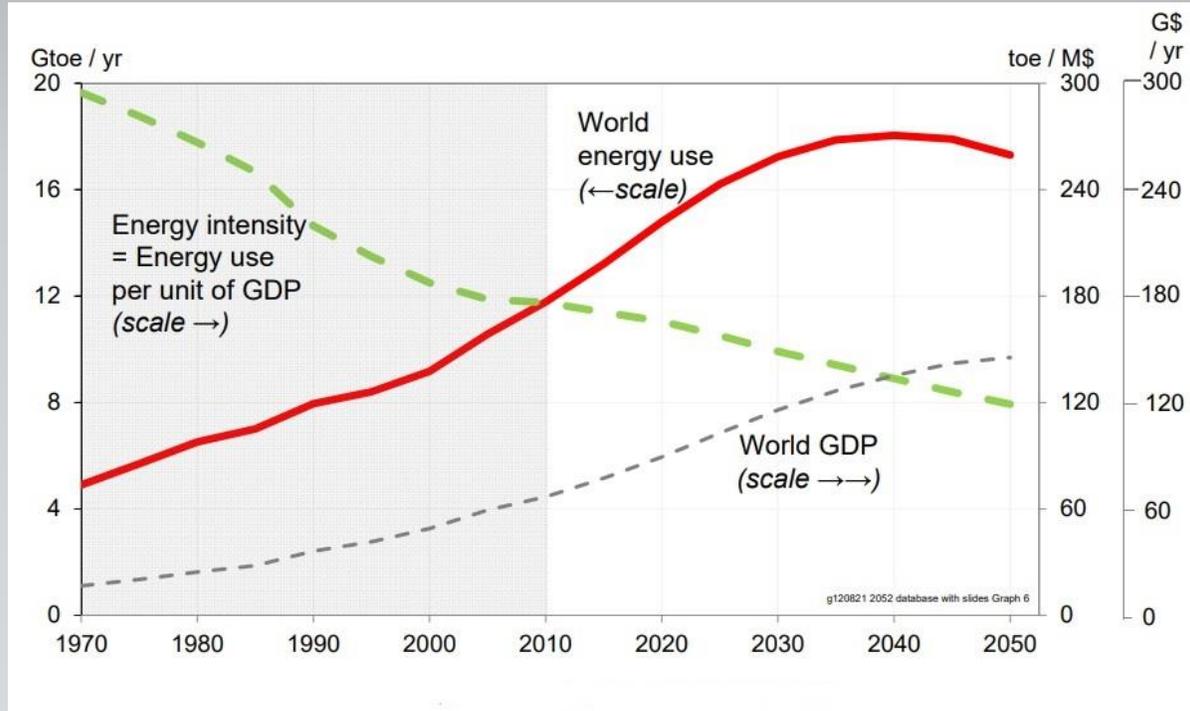


Примечания:  
 Демографические и экологические данные - GFN National Footprint Accounts 2011 Edition  
 Данные по ВВП - Historical Statistics of the World Economy, by Angus Maddison  
 Валюта расчета ВВП (ППС) - Международный доллар США 1990 г.

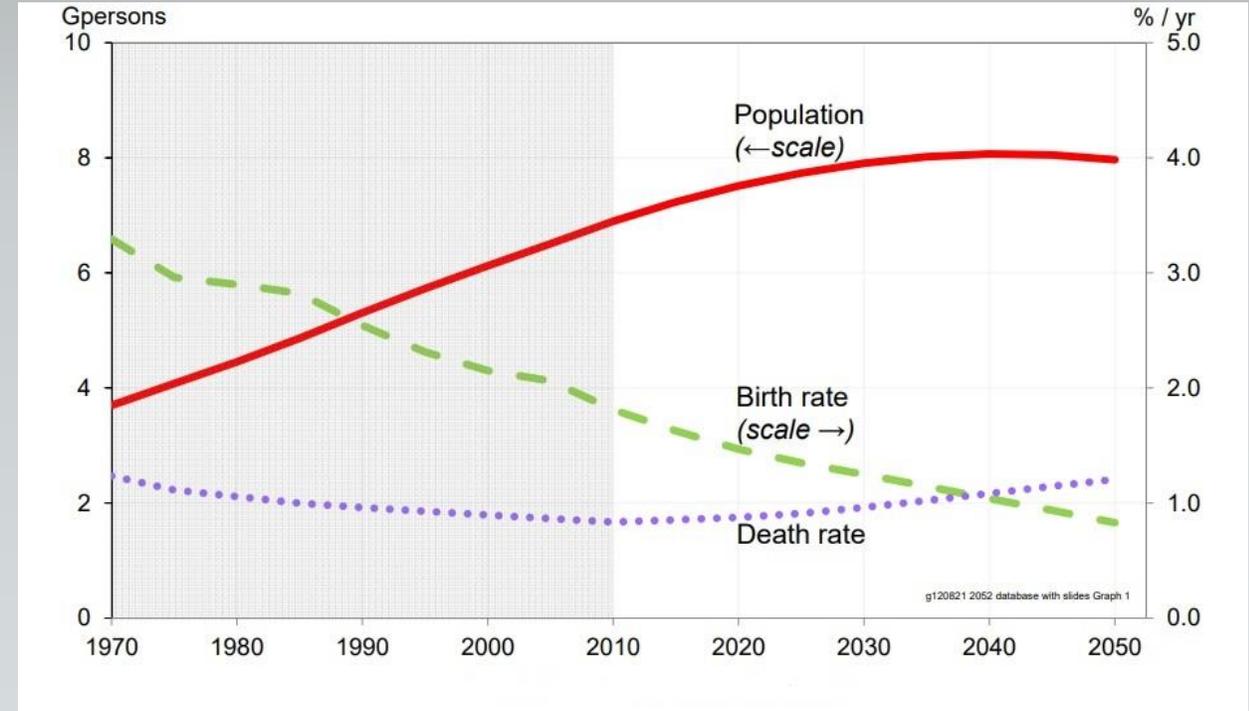


# Актуальность проблемы

«2052: A Global Forecast for the Next Forty Years» by Jørgen Randers

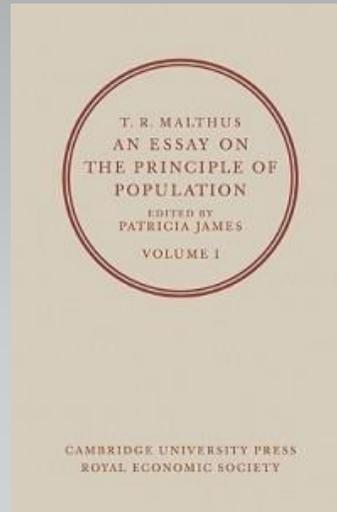


Глобальное потребление энергии 1970 – 2050 г.

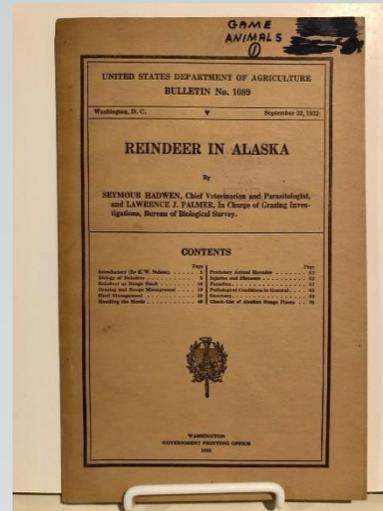


Рост населения, уровни рождаемости и смертности 1970 – 2050 г.

# История «экологической емкости»



«Опыт о законе народонаселения»  
[Т. Р. Мальтус, 1798 г.]



Потенциальная емкость - количество живых организмов, которые могут поддерживать свое существование без ущерба для окружающей среды. [Hadwen, I.A.S., Palmer L.J., 1922.]

# Современные представления

## Популярные концептуальные подходы



способность экосистемы обеспечивать ресурсы и экологические условия, необходимые для поддержки человеческой деятельности и социально-экономического развития

Авторы:

- Ruggiero, G, Verdiani, G, and Sasso
- Xueling Wu, Fang Hu
- Jixi, G



максимально допустимая численность населения, которую способна поддерживать экосистема в каком-либо регионе

Авторы:

- Wang, S. F. Xu, Y., Liu, T. J
- Miao, C., Sun, L., & Yang, L
- Pablo del Monte-Luna/ Barry W. Brook

# Современные представления

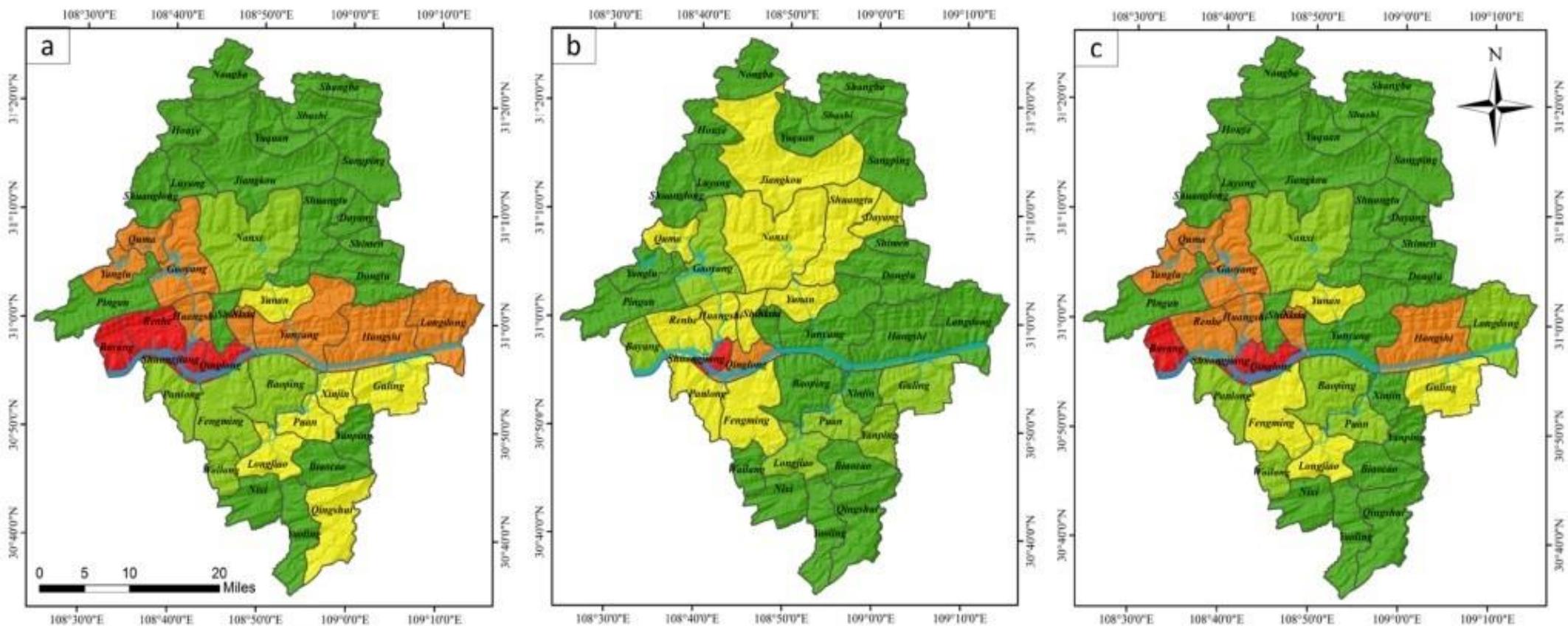
## Сферы применения

- Экология (как предел допустимой человеческой деятельности [Liu, R. Z., & Borthwick, A. G. L.]);
- Городская среда (учет экологического следа и биоемкости муниципальных образований [Małgorzata Świąder, David Lin]);
- Транспорт (как масштабы развития городского транспорта, возможные без качественных изменений окружающей среды [Aiyuan Duan, Jungang Yang]);
- Водные ресурсы (как максимальный предел населения, эксплуатирующий водный объект [Dou, M., Ma, J., Li, G., & Zuo, Q. ]);
- Сельское хозяйство (как величина производства культур, не приводящая к существенным изменениям в окружающей среде [Ross, L.G., Telfer, T.C., Falconer, L., and other]);
- Туризм (как рекреационная нагрузка, предел пропускной способности объектов туризма [Rahmani, A, Fakhraee, A, and Karami, S, et al.]).

## Методология оценки

| Метод                                      | Недостатки  |
|--|---|
| <i>Метод экологического следа</i>          | Сложный вычислительный процесс, результаты обычно занижены, не учитываются достижения науки и технологий    |
| <i>Метод экосистемных услуг</i>            | Низкая вариативность параметров модели, малая точность при небольших исследованиях                          |
| <i>Модель системной динамики</i>           | Субъективность выбора подсистем, плохая способность к оптимизации   |
| <i>Метод системы оценочных индексов</i>    | Плохие возможности для прогнозирования  |
| <i>Модель оптимизации принятия решений</i> | Неспособность работать с массивными данными   |
| <i>Метод коэффициента надежности</i>       | Значительные неопределенности с точки зрения технических методов, поддержки данных и надежности результатов |

# Методология оценки



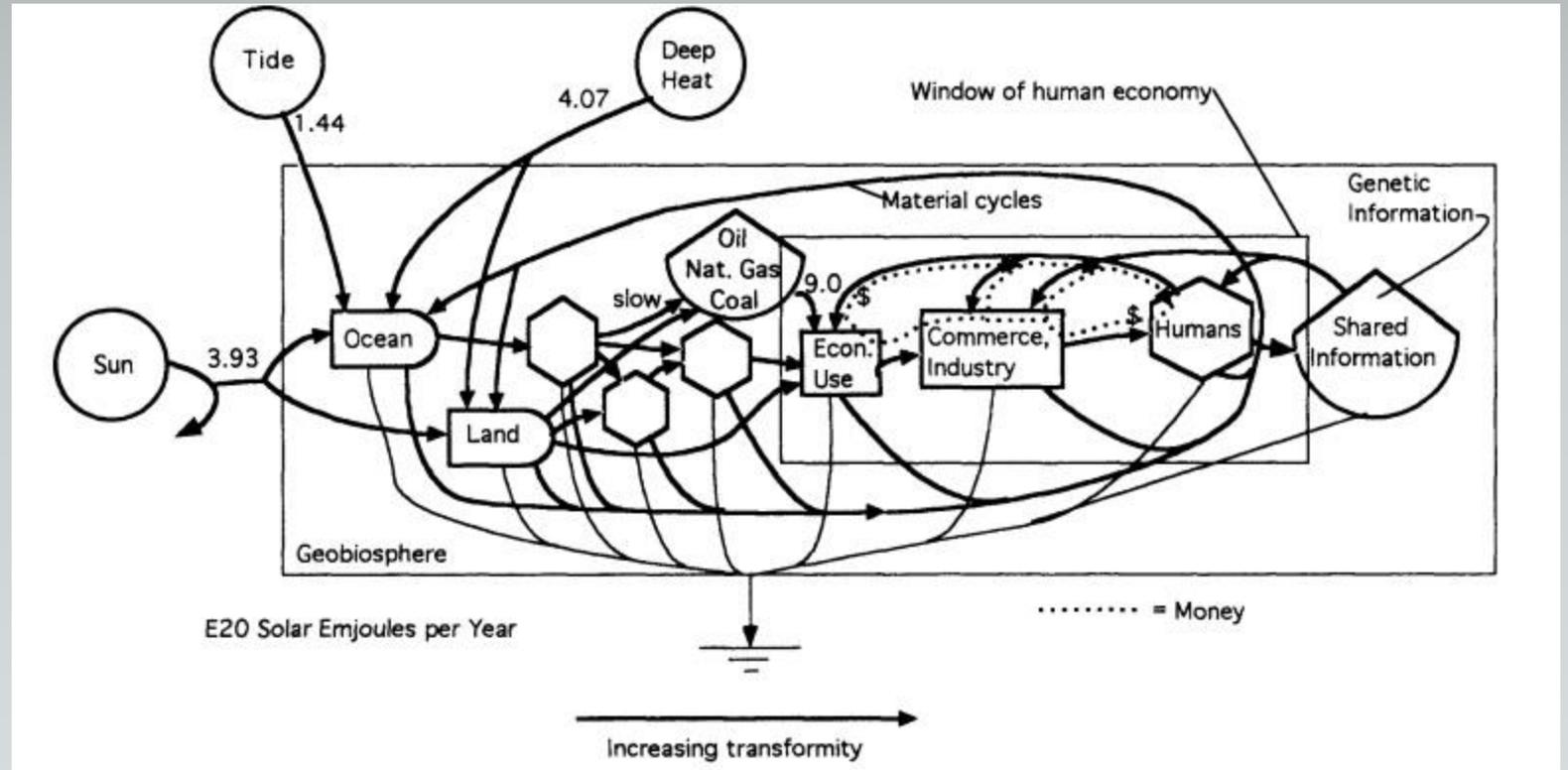
**Legend** ■ River  Township boundary ■ Very high ■ High ■ Moderate ■ Low ■ Very low

Оценка экологической емкости округа Юньян (Китай) а - метод оценочного индекса, б - методом аналитической иерархии с - комбинированный на основе первых двух способов

# Энергетический подход



Одум Говард  
(Howard Thomas Odum;  
1924-2002)



Обзор глобальной энергетической иерархии и ее  
основного ежегодного бюджета Эмергии.

## Энергетический подход

Преимущества:

- ✓ Независимая мера
- ✓ Отображает вклад как человека, так и природы
- ✓ Объективность проводимой оценки
- ✓ Возможность исследовать динамику экосистемы
- ✓ Покомпонентная оценка экосистемы



Эколого-энергетическая модель процессов лесовосстановления [Иванова М. М., ИМКЭС СО РАН, г. Томск]

## Энергетическая оценка экологической емкости экосистем

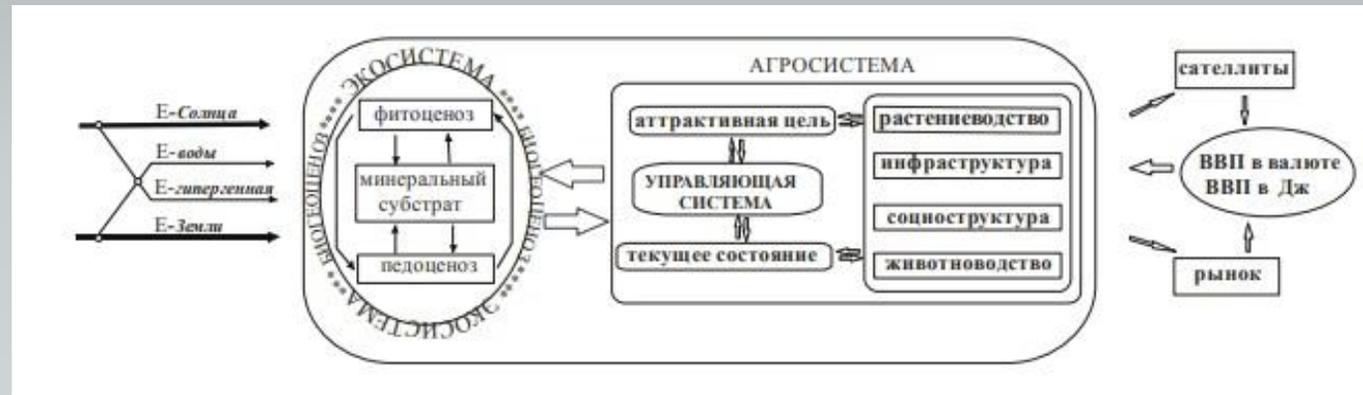
| Год                             | Эмергия входа<br>(*10 <sup>20</sup> сДж/год) | Эмергия выхода<br>(*10 <sup>20</sup> сДж/год) |
|---------------------------------|--|---|
| 1785                            | 427,94                                       | 124,7   |
| 1825                            | 453,97                                       | 156,5   |
| 1875                            | 513,73                                       | 230,9   |
| 1913                            | 551,94                                       | 292,4   |
| 1981-1990<br>(для Курской обл.) | 53,06  | 40,9  |

Относительная эмергетическая эффективность агросистем [Фельдман О. В., Денисенко Е. А., Логофет Д. О, 1998]

|              | 1981-1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|--------------|-----------|------|------|------|------|
| Белгородская | 2,39      | 2.37 | 2.35 | 2.32 | 2.30 |
| Воронежская  | 2.75      | 2.75 | 2.72 | 2.72 | 2.72 |
| Курская      | 2.43      | 2.42 | 2.38 | 2.36 | 2.36 |
| Липецкая     | 2.09      | 2.07 | 2.05 | 2.02 | 2.00 |
| Тамбовская   | 2.36      | 2.34 | 2.34 | 2.34 | 2.26 |

Показатель энергетической нагрузки агросистем (\*10<sup>15</sup> сДж/тыс.га/год) [Фельдман О. В., Денисенко Е. А., Логофет Д. О, 1998]

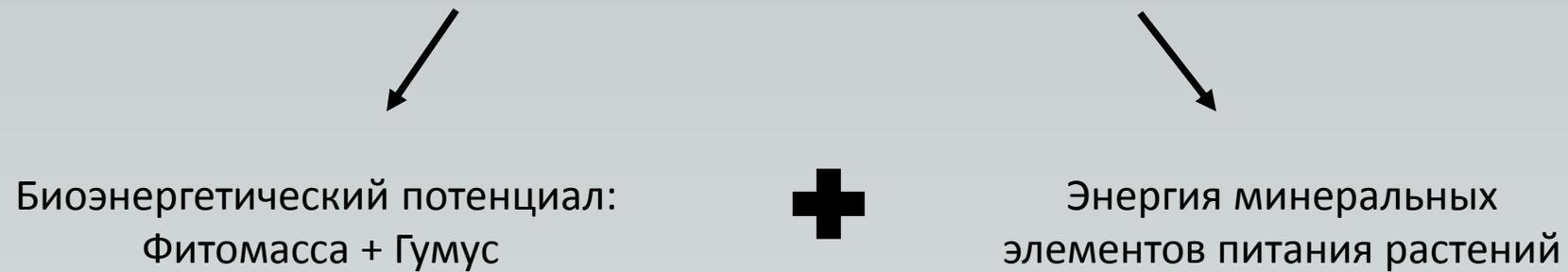
# Энергетическая оценка экологической емкости экосистем



Структурная схема управления агрогеосистемой  
[Поздняков А. В., Шуркина К. А., 2008]

## Энергетическая оценка экологической емкости экосистем

Экологическая емкость агроландшафтов - способность принимать и трансформировать определенное количество вещества и энергии при устойчивом функционировании в заданном режиме [Володин В. М. и др, 2000 г.]



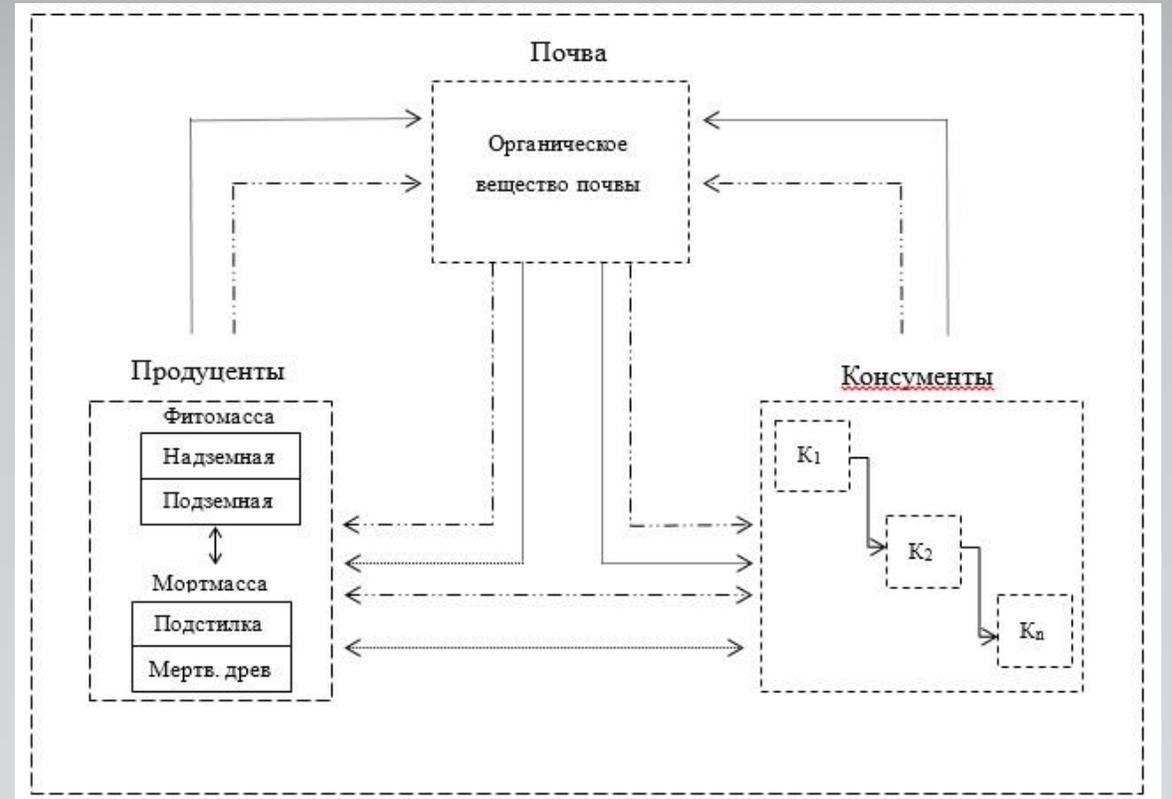
## Энергетическая оценка экологической емкости экосистем

$$E_{cur} = E_f + E_m + Q$$

где  $E_f$  – энергопотенциал фитомассы, МДж/м<sup>2</sup>;

$E_m$  – энергопотенциал мортмассы, МДж/м<sup>2</sup>;

$Q$  – энергопотенциал почвы, МДж/м<sup>2</sup>.



Благодарим за внимание!

