

Николай Белотелов

РОЛЬ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ
АНАЛИЗЕ
БОЛЬШОГО АНТРОПНОГО
ПЕРЕХОДА

Вторая летняя
СРЕТЕНСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ



«В докладе анализируется роль математического моделирования для понимания причин возникновения современного общепланетарного кризиса. С естественнонаучных позиций обсуждаются возможные подходы к математической формализации процессов, формирующих **Большой антропоный переход**.

Основное внимание в докладе уделяется проблемам, сформулированные в конце 20-го века академиком Н.Н.Моисеева — «коэволюции Человека и Биосферы», а также роли «Учителя». Обсуждается место методов математического моделирования в междисциплинарном диалоге между специалистами гуманитарных и естественнонаучных дисциплин»



«Математика – это искусство называть разные вещи одним и тем же именем.»

А. Пуанкаре

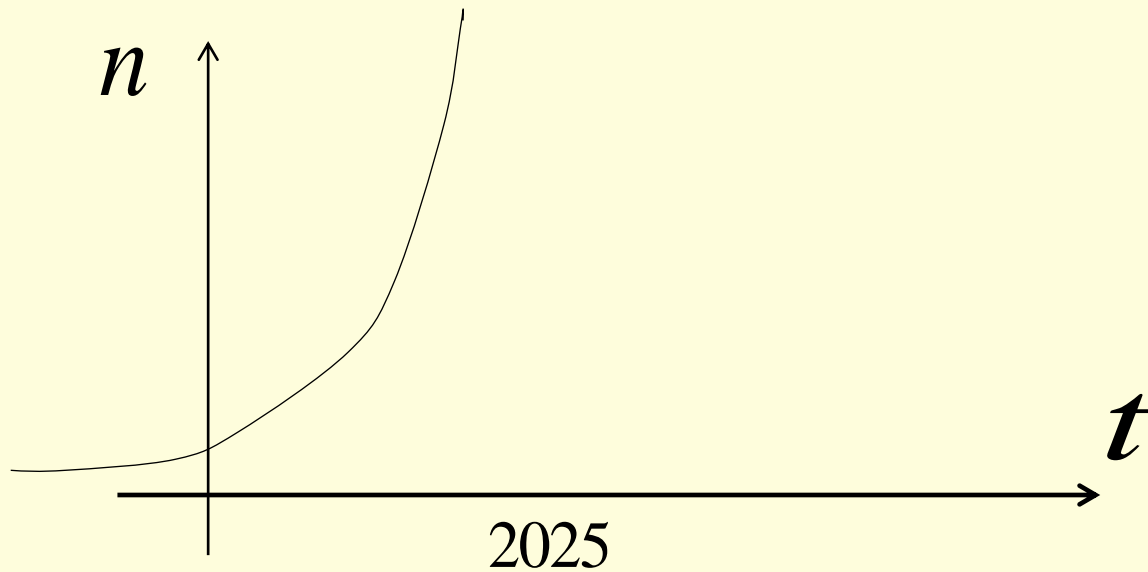
«Человек – это животное живущее в языковых сетях.»

Н.Бор



Модель С.П.Капицы

$$\frac{dn}{dt} = \varepsilon n^2 \quad n(t) = \frac{1}{C - \varepsilon t}$$



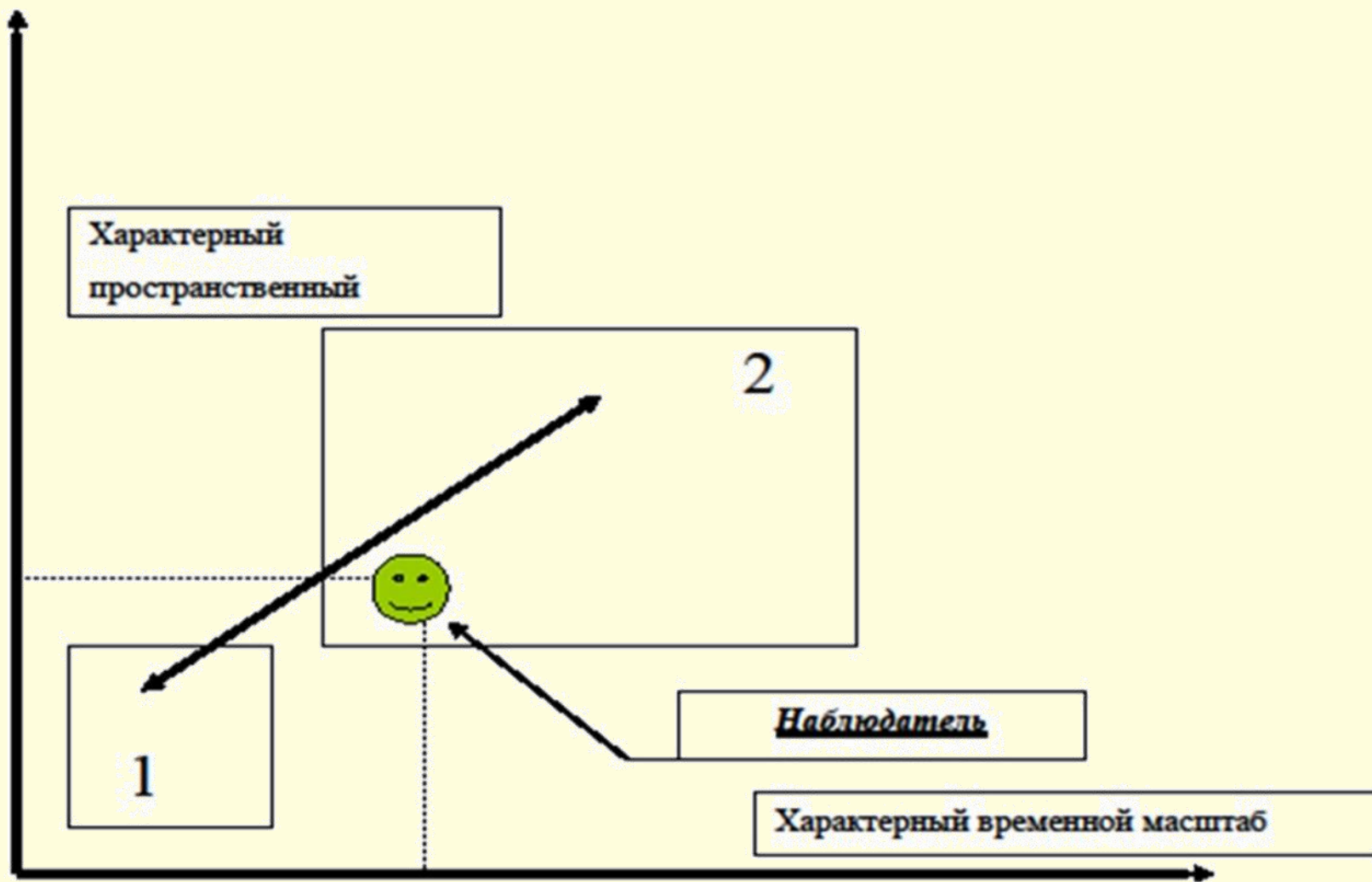
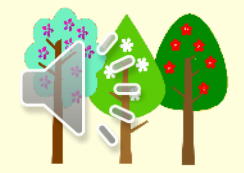


Рис.1 Разбиение явлений и процессов по характерным пространственным и временным масштабам.

- 1. Область явлений и процессов естественнонаучных представлений
- 2. Область явлений и процессов гуманитарных представлений.



«Непонятной загадкой истории человечества является сам тот факт, что пред-человек выжил, несмотря на то, что был окружен хищниками, бесконечно превосходившими его силой, зубами и когтями. Приписать выживаемость человека его способности использовать орудия невозможно. Первоначальные орудия не обладали решающим превосходством над клыками и когтями хищников, кроме того, у человека были детеныши, не вооруженные топорами и копьями...»

Лотман «Культура и взрыв»



«Одним из центральных вопросов окажется вопрос перевода мира содержания системы (ее внутренней реальности) на внележащую, запредельную для языка реальность. Следствием будут два частных вопроса: 1. Необходимость более чем одного (минимально двух) языков для отражения запредельной реальности; 2. Неизбежность того, чтобы пространство реальности не охватывалось ни одним языком в отдельности, а только их совокупностью. Представление о возможности одного идеального языка как оптимального механизма для выражения реальности является иллюзией. Минимальной работающей структурой является наличие двух языков и их неспособность, каждого в отдельности, охватить внешний мир. Сама эта неспособность есть не недостаток, а условие существования, ибо именно она диктует необходимость другого (другой личности, другого языка, другой культуры).»

Лотман «Культура и взрыв»



«Математика часто воспринимается очень примитивно. Она ассоциируется только со счетом, с количественными оценками...

Математика — это ещё и язык, и как всякий язык — это форма мышления. Этап математизации дисциплины начинается тогда, когда дисциплине уже не хватает того естественного языка, с помощью которого начиналось её становление, когда возможности этого языка для прогресса науки оказались исчерпанными. Физика перешагнула этот рубеж в эпоху Ньютона — нельзя изложить классическую механику, не прибегая к языку математических моделей. Но введение нового языка требует генеральной перестройки дисциплины...

Но язык — это и форма мышления. Значит, с новым языком приходят и новые критерии, происходит и переоценка ценностей. Этот процесс болезненный и отнюдь не быстрый. Поэтому проходит длительный период времени, пока новый язык включается в естественный язык научной дисциплины.»

Моисеев. 1979



Математика ставит эксперимент

Н.Н.Моисеев

Эксперимент, рассуждение по аналогии, все это остается, все это сохраняет свою эвристическую ценность и в общественных науках. Просто исчезает та прямолинейность трактовок, к которым мы привыкли в естественных науках.

Диалог – это такой же алгоритм оптимизации, только более сложный, поскольку он содержит «биологическое звено» - человека.

Анализ процесса, его исследование – это всегда диалог.



«Необходимая для объективного описания однозначность определений достигается при употреблении математических символов, именно потому, что таким способом избегают ссылки на сознательный субъект, которыми пронизан повседневный язык.»

Н. Бор, «Единство знаний» 1955



«Всякое новое знание является нам в оболочке старых понятий, приспособленной для объяснения прежнего опыта, и что всякая такая оболочка может оказаться слишком узкой для того, чтобы включить в себя новый опыт.»

...расширение системы понятий не только восстанавливает порядок внутри соответствующей области знаний, но и еще раскрывает аналогии в других областях.»

Н. Бор, «Единство знаний» 1955

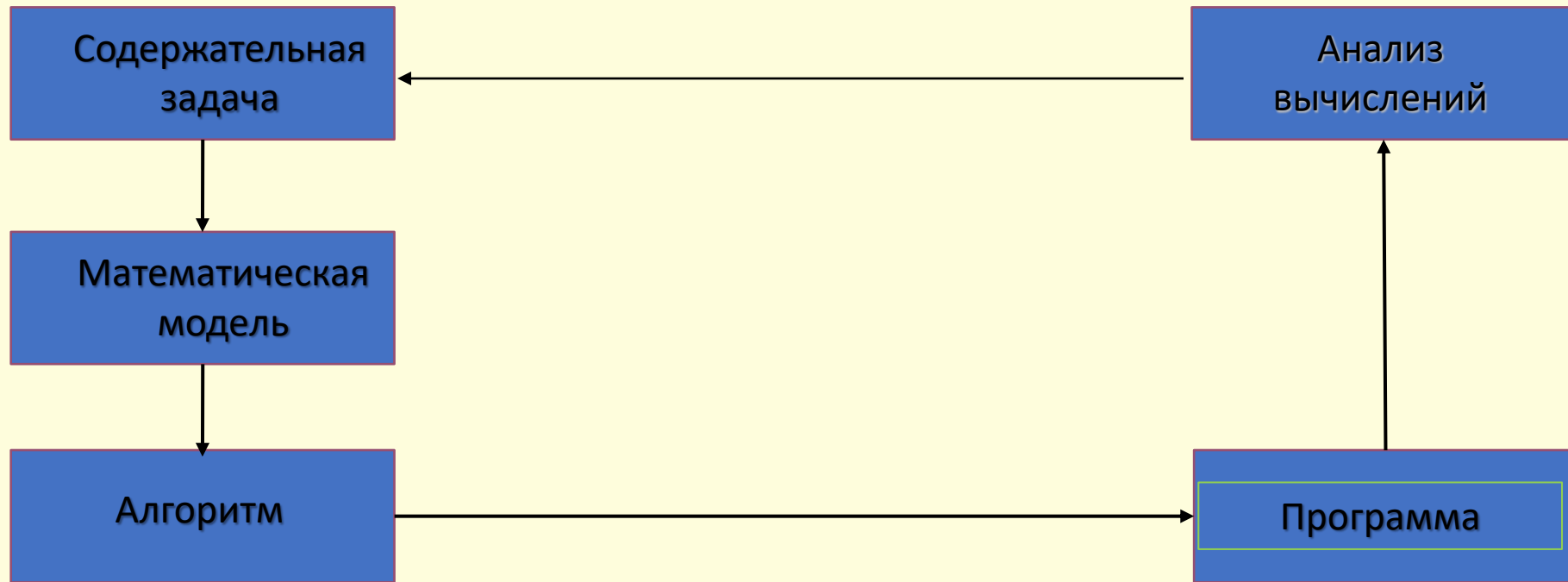


Цели моделирования

- Объяснение наблюдаемых эффектов (колебания, популяционные волны и т.п.)
- Прогноз
- Формализация, имеющихся представлений (инструмент междисциплинарных исследований).
Математическая модель, как язык дискурса в предметной области моделирования



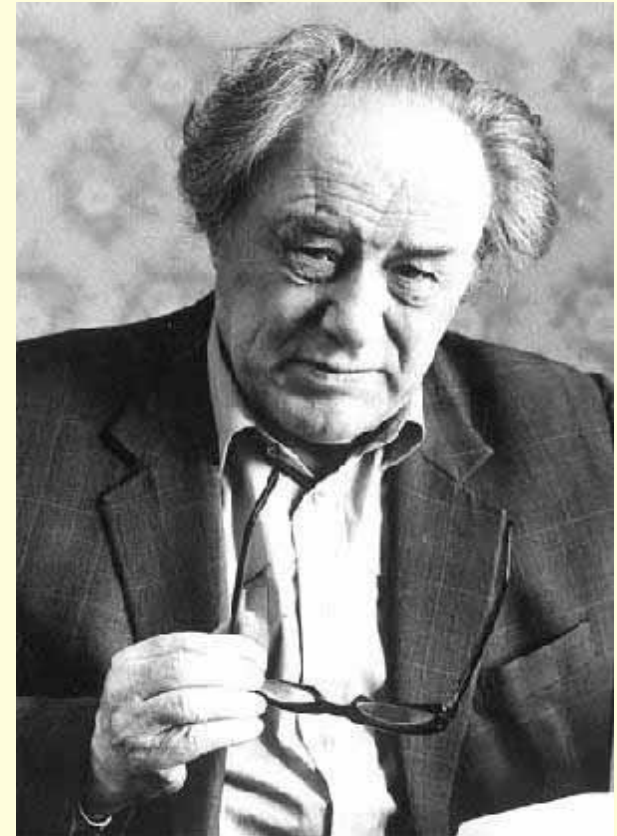
Этапы моделирования



Моисеев Н.Н. – академик АН СССР

Проблемы, сформулированные
Н.Н.Моисеевым в последнее десятилетие
своей жизни:

- Коэволюция человека и биосферы
- Экологический императив
- Роль Учителя
- Проблемы мира транснациональных корпораций (мир ТНК).



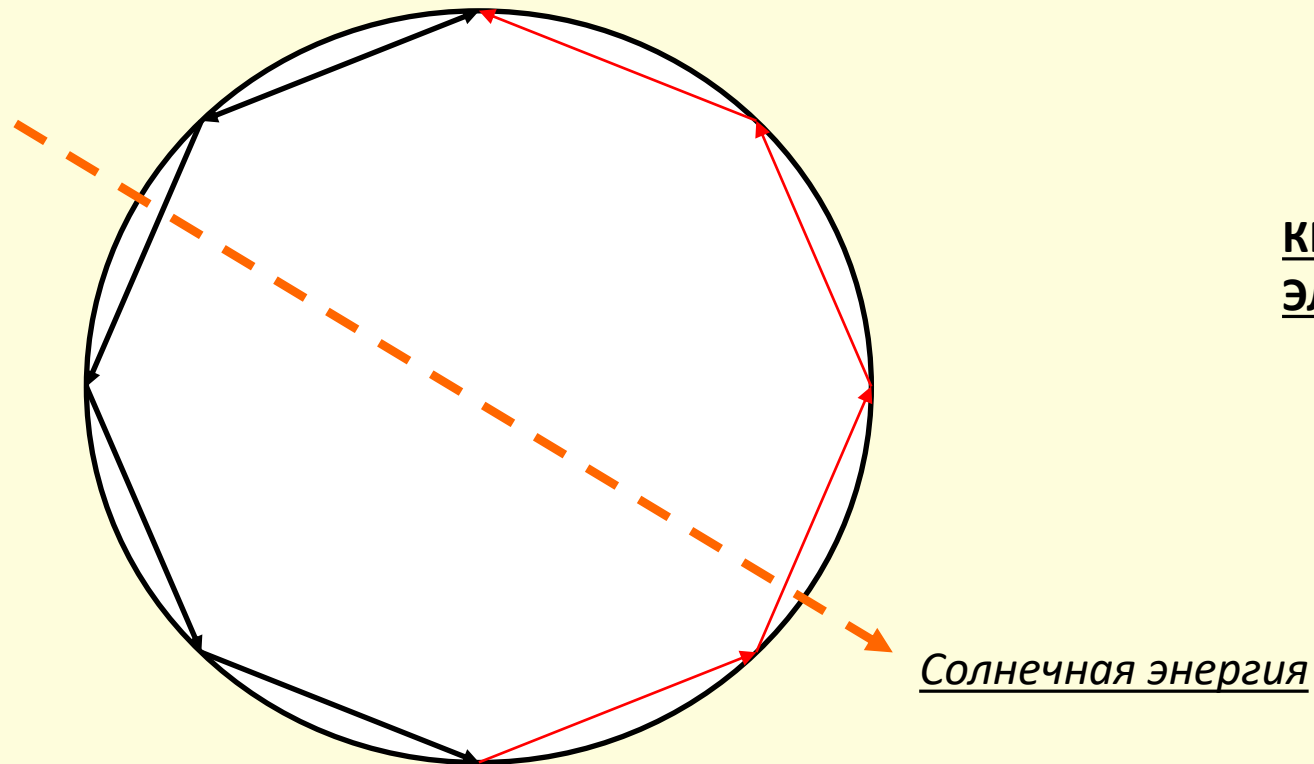
Текущие экологические проблемы:

- изменение климата;
- загрязнение окружающей среды;
- опустынивание и уничтожение лесов;
- рост патогенности окружающей среды;
- проблемы с качеством и доступностью воды.



Массовоэнергетическое описание ЭКОСИСТЕМ

Продукция $P^+ \cong P^-$ Деструкция



КРУГОВОРОТ БИОГЕННЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ

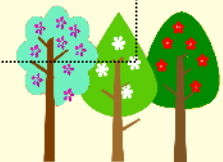
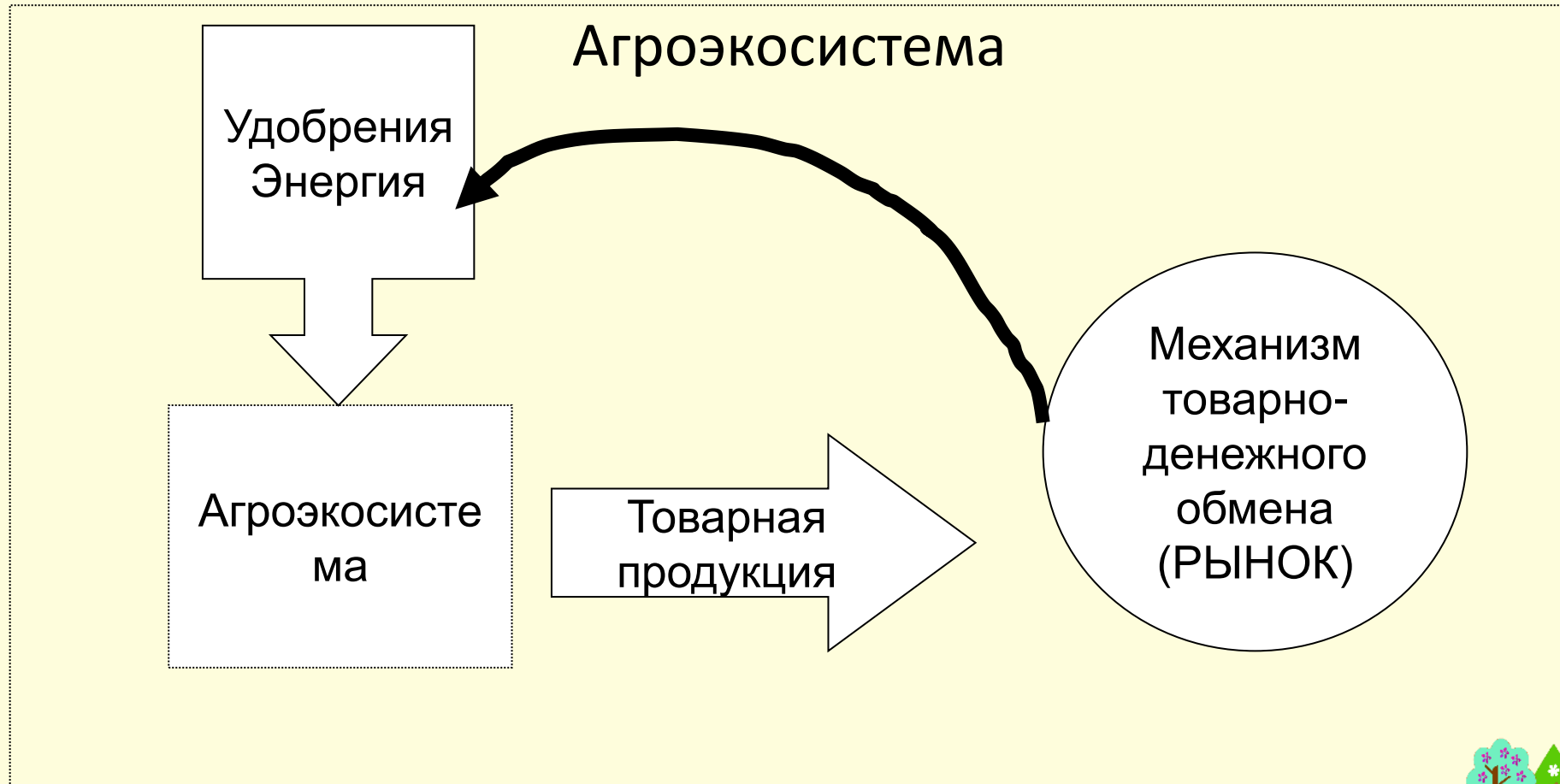


Таблица. Потоки энергии у земной поверхности Горшков В.).

Виды мощности	Мощность	
	ТВт (10^{12} Вт)	Доля, %
Мощность, солнечной радиации и ее распределение:	$1,7 \cdot 10^5$	100
Поглощение атмосферой и земной поверхностью	10^5	69
Поглощение земной поверхностью	$8 \cdot 10^4$	46
Расход на испарение	$4 \cdot 10^4$	24
Поглощение суши	$2 \cdot 10^4$	24
Мощность испарения суши (эватранспираций)	$5 \cdot 10^3$	3
Мощность испарения растениями (транспирация)	$3 \cdot 10^3$	2
Ветровая мощность	$2 \cdot 10^3$	1
Мощность океанских волн	10^3	0,6
Мощность фотосинтеза	10^2	0,06
Вулканов и гейзеров	0,3	$2 \cdot 10^{-4}$
Современное мировое потребление человечества	10	$6 \cdot 10^{-3}$



Схема размыкания локальных круговоротов биогенных элементов в агроэкосистеме.



Эффективности земледелия (Е=сбор/затраты, Дж/Дж) и увеличении объемов ресурсопользования (сбор, 10^9 Дж/га) (Люри, 1997)

	Технологии				
	Соби- рательство	Подсечное	Трехпольное	Агропромышлен- ное	Теплично е
	Различные культуры в средне				
Сбор	0,8	25	40	145	400
Эф (Е)	20	10	8	1,5	0,003
	Зерновые: Центральное Черноземье России				
Сбор		7	9-11	63	
Эф (Е)		3,0	2,1-2,6	1,1	
	Кукуруза: Мексика, США				
Сбор		29	40-60	100-210	
Эф (Е)		12,5	4,0-6,0	2,0-3,5	
	Овощи и картофель: Новая Гвинея, США, Западная Европа				
Сбор		42		190	>400
Эф (Е)		17,0		1,7-3,0	0,003
	Рис: Филиппины, Суринам, США				
Сбор			63	175	
Эф (Е)			16,	1,0-1,3	



Уничтожение лесов

По некоторым оценкам 7,3 млн гектаров леса мы теряем ежегодно, а это составляет примерно размер страны Панамы.

Уже потеряно около половины тропических лесов мира

В настоящее время леса занимают около 30% мировой суши

Вырубка лесов на 6-12% повышает годовой объем глобального выброса двуокиси углерода



Следствия уничтожения лесов

- Изменение водного цикла
- Эрозия почвы
- Исчезновение видов
- Изменение климата



Форум ООН (третий) по водным ресурсам (2003):

«Мы отбираем 8% совокупного годовичного объема возобновляемой пресной воды, присваиваем 26% суммарного объема годовичного испарения и 54 % доступного стока»

Примерно 1,5 тыс.куб.км отходов ежегодно сбрасываются в принимающие воды. Если исходить из того, что 1 литр стоков загрязняет 8 л пресной воды, то общий объем загрязнения в мире достигнет 12 тыс. куб.км.

В середине 21 в. 7 млрд.человек будут страдать от недостатка пресной воды, а в лучшем случае 2 млрд. (при общей численности 9,3млрд.)



Сточные воды (в тыс.т/год) города с населением 1 млн.человек

Показатель	Количество
Загрязненные сточные воды	350000
В том числе:	
Взвешенные вещества	36
Фосфаты	24
Азот	5
Нефтепродукты	2,5
Синтетические поверхностно – активные вещества	0,6



ВРЕМЯ И МАСШТАБ ПОЗДНЕЧЕТВЕРТИЧНОГО УНИЧТОЖЕНИЯ МЕГАФАУНЫ:

плейстоцен (2,5 млн. л. н –12 тыс. л. н.),
голоцен (12 тыс. л. н. –настоящее время)



ЗА ПЕРИОД 132 000 -- 1000 лет до нашей Эры

- в Африке уничтожено 16 % (8 видов из 50),
- в Азии 52 % (24 вида из 46),
- в Европе 59 % (23 вида из 39),
- в Австралии и Океании 71 % (19 видов из 27),
- в Северной Америке 74 % (45 видов из 61),
- в Южной Америке 82 % (58 видов из 71).

В обеих Америках и в Голарктике вымерли почти все виды наземных животных с массой более одной тонны, обитавшие до позднего плейстоцена..:



«Лишь относительно недавно стало выясняться, что на равнинах лесостепной и частично лесной зон Европейской части СССР в течение нескольких тысячелетий продукты питания, кости и другие материалы, которые получали от убитых мамонтов, составляли главную экономическую основу существования позднепалеолитических людей-наших далёких предков».

Позднепалеолитические охотники за мамонтами были первыми поселенцами нашей Родины.



И.Г.Пидопличко

Позднепалеолитические жилища из костей мамонтов на Украине.



Прототип модели
взаимодействия лесной
растительности с крупными
фитофагами и почвенной
фауной

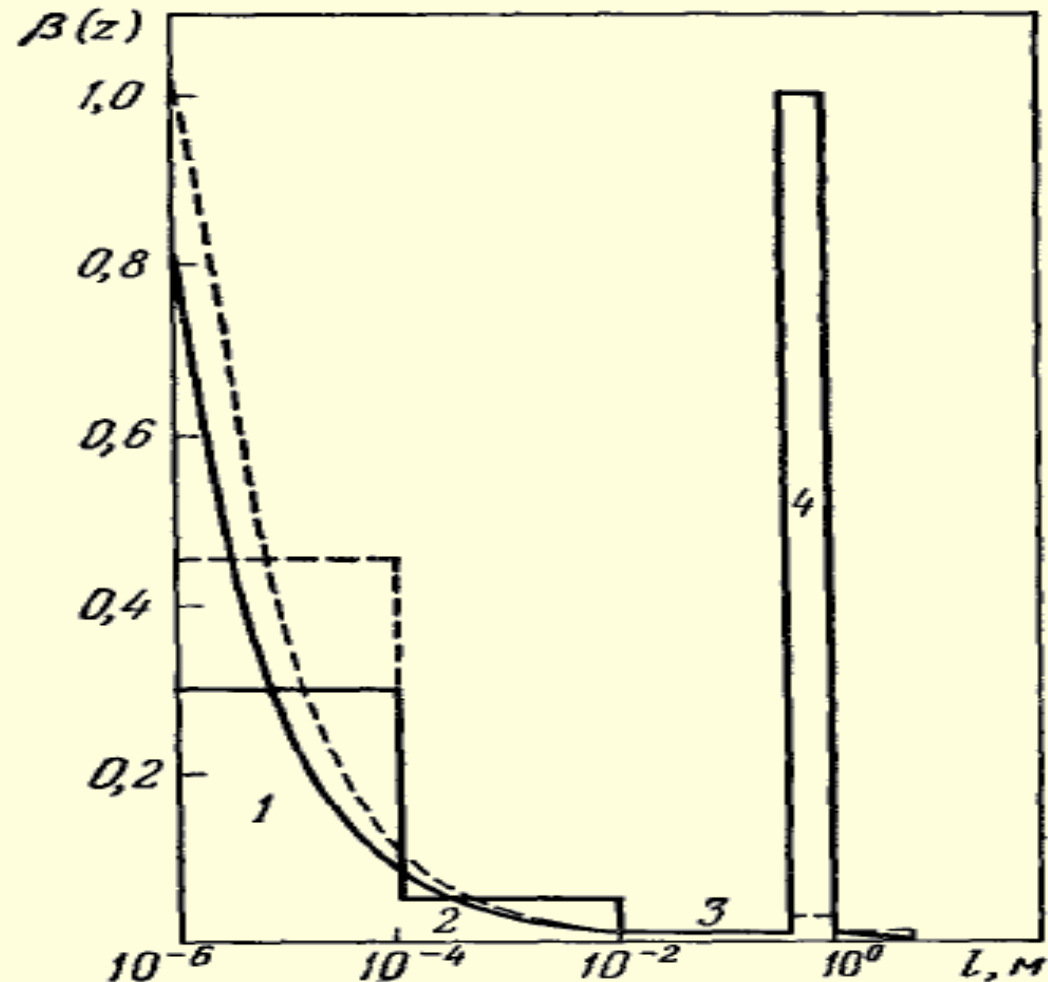


Предпосылки создания модели

1. Одновозрастной древостой, разновозрастной древостой. Ярусно-мозаичная концепция. Что такое биом?
2. Проблема мамонтового комплекса
3. Сопряжение масс-энергетического и популяционного описания. Размерный спектр.



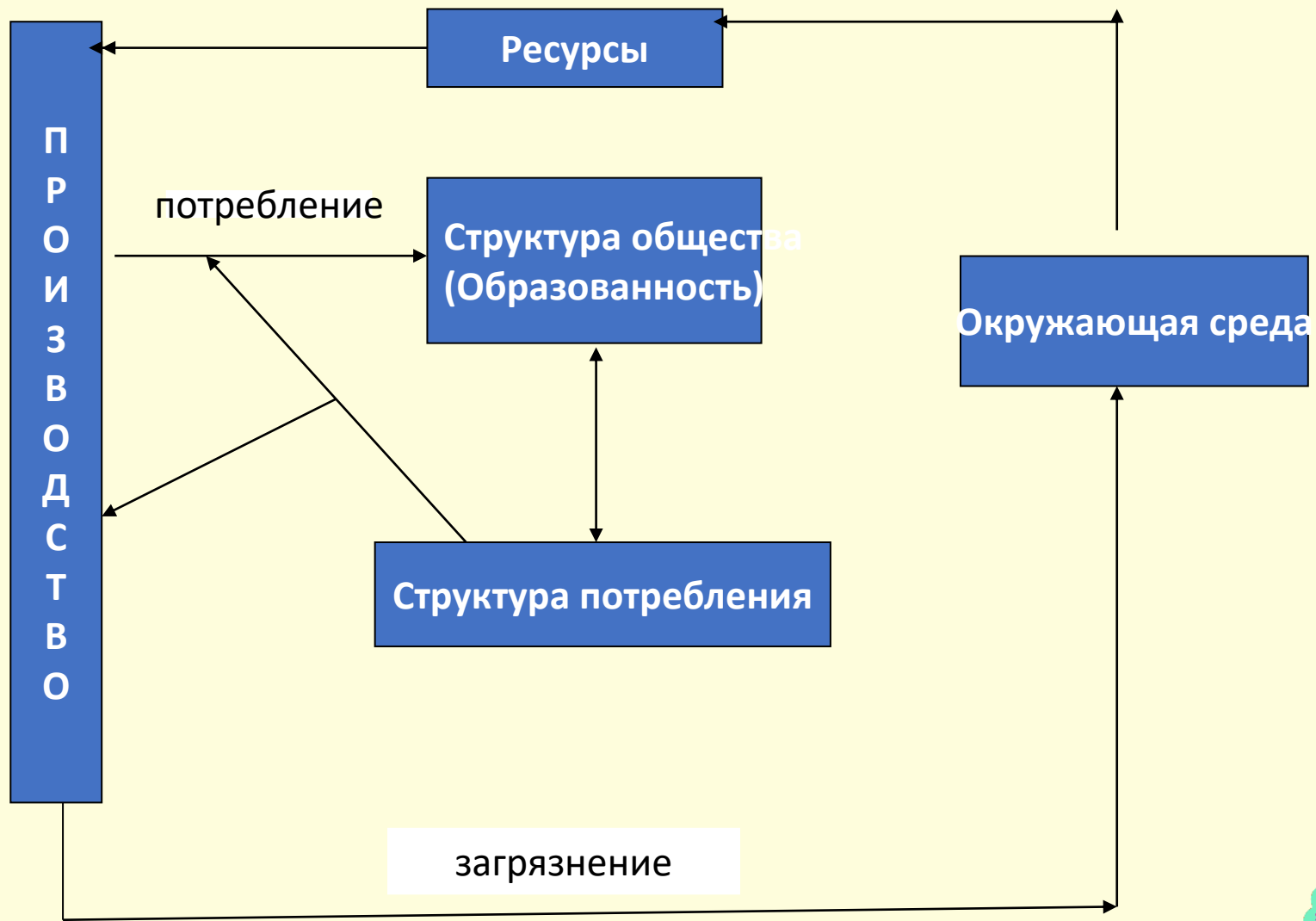
Размерный спектр потребления



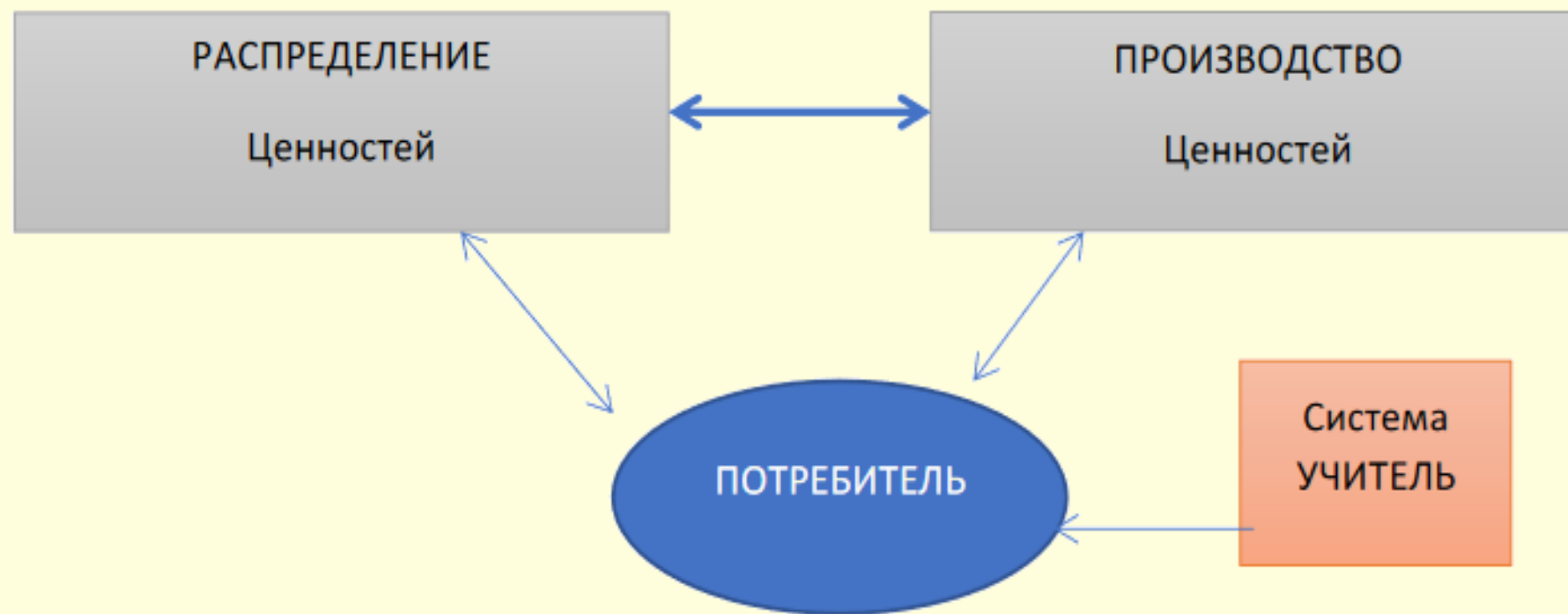
Имитационная эколого-демографо - экономическая модель (ЭДЭМ)

*Павловский Ю.Н., Белотелов Н.В.,
Бродский Ю.И., Оленев Н.Н.*





Экономика – система понятий, описывающих процессы производства и распределения ценностей в человеческом обществе.



Модель миграции с технологическим и культурным образованием

Белотелов Н.В., Логинов Ф.В.



Страна

- Страна - объект, описываемый следующими параметрами:
- распределение населения по возрастам, уровням образования и культурам;
- уровень жизни, КОТРЫЙ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ УДЕЛЬНОЙ ЧИСЛЕННОСТЬЮ ТЕХНИЧЕСКИ ОБРАЗОВАННЫХ ЛЮДЕЙ ;
- уровень толерантности к мигрантам из других стран;
- уровень социальной нестабильности;
- желание населения страны находиться в своей стране или переехать в другие страны;
- распределение средств между техническим и культурным образованием.



Модель миграции

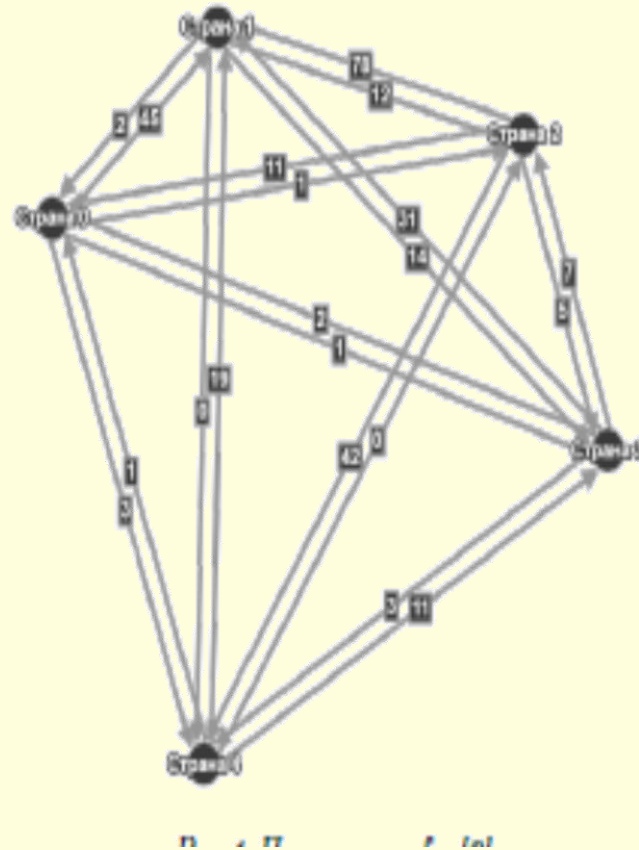
$$x_{ijk}^l(t+1) = B_i^r x_{rjk}^l(t) + \sum_m (In_{ijk}^{l,m}(t) - Out_{ijk}^{m,l}(t)) + E_j^{f,l} x_{ifk}^l(t) + G_k^e x_{ije}^l(t)$$

Здесь:

- B_i^r - матрица Лесли, отвечающая за демографию
- $E_j^{f,l}$ - матрица отвечающая за технологическое образование
- G_k^e - матрица отвечающая за ассимиляцию
- $In_{ijk}^{l,m}(t)$ - численности приезжающих агентов из страны m в страну l
- $Out_{ijk}^{m,l}(t)$ - численности уезжающих агентов из страны l в страну m



Схема миграционной модели с учетом образовательного процесса



Агентная модель в гильбертовом пространстве

Белотелов Н.В. Логинов Ф.В.



Агент как элемент гильбертова пространства

Агент - бесконечный набор символов-объектов $p_i \in P$

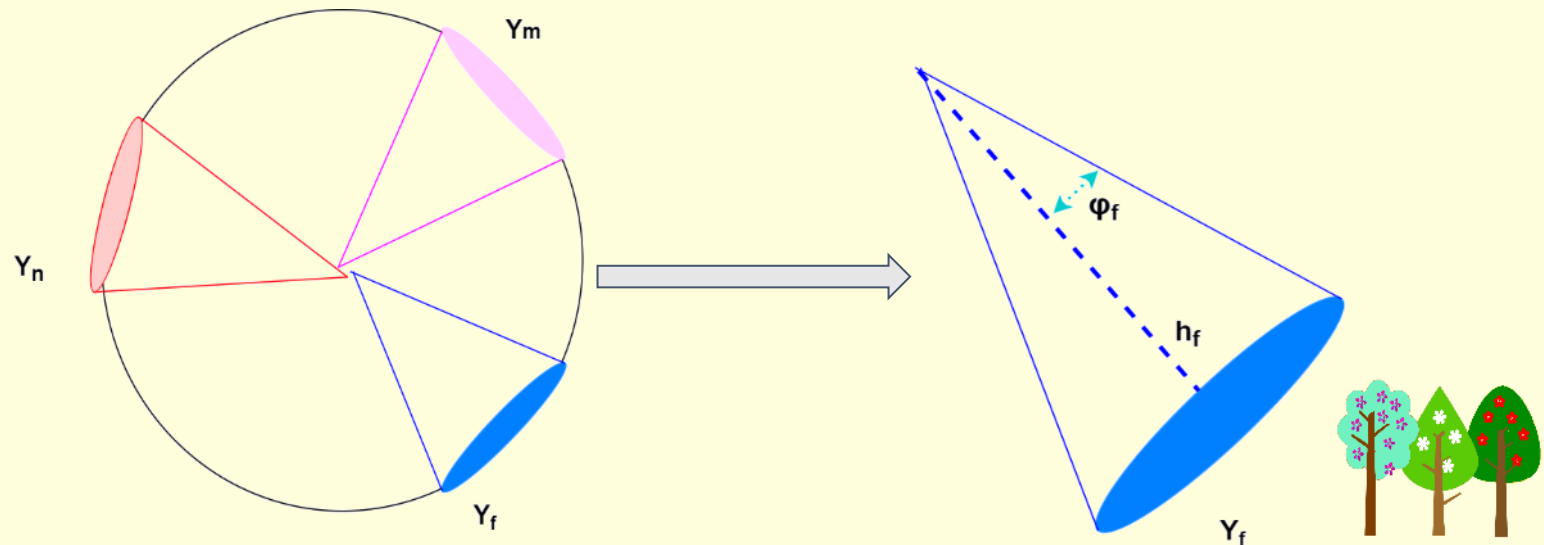
От символов-объектов $p_i \in P$ к векторному пространству $l(\cdot): P \rightarrow H$
H через

Состояние агента состоит из двух состояний:

- Вектор проекции H на $H_0 = R^n \subset H: \pi(x_i)$, где $\pi(\cdot): H \rightarrow H_0$ оператор проекции
- Вектор из ортогонального дополнения $x_i^+ \in H^+$, то есть $x_i^+ + \pi(x_i) = x_i$

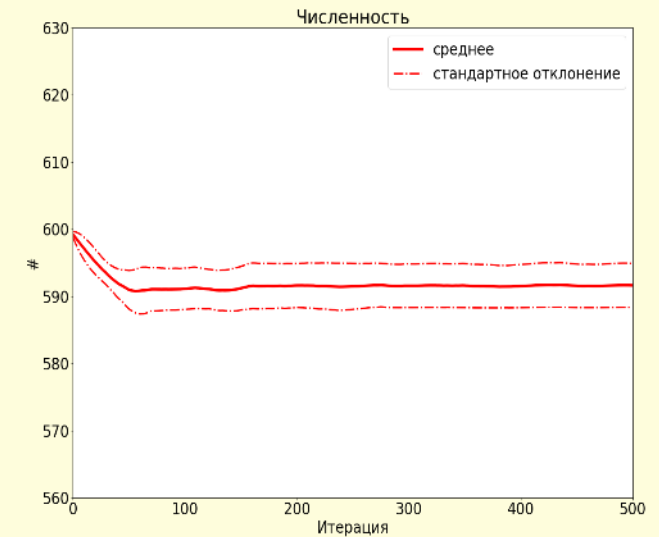
Культура - конус

База культуры
- пара (h_f, ϕ_f)

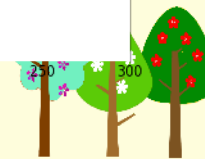
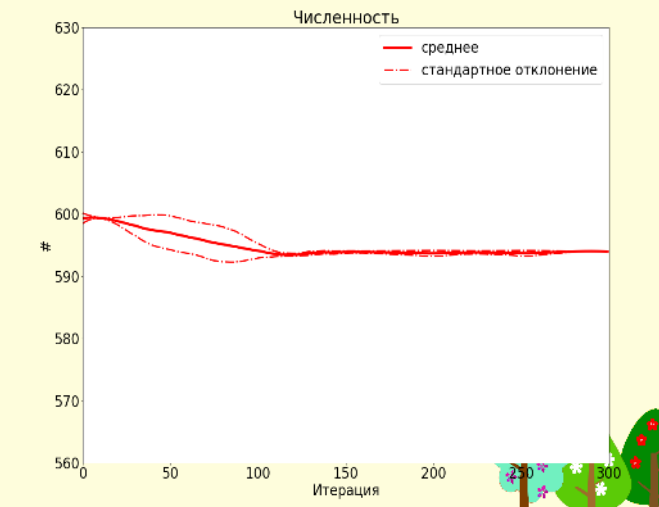
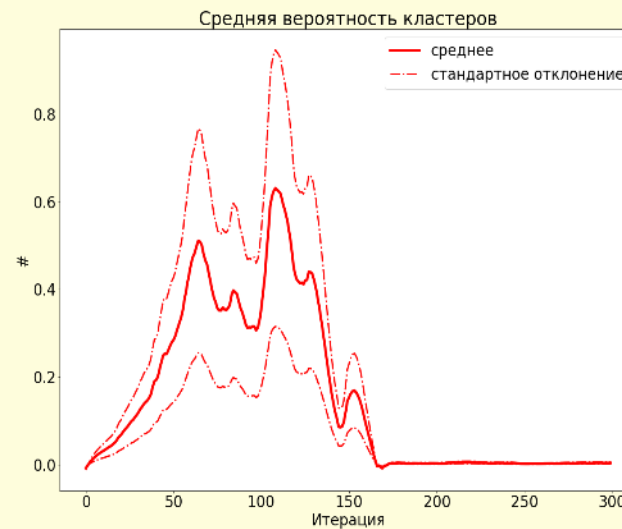


Имитационные эксперименты

Верхние графики - эксперимент с низким уровнем образования.



Нижние - с переключением уровня образования с низкого на высокий.



«Прошло много лет, отгремела война, мне самому пришлось читать некоторые разделы теоретической физики. Пришлось по необходимости вернуться к тому вопросу, который был связан со злополучной фразой Гейзенберга (нельзя отделить исследователя от объекта исследований). Вот тогда-то я и понял, что выделение любого элемента системы всегда условно. Он всегда лишь часть целого – часть, более сложной системы, из которой иногда нельзя ни при каких обстоятельствах. ...Сам по себе электрон, электрон как таковой не существует. (Впрочем, как и человек, - что понял ещё велики Сечинов, человек существует только в единстве плоти, души и окружающей природы, как он говорил).»

Н.Н.Моисеев «Как далеко до завтрашнего дня...Свободные размышления 1917-1993»



Структура рассматриваемых систем



Жертва и культ

«Культ – основа культуры»
П.А. Флоренский

- В сложной системе вместо законов сохранения, характерных для замкнутых физических систем, имеет место сохранение законов (инвариантов и структуры), на это жертвуется часть ее мощности. «Жертвою стоит мир».
- Необходима система периодических мероприятий программирования аксиом – культ. Это основа поддержания желательного коллективного поведения – культуры.



Самоорганизация сложной системы: она сохраняет законы своего существования

- Почему открытая сложная система «та же самая», если ее базисные множества все время меняются? – Сохраняются ее структура и инварианты.
- Поддержание потенциала динамического равновесия сложной системы (экономика).
- Поддержание структуры отношений агентов внутренней и внешней (политика).
- Культ (система идеологических мероприятий) поддержания структуры и инвариантов сложной системы



- Сложная система, не способная поддерживать потенциал динамического равновесия, перестанет существовать в прежнем качестве. Двигатель остановится, предприятие обанкротится, злостного неплательщика выселят из жилья. Ее базисные множества скорее всего достанутся за бесценок более успешным системам.
- Что происходит со сложной системой, неспособной сохранять свои аксиомы-инварианты – мы наблюдаем последние 65 лет истории нашей страны.



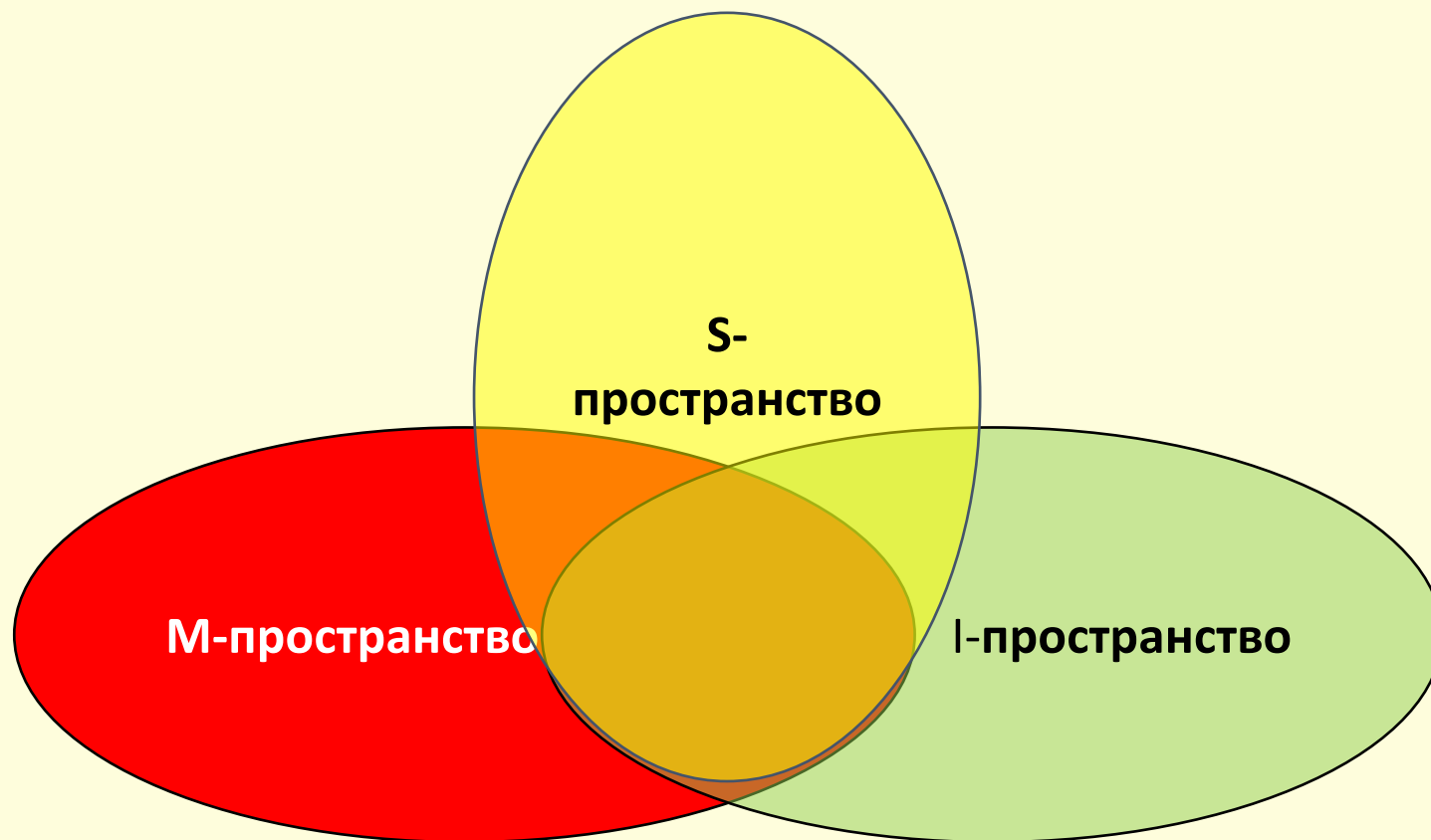
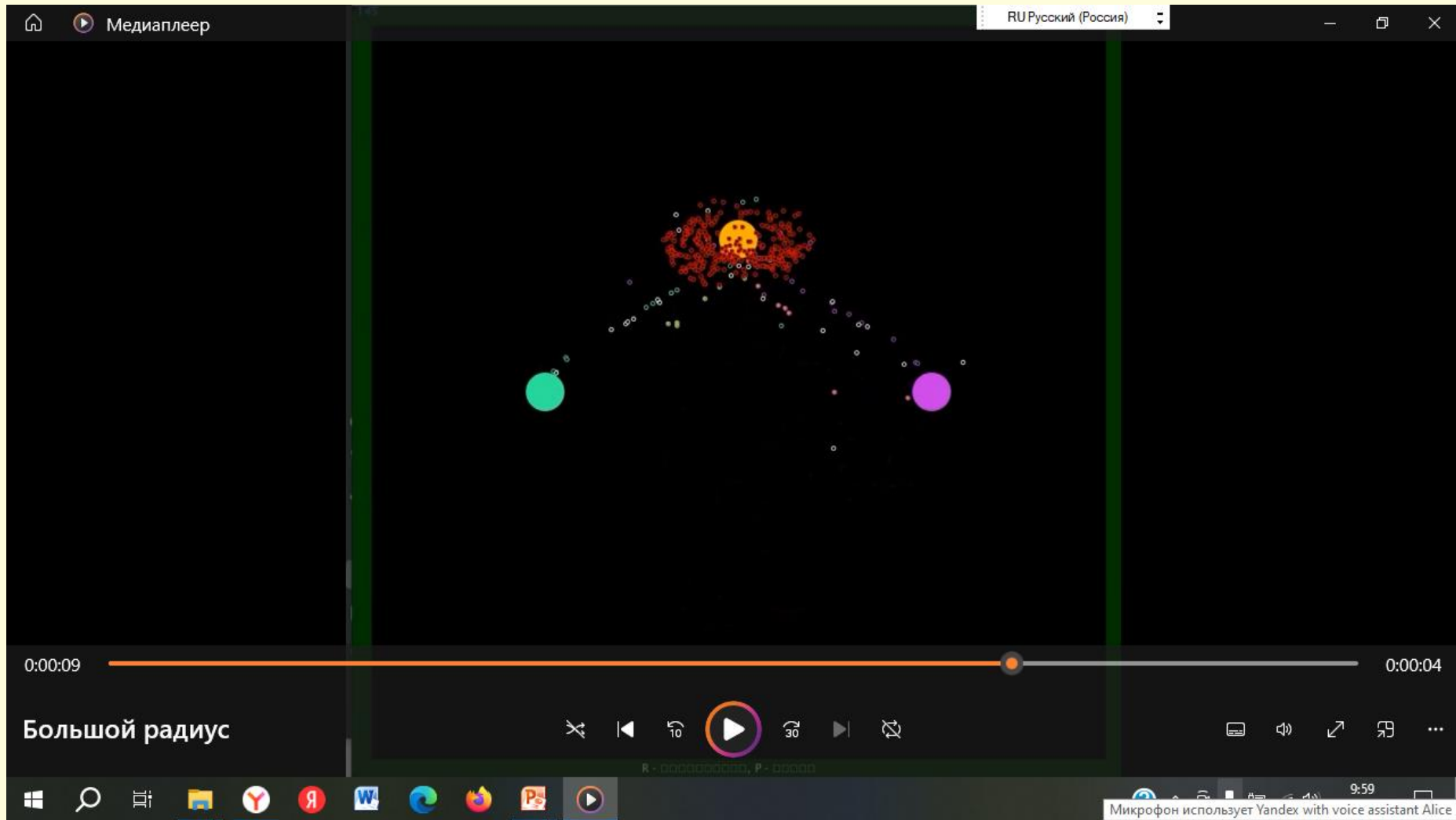


Схема взаимодействия пространств (матрикс)



Модель двух конкурирующих популяций с использованием технологии «роевого интеллекта»



Образование. Ценности

Ведущей проблемой является сформированная за последние 100 лет ценность – максимизация процента на капитал (оборот капитала). Последней новацией в этом направлении являются лозунги «Образование – это услуга» и «Воспитание грамотного потребителя».

Вывод: необходимо изменить систему ценностей в глобальной системе многообразных культур. Сейчас в рамках процесса глобализации происходит разрушение культурного многообразия, которое замещается человеческой массой, «не помнящей родства своего».

Необходимо изменение принципа **образования: это не услуга, а обязанность.** (Учиться, учиться и учиться.). Гармонично и правильно обученные поколения многие проблемы решат лучше ныне живущих людей. Вопрос – как это сделать? – остается открытым.

Важно понимать необходимость соотнесения скорости развития со скоростью усвоения и понимания инноваций людьми, вновь входящими в этот мир.



Проблемы будущего:

- Восстановление биосферы (гармонизация отношений между Человеком и Природой);
- Формирование гармоничных взаимоотношений между разными культурами (многополярный МИР)

Стратегия развития (образ будущего) безусловно должна учитывать эти проблемы.

России необходимо предложить Миру свой проект решения этих проблем.

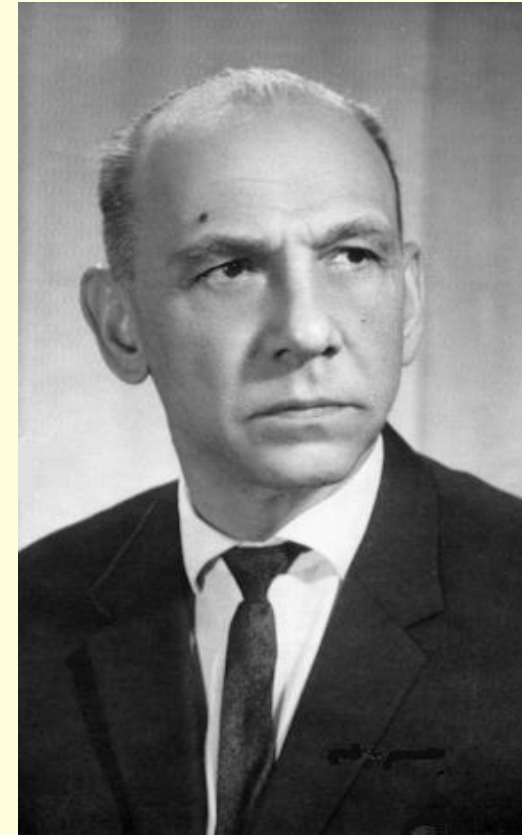


Дородницын А.А. – академик АН СССР

Построение математической модели – это прежде всего определение структуры оператора, а для этого алгоритмов нет...

«Моделист» находится в плену существующей математики: он пытается описать явления в новых областях с помощью известных математических структур – в основном дифференциальных уравнений, иногда с введением конечно-разностных соотношений.... только создание новой математики – дифференциального и интегрального исчислений – позволило сформулировать математическую модель движения...задачу внедрения информатики в «описательные» науки я считаю одной из важнейших, быть может самой важной проблемой близкого будущего.

«Информатика, предмет и задачи» (1984)



Выводы

- Математическое моделирование является удобным инструментом междисциплинарного анализа сложных социально экономических систем
- При создании моделей таких систем необходимо опираться на методологию развития моделей физических систем
- По-видимому, модели должны описывать динамику системы в трех пространствах
- Важнейшую роль в развитии социально-экономических систем играет система УЧИТЕЛЬ



Достаточно развитая технология
неотличима от магии. А. Кларк
(карго-культ)



Благодарю за внимание!

