

Физическая и математическая история: обзор литературы

Ю.Л.Словохотов

Химический факультет МГУ, кафедра физической химии
Институт элементоорганических соединений РАН
slov@phys.chem.msu.ru

План доклада

1. Допустимо ли объединять историю с физикой?
2. Каналы влияния физических факторов на динамику социальных систем.
3. Учет физических факторов и математические модели в исторических исследованиях.
4. Значение исторических данных для социофизического моделирования.

История (др.-греч. **ιστορία** – расспрашивание, расследование) – область знаний, а тж. **гуманитарная наука**, занимающаяся изучением человека (его деятельности, ..., и т.д.) в прошлом. В более узком смысле история – это **наука**, изучающая всевозможные источники (информации) о прошлом для того, чтобы установить последовательность (прошедших) событий, ... и сделать выводы о **причинах** событий.

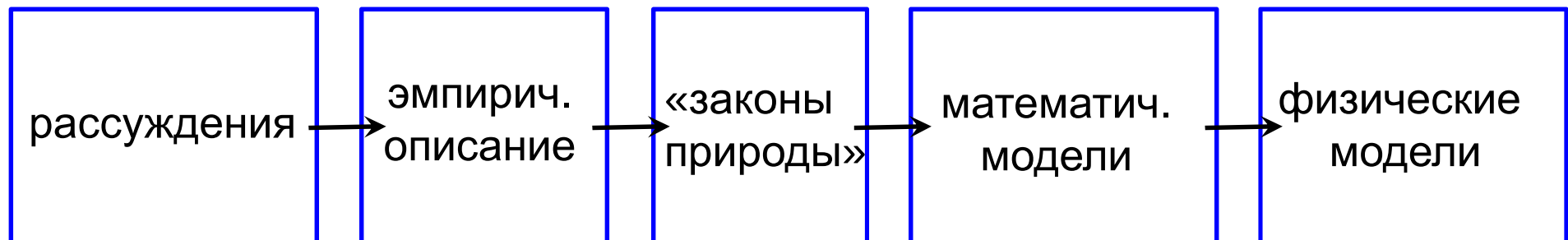
Википедия

Физика – наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие свойства и законы движения окружающих нас объектов материального мира. Вследствие этой общности не существует явлений природы, не имеющих физ. свойств или сторон. Понятия Ф. и ее законы лежат в основе всего естествознания.

Слово «физика» происходит от греч. **φύσις** – природа. ... Границы, отделяющие Ф. от др. естеств. наук, в значит. мере условны и меняются с течением времени. В своей основе Ф. – экспериментальная наука: ее законы базируются на фактах, установленных опытным путем.

Физическая энциклопедия, т. 5.

М., Научное изд-во «Большая российская энциклопедия, 1998 г.



Использованная литература

- Капица С.П. *Общая теория роста человечества*, – М.: Наука, 1999.
- Назаретян А.П. *Цивилизационные кризисы в контексте универсальной истории. Синергетика, психология, прогнозирование*. М.: Мир. 2004.
- Вайдлих В. *Социодинамика. Системный подход к математическому моделированию в социальных науках*, М., URSS, 2005.
- Малков С.Ю., Коротаев А.В. (ред.). *История и синергетика: математическое моделирование социальной динамики*. М.: КомКнига, 2005.
- Митюков Н.В. *Имитационное моделирование в военной истории*. М.: ЛКИ, 2007.
- Нефедов С.А. *Факторный анализ исторического процесса. История Востока*. М.: изд. дом «Территория будущего», 2008.
- Клименко В.В., *Климат: непрочитанная глава истории*, М.: МЭИ, 2009
- Чернавский Д.С. *Синергетика и информация: динамическая теория информации*. Изд.3, доп. – М.: ЛКИ, 2009. – 304 с.
- Турчин П.В. *Историческая динамика. На пути к теоретической истории* (2-е изд.). М.: ЛКИ, 2010.

Научная периодика

Physica A, Physical Review E,, Complexity, Proc. Natl. Acad. Sci. USA (PNAS), PLoS One, J. Artific. Soc. Social Simul. (JASSS), Cliodynamics
Библиотека препринтов ArXiv: [http:// arxiv.org/list/physics.soc-ph/recent](http://arxiv.org/list/physics.soc-ph/recent)
Компьютерные исследования и моделирование (KuM)

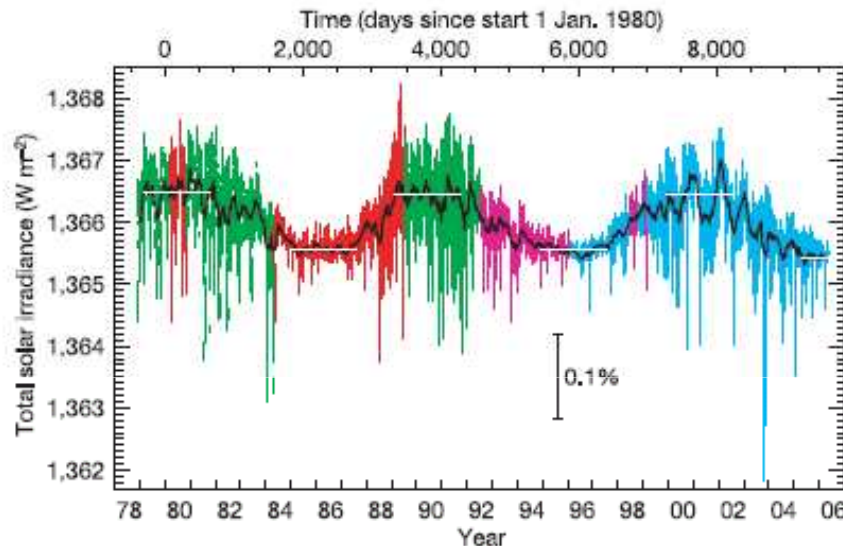
Как физические факторы влияют на общество

1. Диссипативный характер глобальной подсистемы
“человечество на Земле в историческом времени”.
Физическая климатология и влияние экзогенных факторов
на исторические процессы. **Физическая история.**
2. Многочастичный характер социальных систем, аналогии
с процессами в “неживых” многочастичных системах.
Математическая экономика, экономическая физика, математическая
политология, **математическая история** и др.
3. Объективный характер процессов, определяющих
человеческое сознание, возможность их анализа.
Когнитивное планирование, информационное управление;
правомерность анализа социума методами точных наук.

Влияние погодных, климатических
и космических факторов
на исторические процессы
(«физическая история»)

Колебания потока солнечной энергии

TSI (total solar irradiance), или *солнечная постоянная* S_0 :
средн. **1366** Вт/м²



Данные с космических аппаратов (ACRIM)
P.Foukal, et al., *Nature*, **443**,
161 (2006)

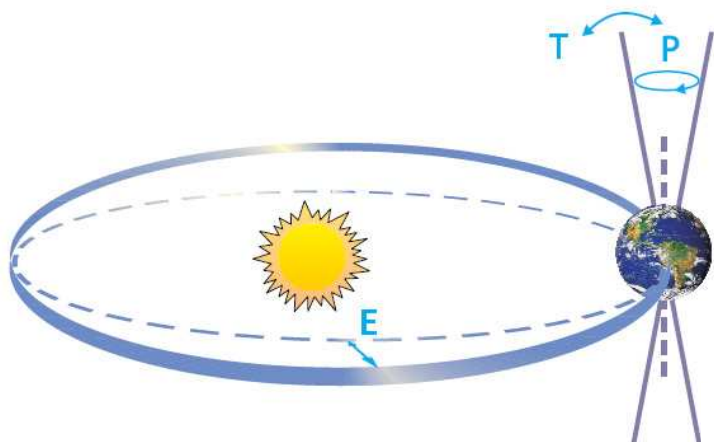
Годовое поглощение солнечной энергии Землей

$\sim 3.6 \cdot 10^{24}$ Дж

Энергия, выработанная человечеством в 2007 г.

$\sim 5 \cdot 10^{20}$ Дж (0.014%)

Палеоклиматические циклы (циклы Миланковича)

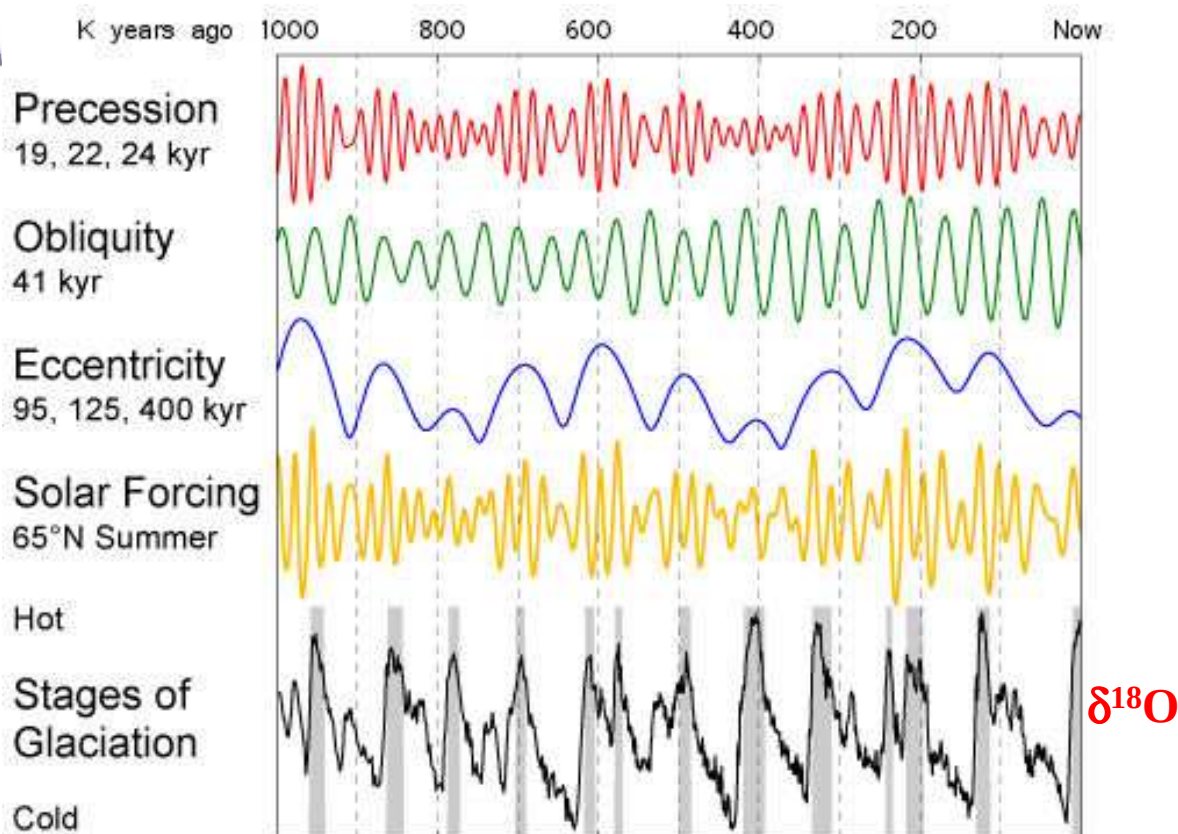


А.С.Монин, Ю.А.Шишков,
Климат как проблема физики,
УФН, **170**, 419 (2000)

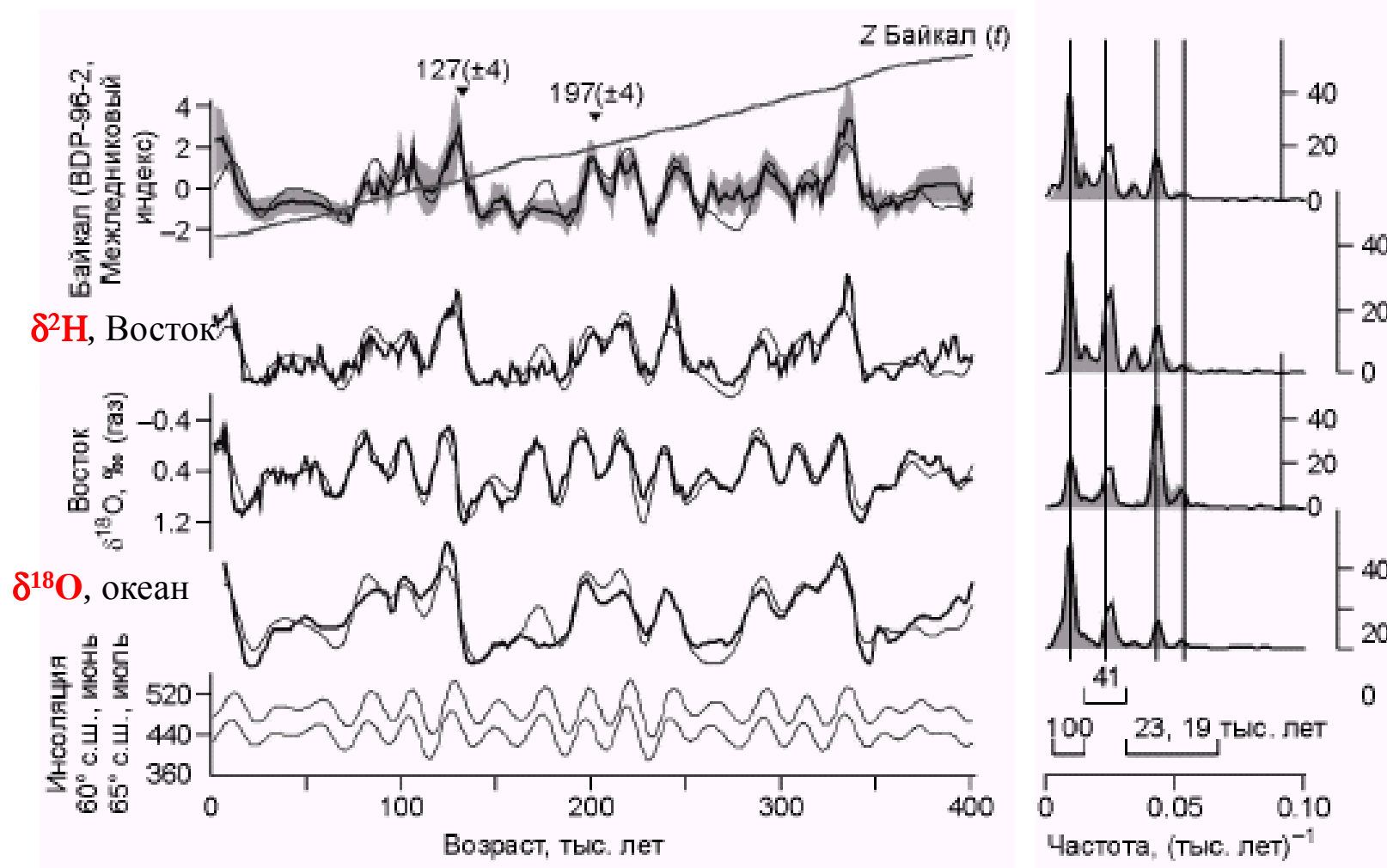
**Прецессия (~19 тыс. лет)
и нутация (23 тыс. лет) оси
вращения: освещенность
поверхности Земли**

**Возмущения орбиты Земли
другими планетами
(41, 95 тыс. лет и более)**

**Концентрация
космогенных изотопов**



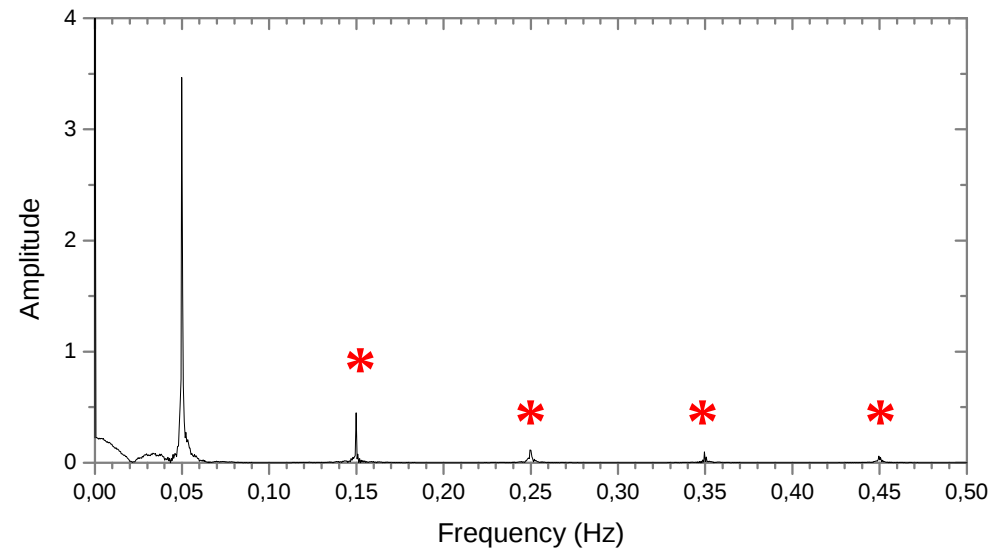
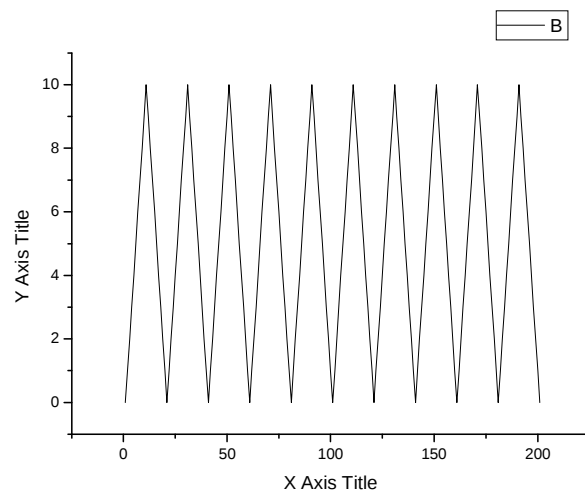
Содержание климатических маркеров в донных пробах оз. Байкал (Br, Mo, U, Sr/Ti, Sr/Rb, Sr/Th, Zn/Nb, U/Th) (верхний график): корреляция с циклами Миланковича



М.А.Федорин, Е.Л.Гольдберг, *Геология и геофизика* **49(1)**, 50 (2008)

Гармоники несинусоидальных колебаний

(некоторые частоты могут отражать не реальную периодичность, а несинусоидальную форму колебаний)



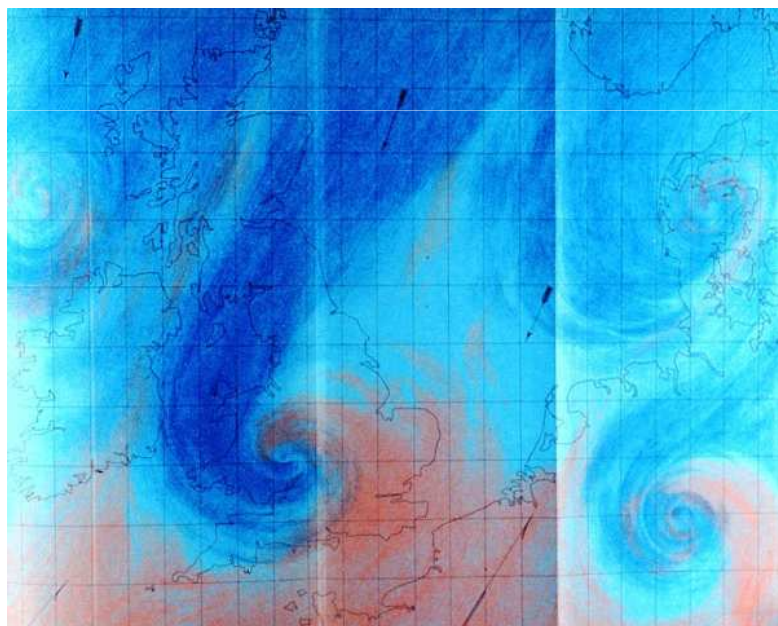
Интервалы доступных данных

Прямые измерения TSI: с 1978 г. (35 лет)

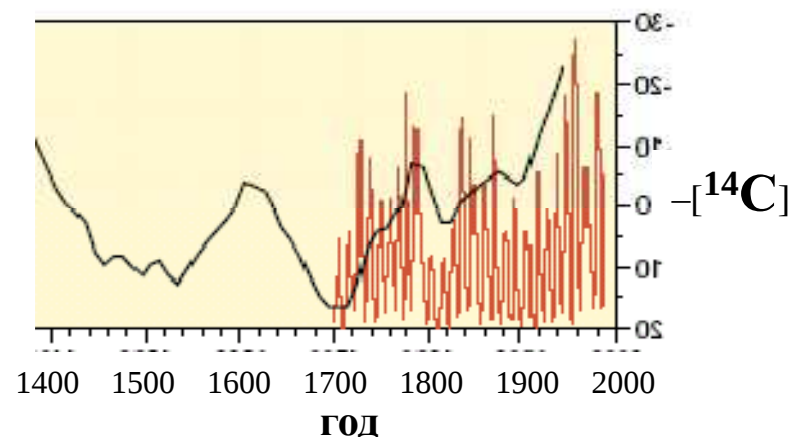
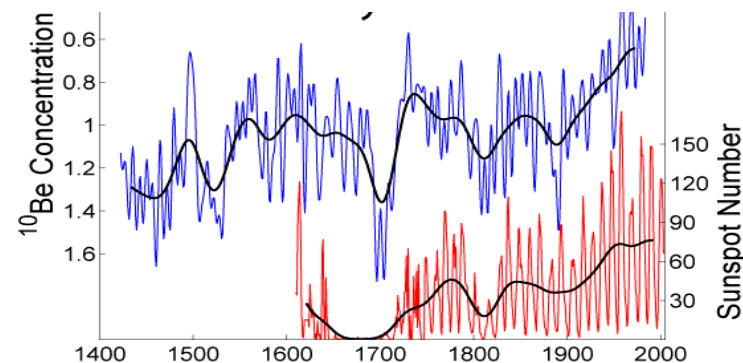
Астрономические наблюдения солнечных пятен:
с XVII в. (~400 лет)

Систематические метеорологические наблюдения: с начала
XIX в., сеть метеостанций – после **14.11.1854** (~150 лет).

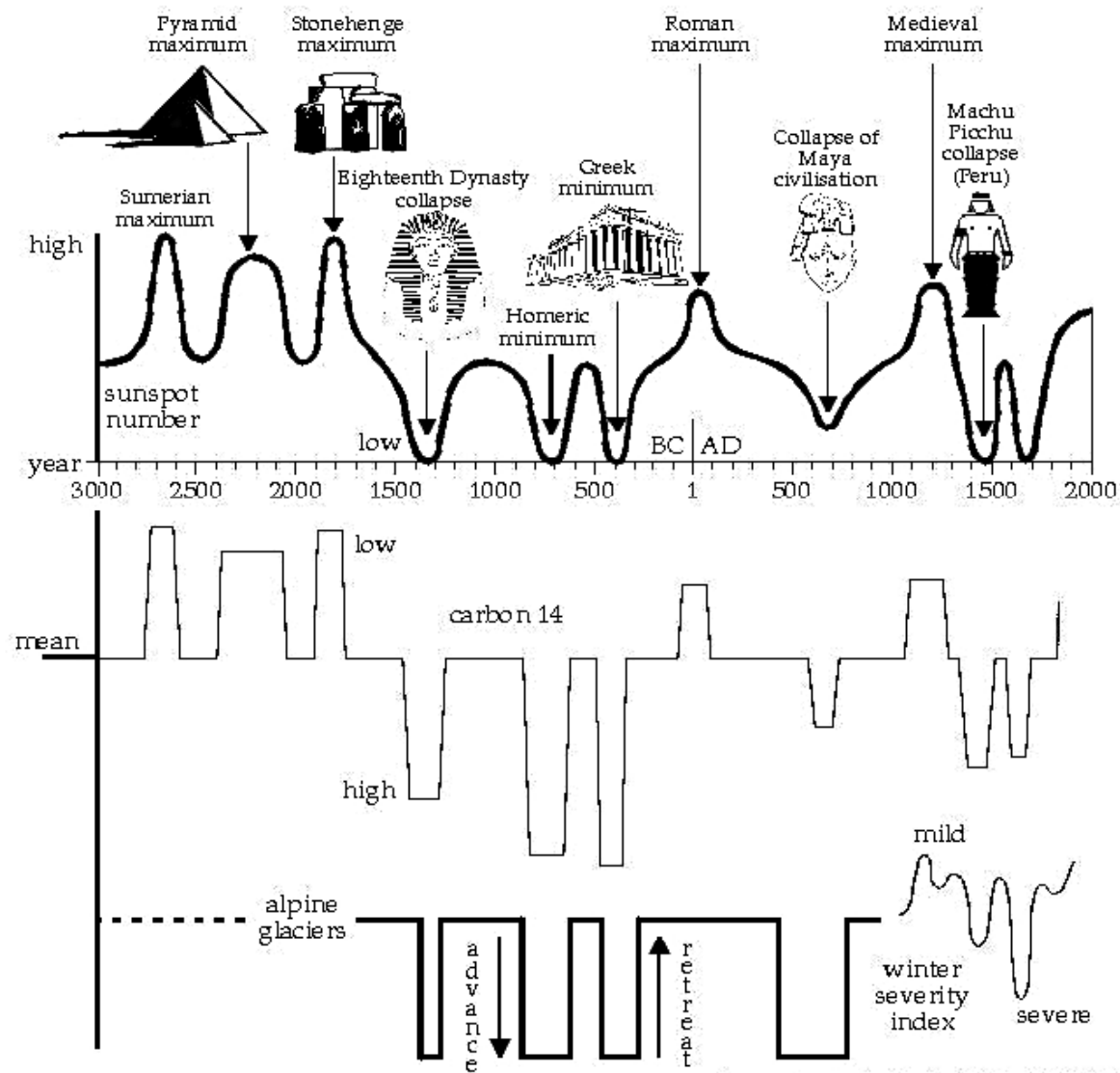
Концентрация космогенных изотопов (^{14}C , ^{10}Be) – до 1 тыс. лет



синоптическая карта Р. Фицроя (1863 г.)



Дж.Эдди, История об исчезнувших солнечных пятнах, УФН, 1978, **125**, 315



Source: Geophysical Data, J. Eddy (USA) 1978

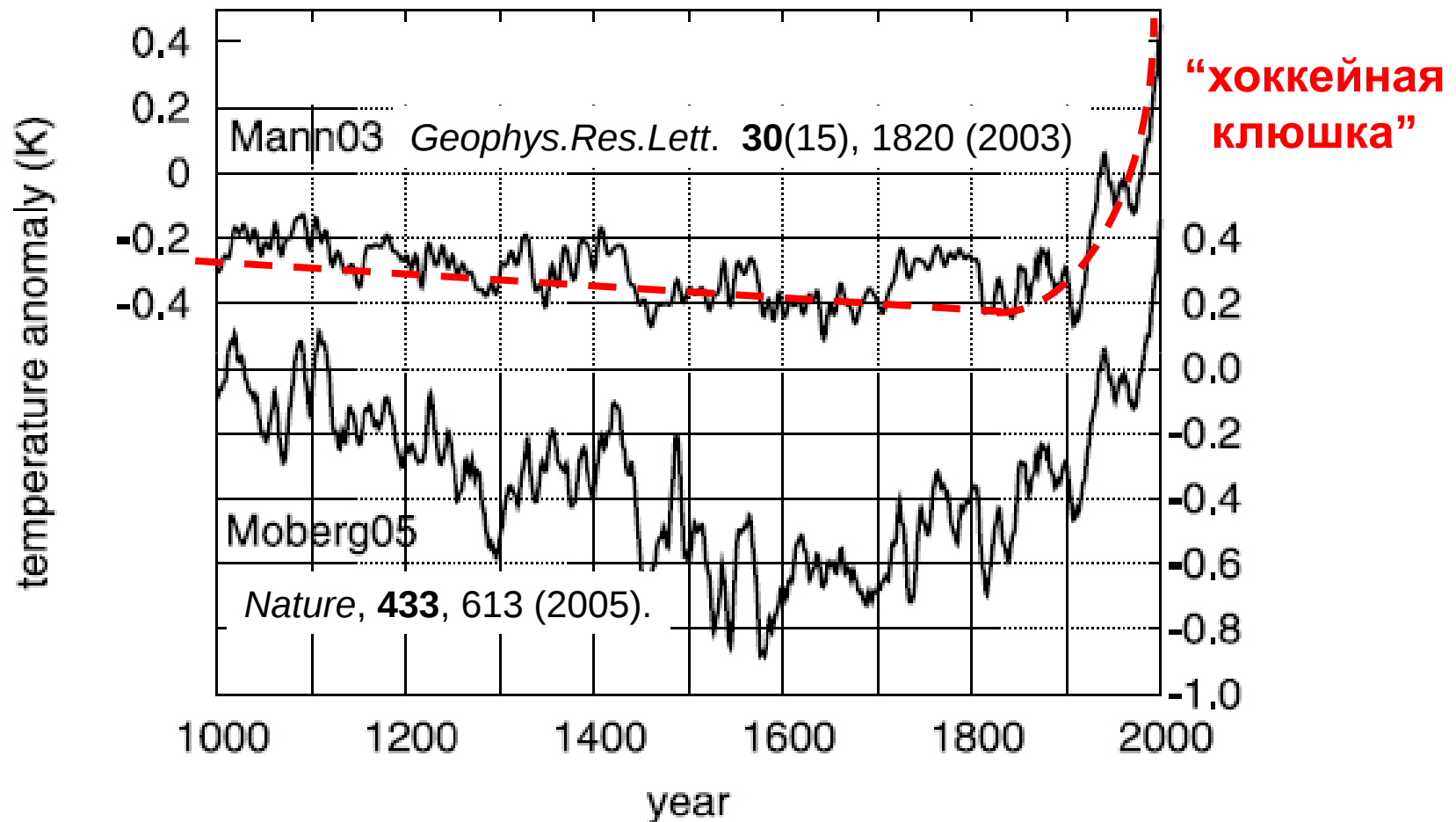
Вековые изменения солнечной постоянной

по N.Scafetta, B.J.West, *J.Geophys.Res.* **112**, D24S03 (2007)



Реконструкции векового хода температуры в Северном полушарии в 1000 - 2000 г.г.

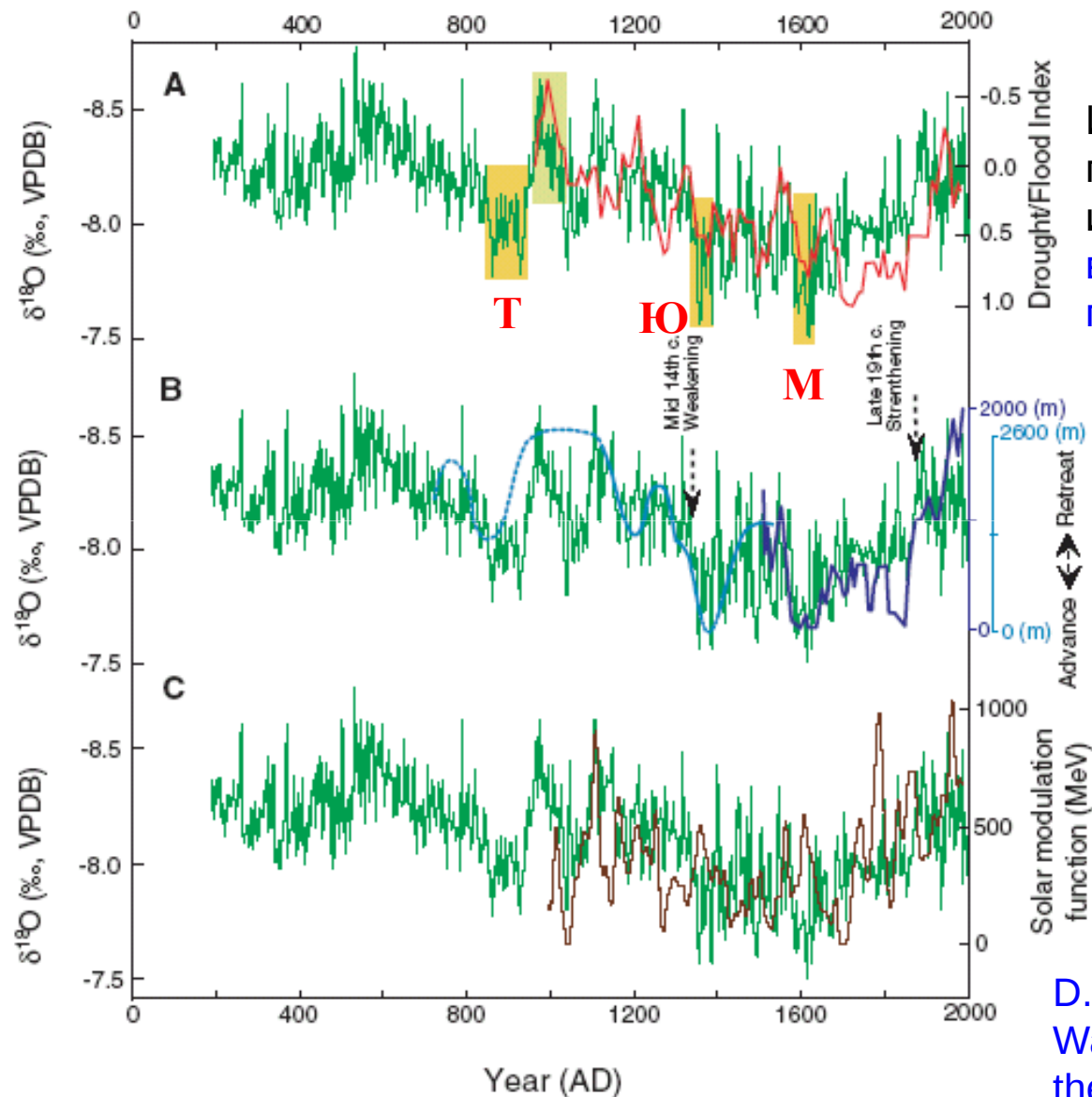
климатология политизирована («антропогенное» глобальное потепление);
ряды восстановленных температур могут сильно различаться у разных авторов .



N. Scafetta, Solar and planetary oscillation control on climate change: hind-cast, forecast and a comparison with the CMIP5 GCMs/ Energy & Environment 24, 455 – 496 (2013); [arXiv:1307.3706v1 \[physics.geo-ph\]](https://arxiv.org/abs/1307.3706v1) 14 Jul 2013

Климатические изменения в Китае III - XX в.в.

P.Zhang et al., *Science*, **322**, 940 (2008)



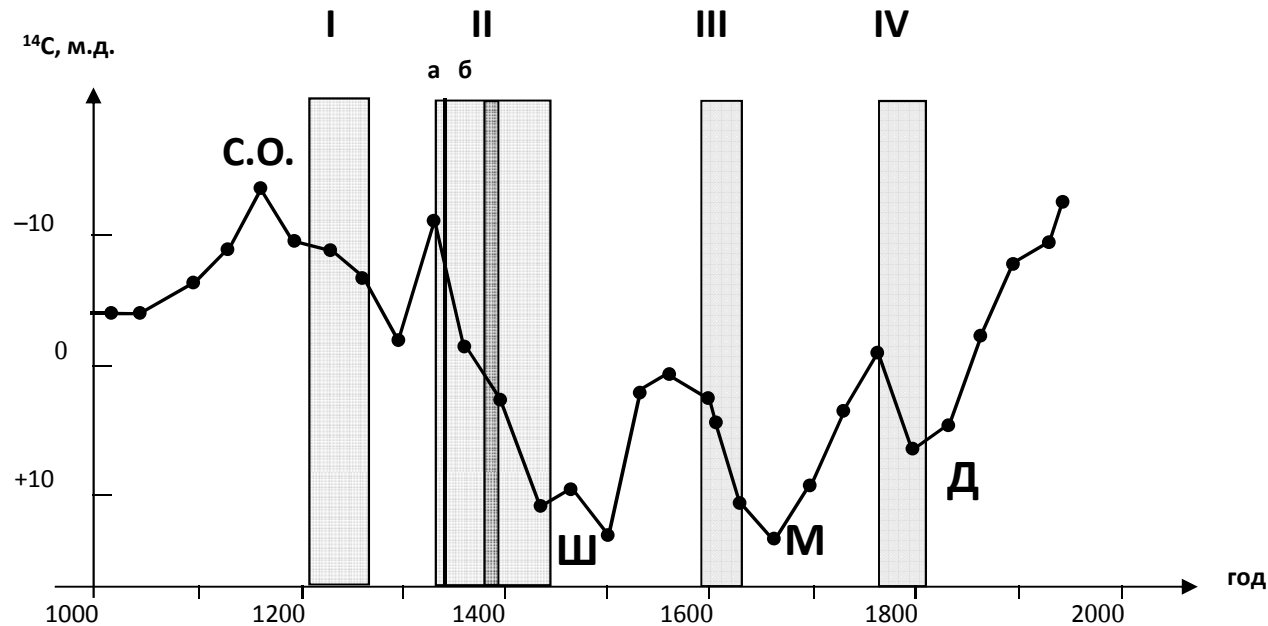
Интенсивность муссонных дождей по содержанию ^{18}O в сталагмите из пещеры Вансян (Китай). Засушливые периоды **Т**, **Ю** и **М** предваряют падение династий Тан, Юань и Мин

Корреляции $\delta^{18}\text{O}$ (Китай) с динамикой ледников в Альпах

Корреляции $\delta^{18}\text{O}$ (Китай) с реконструкцией TSI в 1000–2000 г.г. по содержанию ^{10}Be и ^{14}C

D.D.Zhang, et al., *Climate Change and War Frequency in Eastern China over the Last Millennium*, *Hum. Ecol.*, **35**, 403 (2007)

Влияние изменений климата на историческую динамику



Доля изотопа ^{14}C в годичных кольцах деревьев, $\times 10^9$ (снижается при росте солнечной активности); минимумы Дальтона (Д), Маундера (М) и Шперера (Ш) средневековый оптимум (C.O.)

I – монгольские завоевания, **II** – Столетняя война в Европе; падение Византии; (а) чума (1347–50 г.г.), (б) крестьянские войны (1390-е г.г.),

III –Смутное время на Руси, Тридцатилетняя война в Европе, революция в Англии, падение династии Мин в Китае; **IV** – война за независимость США, Великая французская революция, наполеоновские войны

Влияние космических факторов на человечество

1. Циклы Миланковича: связь с климатом доказана; периоды лежат за пределами исторического времени.
2. Циклы солнечной активности (~11 лет): связь с климатом маловероятна, корреляция с политическими процессами обсуждается.
3. Медленные изменения TSI: связь с климатом вероятна, периодичность исследуется, минимумы коррелируют с эпохами нестабильности в истории ряда стран.

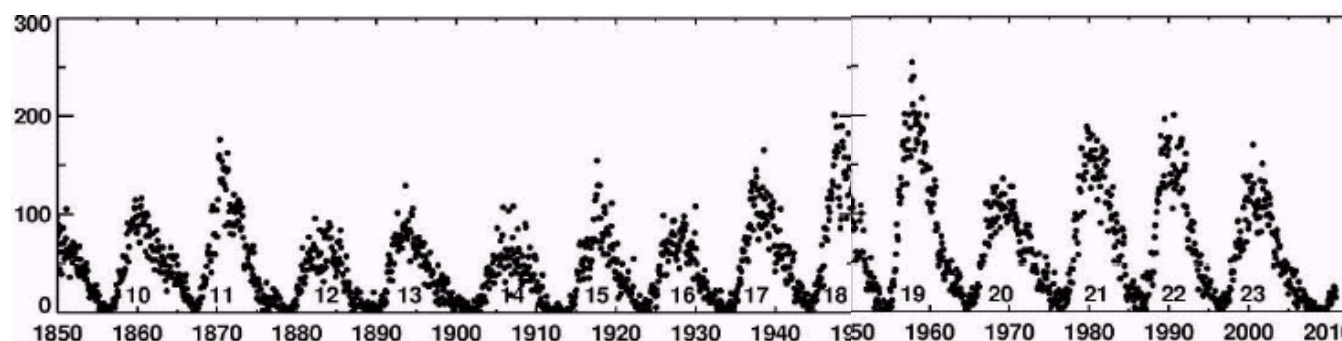
Изменения освещенности и TSI – «адиабатические» в масштабах исторического времени.

11-летние циклы: **вынужденные колебания социальных систем?** (политические циклы с близкими периодами).

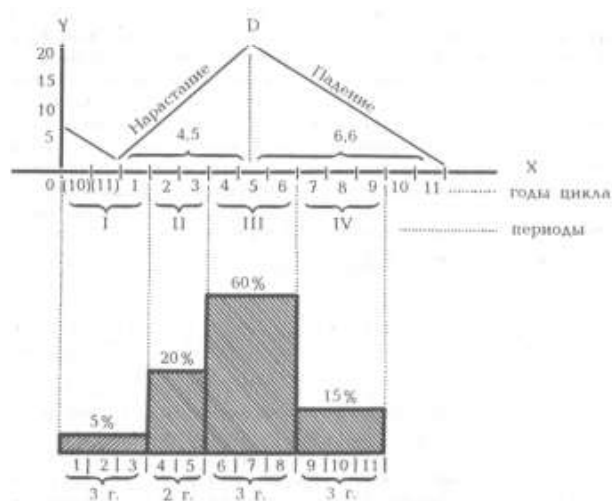
Поток солнечной энергии: **автоколебания и автоволны?** (экономические циклы; экономическая, политическая и военная экспансия).

Циклы солнечной активности и «общественная температура»

<http://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycles.shtml>

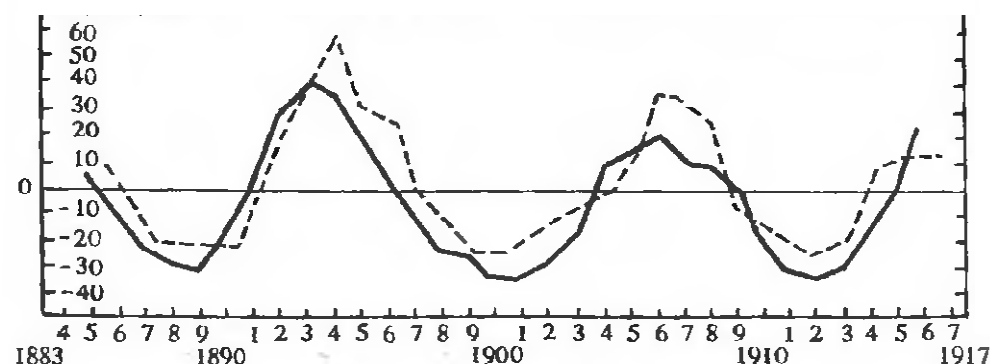


доля исторических событий в фазах
солнечного цикла, средние за 500 лет



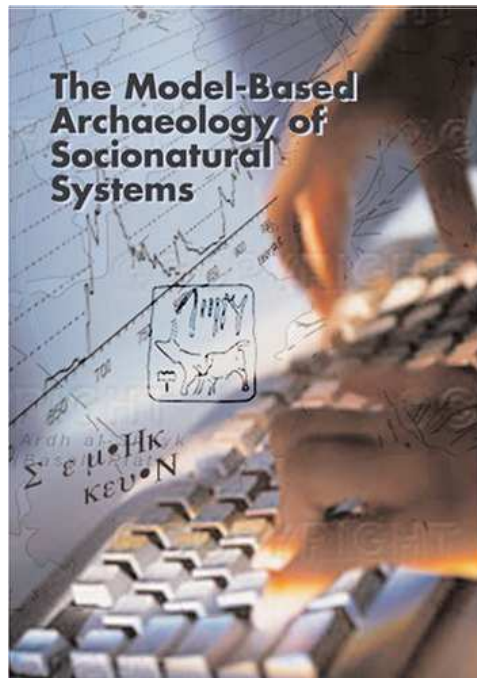
А.Л.Чижевский, *Физические факторы исторического процесса*, Калуга, 1924

А.М.Шлезингер, *Циклы американской истории*, М.: Прогресс, 1992



Пятнообразование на Солнце и заболеваемость
возвратным тифом в Москве (штриховая линия,
–1 год). А.Л.Чижевский, *Земля в объятиях
Солнца*, М., Мысль, 1995

Использование количественных данных, аналитическое построение трендов и расчетное моделирование прошлого («математическая история»)

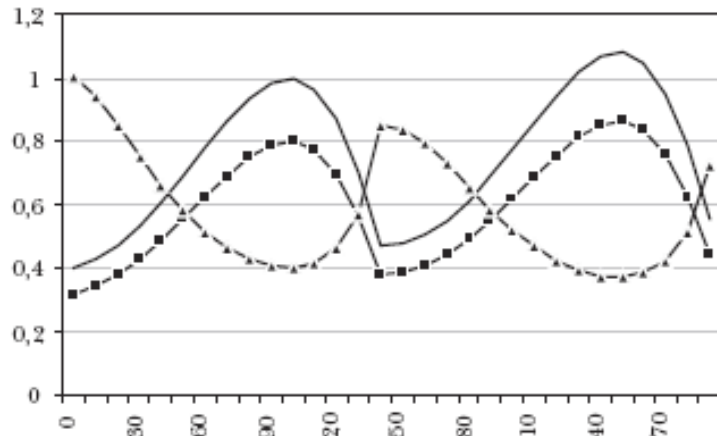


T.A. Kohler, S.E. van der Leeuw (Eds.)

**The Model-Based Archaeology
of Socionatural Systems**

SAR Press: Santa Fe, New Mexico, 2007

С.А.Нефедов *Факторный анализ исторического процесса. История Востока.*



Структурно-демографическая теория.

Факторы, определяющие исторический процесс:

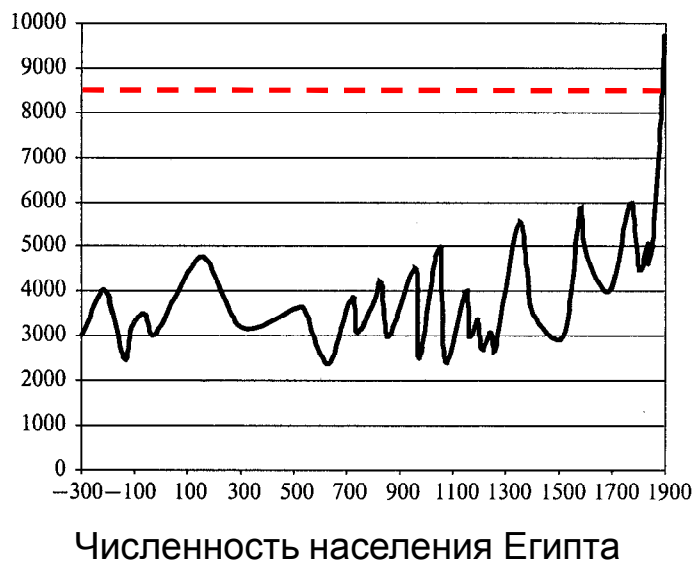
1. Мальтузианские циклы
2. Развитие технологий («военные революции»)
3. Внешний фактор (экспансия)
4. Изменения климата

П.В.Турчин. *Историческая динамика: на пути к теоретической истории.*

Феноменологические зависимости (уравнения). Дополнительный фактор:

асабия (ибн Халдун, XIV в.) – аналог **пассионарности** (по Л.Н.Гумилеву)

Модель египетской политико-демографической динамики



А.В.Коротаев, Базовая модель средневековой египетской политико-демографической динамики (там же, стр. 347)

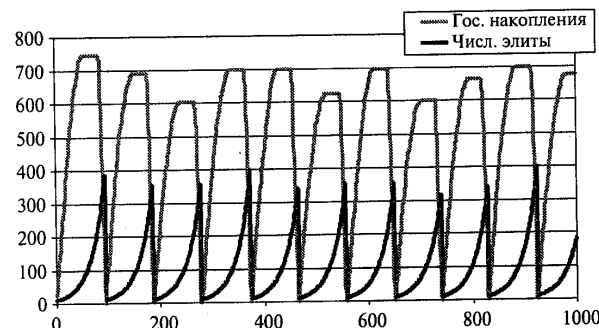
Модель Лотка-Вольтерра

$$\frac{dx}{dt} = a_1xy - a_2x$$

$$\frac{dy}{dt} = b_1x - b_2xy$$

где x – численность хищников

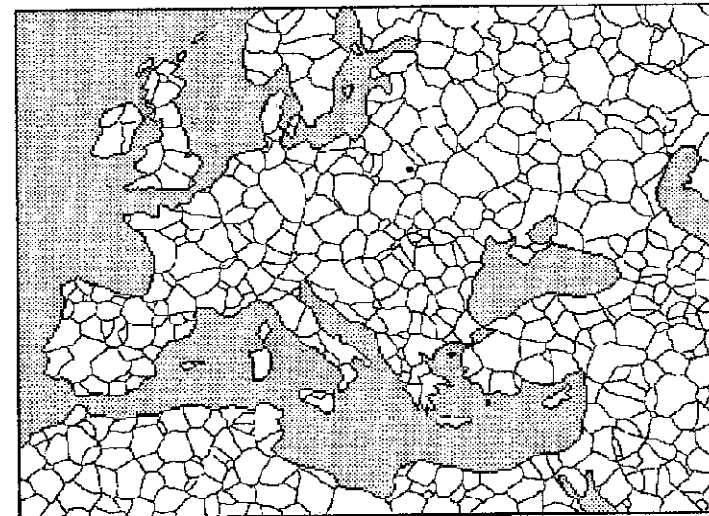
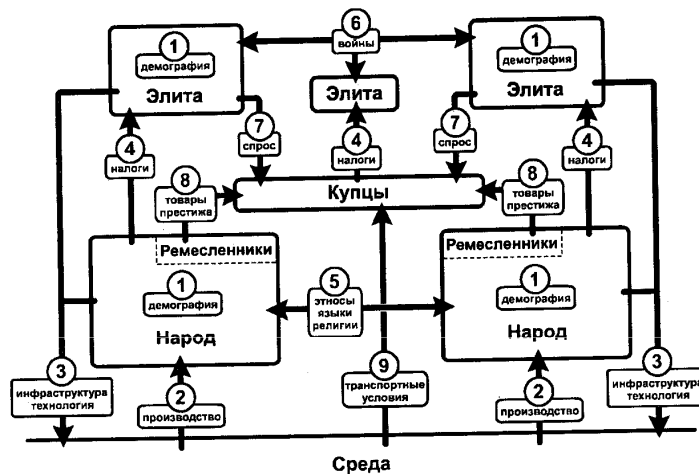
y – численность кормовой базы



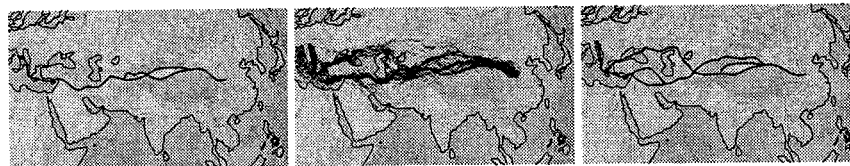
Имитационное моделирование исторической динамики: борьба княжеств и «товаропроводность» ландшафта

А.С.Малков, Г.Г.Малинецкий, Д.С.Чернавский. О математическом моделировании исторических процессов: аграрные общества. Там же, Приложение В, с. 304-316

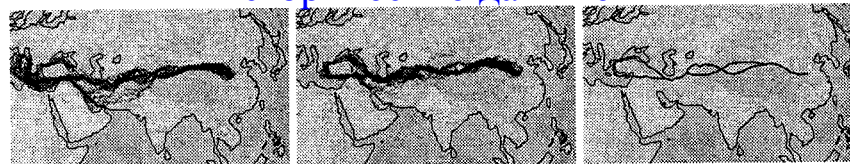
Схема взаимодействий



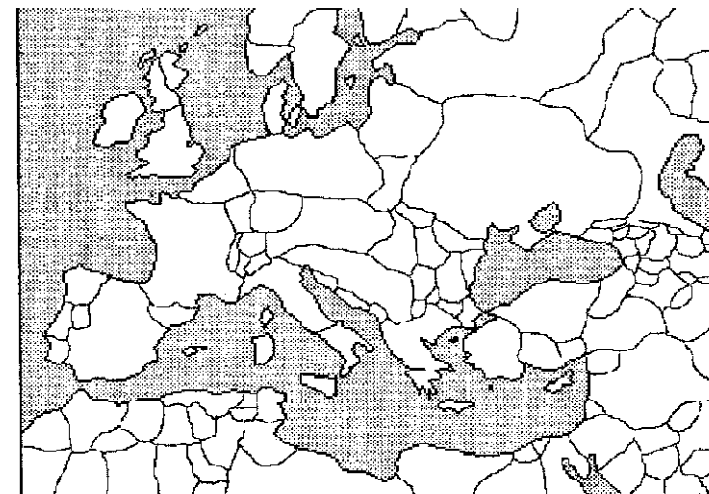
расчет, 300 тактов



исторические данные

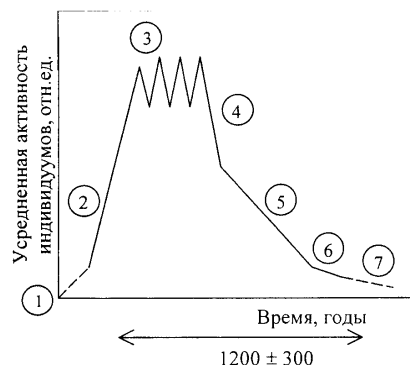


компьютерное моделирование



расчет, 4000 тактов

Вековая динамика Великого шелкового пути



Этапы эволюции этноса по Л.Н.Гумилеву (см. [2]):

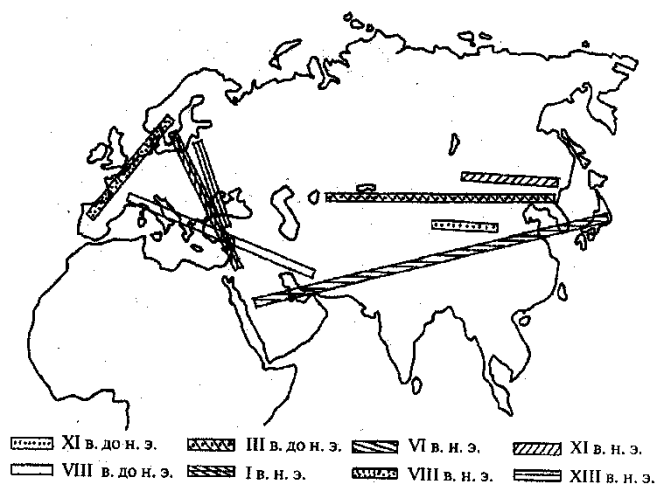
- 1 — пассинарный толчок космического происхождения;
- 2 — пассинарный подъем;
- 3 — акматическая фаза;
- 4 — фаза падлома;
- 5 — инерционная фаза (золотой век);
- 6 — фаза обскурации;
- 7 — гибель этноса как исторической общности людей

Этногенез по Л.Н.Гумилеву

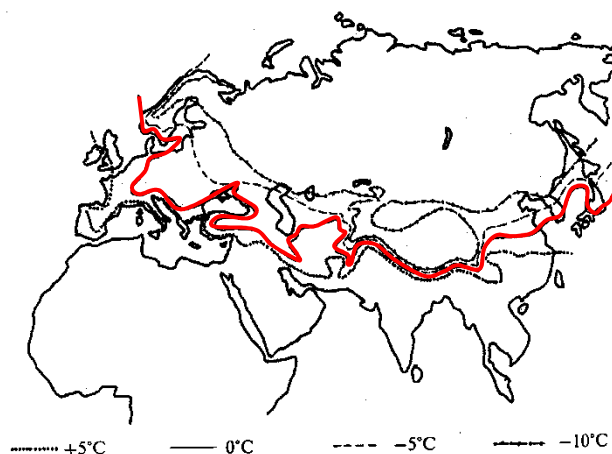
Внешнее (космическое) воздействие → массовое рождение лидеров-*пассионариев* → постепенная утрата «гена пассионарности». Средняя продолжительность жизни этноса 1200 ± 300 лет

Ю.Л.Словохотов, Росс. хим. журнал, т. 43, № 6, с. 52 (1999): формирование «военно-коллективистской» этики во враждебном окружении и ее постепенное разложение в условиях мирной жизни

Турчин П.В. Историческая динамика... А.С.Малков, С.Ю.Малков. Связь исторических процессов с изменениями климата, там же, — С.328-338



«Зоны пассионарных толчков» по Л.Н.Гумилеву



Современные изотермы января (**красным 0° С**)

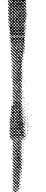
Имитационные модели

1. Верификация исторических данных
2. Осмысление содержания исторических событий
3. Средство обучения
4. Инструмент прогнозирования
5. Компьютерные эксперименты

Н.В.Митюков. Имитационное моделирование в военной истории, М.: ЛКИ, 2007

«... С другой стороны, общим местом в исторической литературе стали рассказы о зажигании построек стрелами с горячей паклей или иным аналогичным материалом. Достоверность этих рассказов сильно поколеблется, если смоделировать полет стрелы, выпущенной со скоростью 50 м/с. Для этого надо просто вспомнить, что $50 \text{ м/с} = 180 \text{ км/ч}$, и высунуть пук горячей пакли из окна автомобиля, который мчится с гораздо меньшей скоростью, хотя бы 120 км/ч . Нетрудно убедиться, что при этом происходит мгновенный отрыв пламени от горючего материала, и, соответственно, горение прекращается. ... Такие рассказы, возможно, порождены тем, что историки вооружений испытывают затруднения в интерпретации материальных источников либо ошибочно прочитывают источники письменные» (стр. 81)

Таблица 2.1. Параметры серии наконечников

Внешний вид				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Материал	Железо			
Масса, г.	4,6	7,5	8,8	10,4
Назначение	Проникающее			Ударное
Длина рабочей части, мм	27	54	55	54
Сечение в миделе	Ромб		Уплощенный	
Площадь миделя, мм ²	$0,5 \cdot 7 \cdot 9 = 28$	$5 \cdot 6 = 30$	$14 \cdot 3 = 42$	$22 \cdot 2 = 44$
Тип насада	Черешковый			
Диаметр упора, мм	6	6	8	8
Диаметр/длина, мм	3/28	4/?	5/47	5/40

**тупые, в т.ч. каменные
наконечники стрел – пример
нелетального оружия**

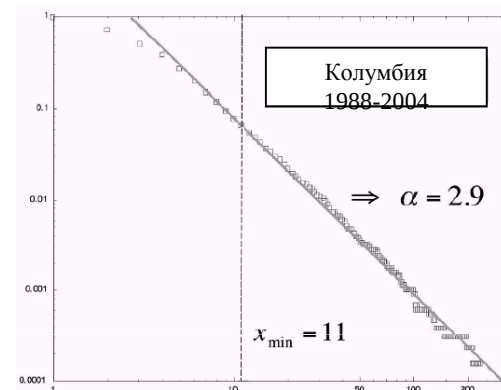
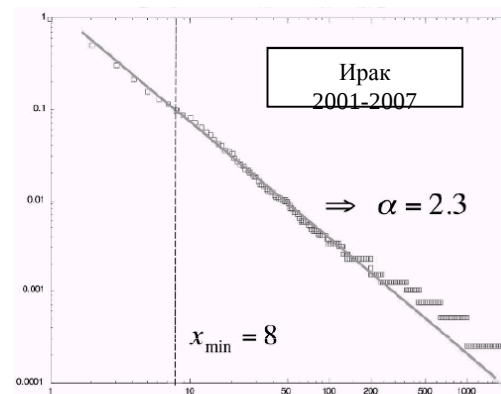
Математические модели в военных науках

Уравнения Ланчестера (1916 г.) $\frac{dA}{dt} = -(\alpha/\beta) A^{(2-m)} B$ где A, B – численность,
 $\frac{dB}{dt} = -(\beta/\alpha) AB^{(2-m)}$ α, β – эффективность,
 $m = 1$ (древние войны),
 $m = 2$ (использование тактики)

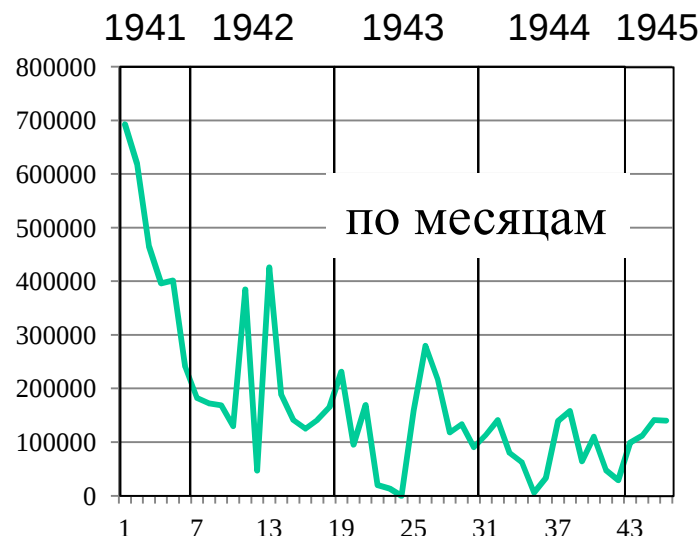
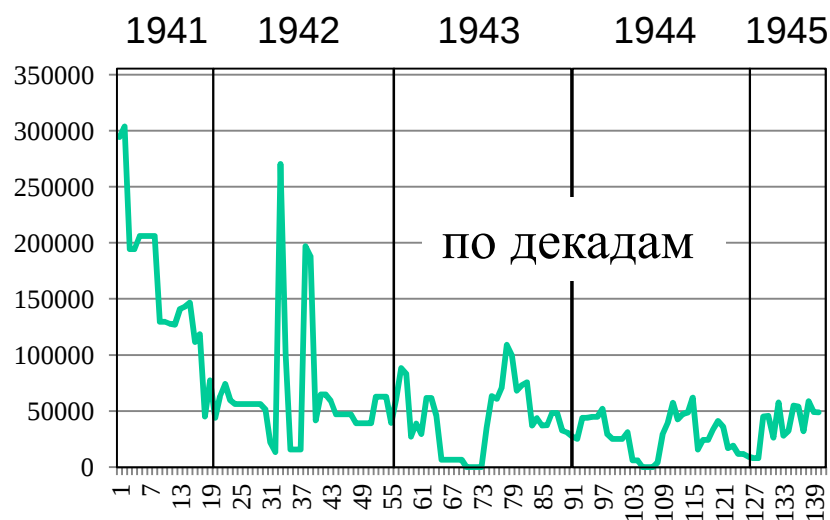
$$A_0^m - A(t)^m = (\beta/\alpha)[B_0^m - B(t)^m]$$

Закон Ричардсона (1948 г.):
 $P(N) \sim N^{-\alpha}$

где P – частотность потерь
 N – размеры потерь



Н.М.Смирнов (ред.) Россия и СССР в войнах XX века. Книга потерь. М.: Вече, 2010.



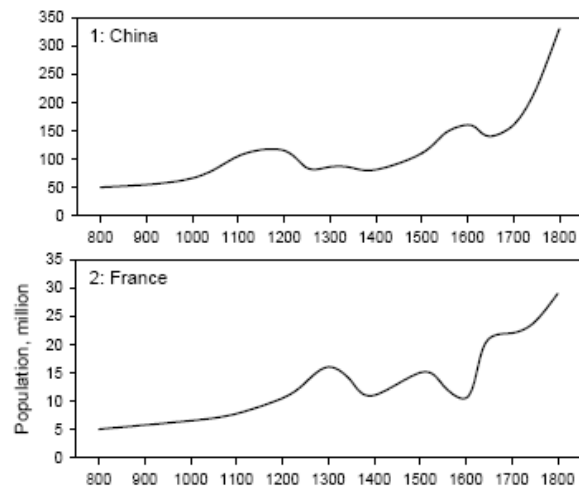
The Cliometric Society is an academic organization of individuals interested in the use of economic theory and statistical techniques to study economic history. Founded in 1983, The Cliometric Society is now a chartered, not-for-profit, corporation in the State of Wisconsin.

<http://cliometrics.org/>

Cliodynamics is a transdisciplinary area of research integrating historical macrosociology, economic history/cliometrics, mathematical modeling of long-term social processes, and the construction and analysis of historical databases.

Cliodynamics: The Journal of Theoretical and Mathematical History is an international peer-reviewed web-based/free-access journal that will publish original articles advancing the state of theoretical knowledge in this discipline (© 2010 r.).

http://escholarship.org/uc/irows_cliodynamics



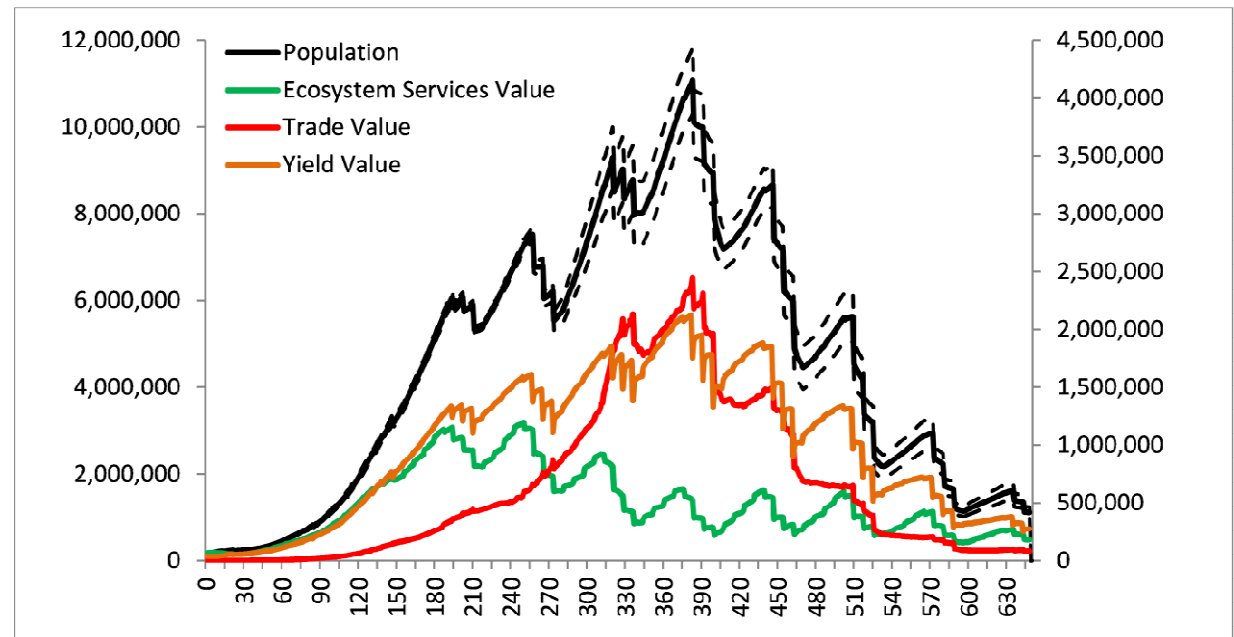
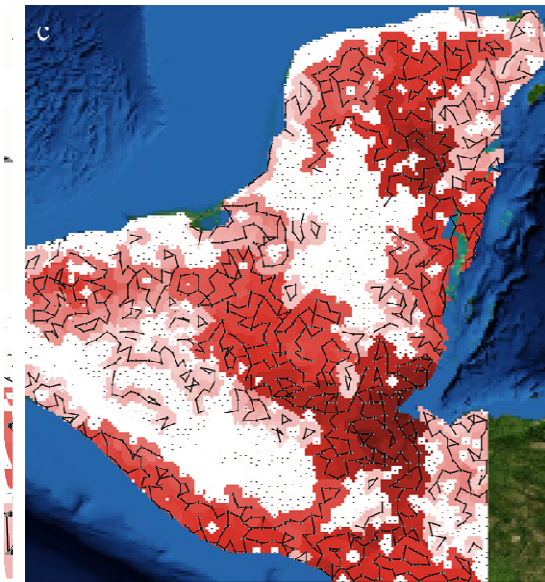
W.R.Thompson. Synthesizing Secular, Demographic-Structural, Climate, and Leadership Long Cycles. Cliodynamics, **1** (1), 2010

L.Grinin, State and Socio-Political Crises in the Process of Modernization. Cliodynamics, **3** (1), 2012

MayaSim: компьютерное моделирование социо-экологической динамики древних государств майя доклассического (1000 до н.э. – 250 г.г. н.э.), классического (250 – 900 г.г. н.э.) и постклассического (900 – 1500 г.г. н.э.) периодов *S.Heckbert, JASSS, 16 (4), 11, 2013*



Учет демографии, производства, торговли и колебаний климата. Расчетные результаты: развитие сети поселений, связанных торговлей, с ее последующим разрушением: депопуляцией узловых городов из-за истощения почвы и прогрессирующим распадом торговых связей



Актуальность, научная новизна и практическая ценность

– Я историк, – подтвердил ученый...

– Сегодня вечером на Патриарших будет интересная история!

М.Булгаков, «Мастер и Маргарита»

Проект “искусственных индейцев” (**Artificial Anasazi**): историческая динамика индейских народов на территории США (VII - XIII в.в.), реконструкции климата + агентные модели

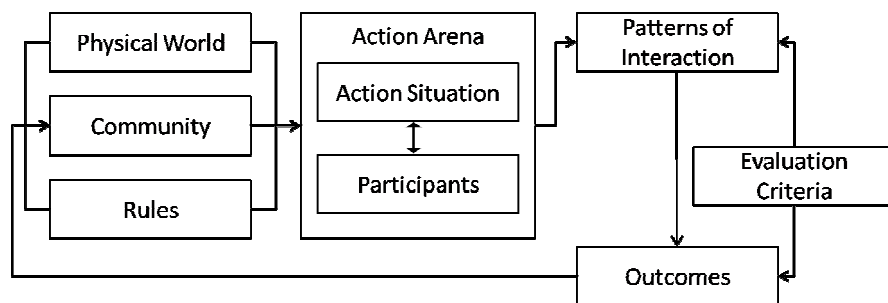
Janssen M.A. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/4/13.html>

D.Cockburn, et al., Simulating Social and Economic Specialization in Small-Scale Agricultural Societies, JASSS, 2013, **16** (4), 4

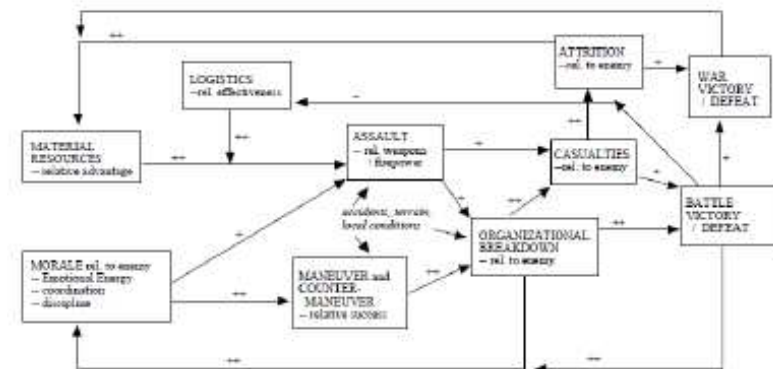
Пакет программ для социоэкономического и исторического моделирования

Suarez J.L., Sancho F., JASSS, 2011, 14 (4), 19, <http://projects.culturplex.ca>

A.Ghorbani, et al., **MAIA: a Framework for Developing Agent-Based Social Simulations**, JASSS, 2013, **16** (2). <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/16/2/9.html>



J.B. Fletcher, et al. **War Games: Simulating Collins' Theory of Battle Victory**. Cliodynamics, 2(2), 2011



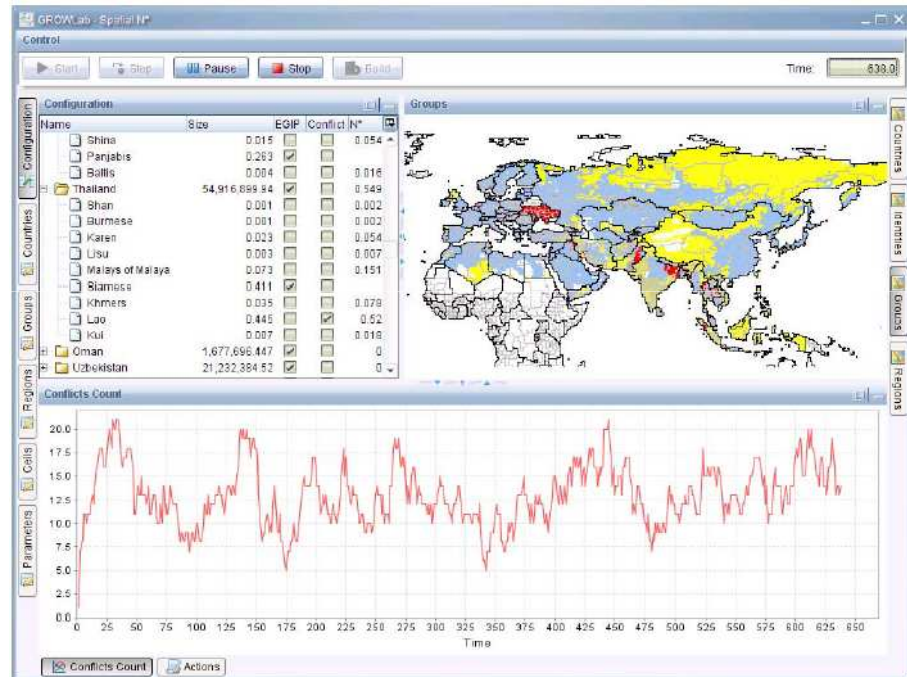
Благодаря разнообразию процессов (экономич., экологич., политич., социальных), «моделирование истории» - это проверка моделей, пригодных для анализа настоящего и прогнозирования будущего, на большом массиве разнородных и достоверных данных

Моделирование гражданских войн

1. M.G.Findley, Agents and conflict: adaptation and the dynamics of war, *Complexity*, 2008, **14**, 22
2. L.E.Cederman, Modeling of the size of war: from billiard balls to sandpiles, *Am. Polit. Sci. Rev.*, 2003, **97**, 135.
3. L.E.Cederman, L.Girardin, Towards realistic computational model of civil war, *Ann. Meeting Amer. Polit. Sci. Assoc.*, 2007



карта Югославии с этническими группами

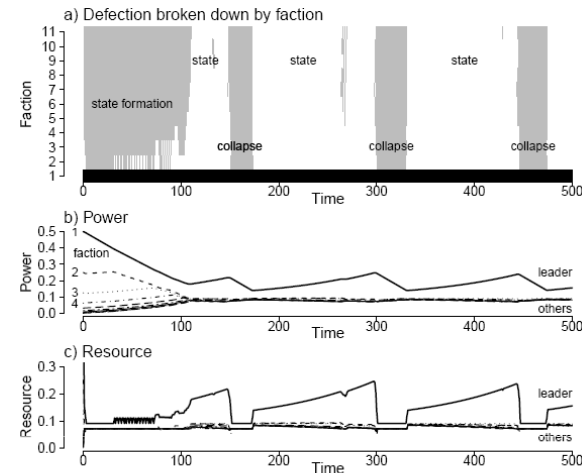
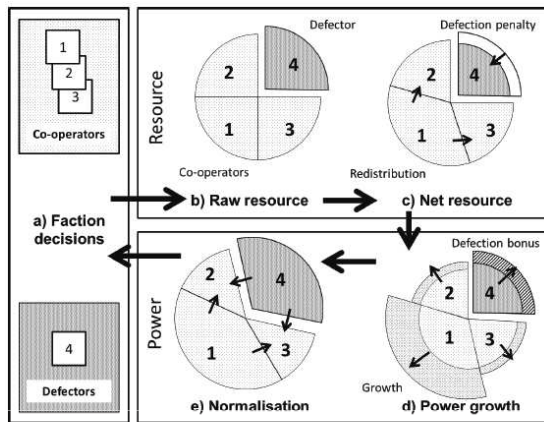


интерфейс программы GROWLab

4. N.F.Johnson, Complexity in human conflicts, в кн. *Managing Complexity: Insights, Concepts, Applications*, Springer, Berlin, 2008.
5. R. Soto-Garrido, Application of statistical physics to terrorism, 2010,
<http://guava.physics.uiuc.edu>

УСТОЙЧИВОСТЬ СОЦИАЛЬНО-ПОЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

D.J.Lawson N.Oak, Inequality, unrest and the failure of states: a qualitative modelling framework. arXiv:1307.2921v1 [physics.soc-ph] 10 Jul 2013



A. Tartaglia, Science and the future, Torino, 28-31.10.2013, arXiv:1312.0161v1

