

**Лекция 1. Общая  
ЭКОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ  
ЧЕЛОВЕКА**

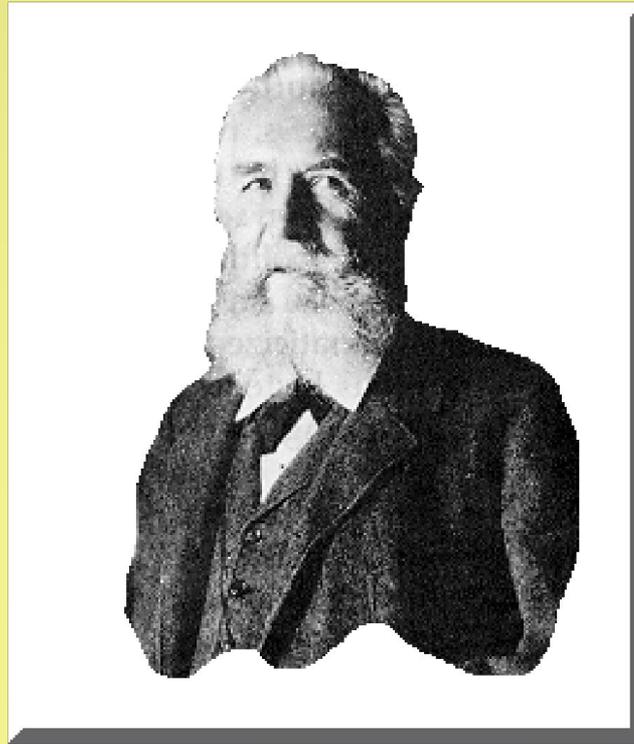
*Предмет и методы*

# Экология (οΙΚΟΣ+ΛΟΓΟΣ)

*Так что же это за выскочка среди наук, которая представляется нам набором фактов без всякой теории и которая явно страдает от избытка наблюдений и от отсутствия принципов для их классификации? А существует ли вообще такая наука – экология?*

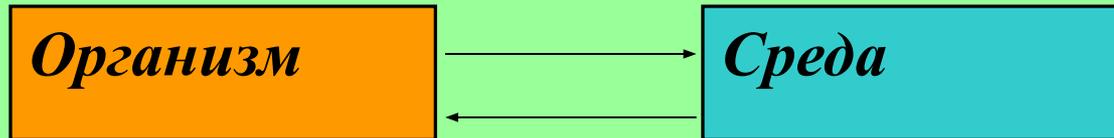
*Эймян Макфедьен*

*, 1965*



Под экологией мы подразумеваем **общую науку об отношении организмов к окружающей среде**, куда мы относим все «существования» в широком смысле этого слова. Они **частично органической, частично неорганической природы**.

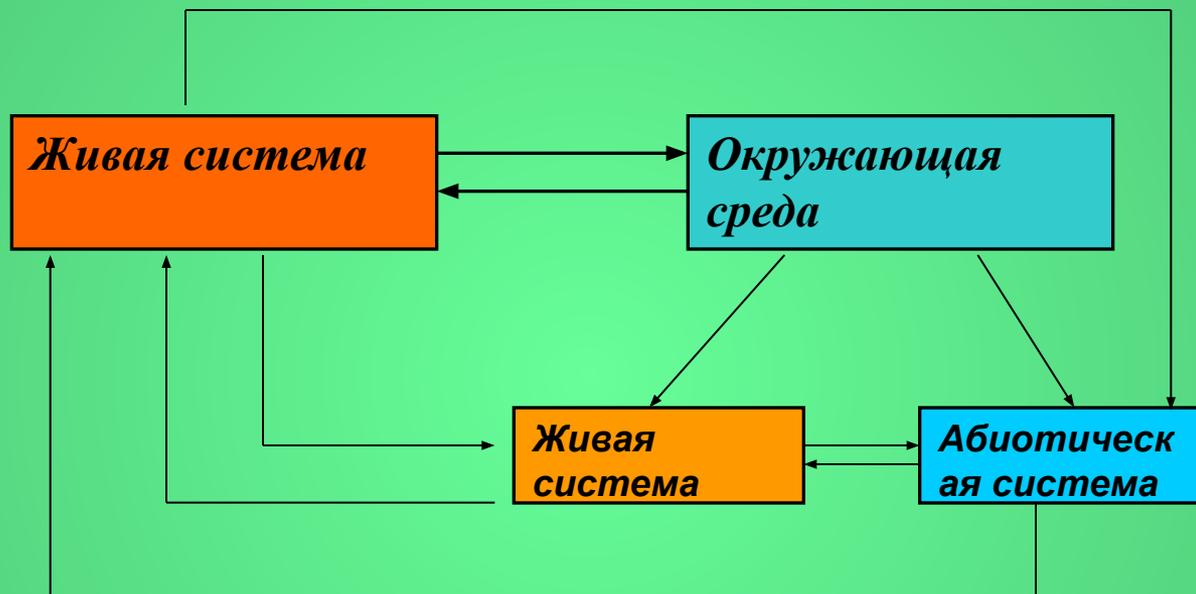
Э. Геккель, 1866



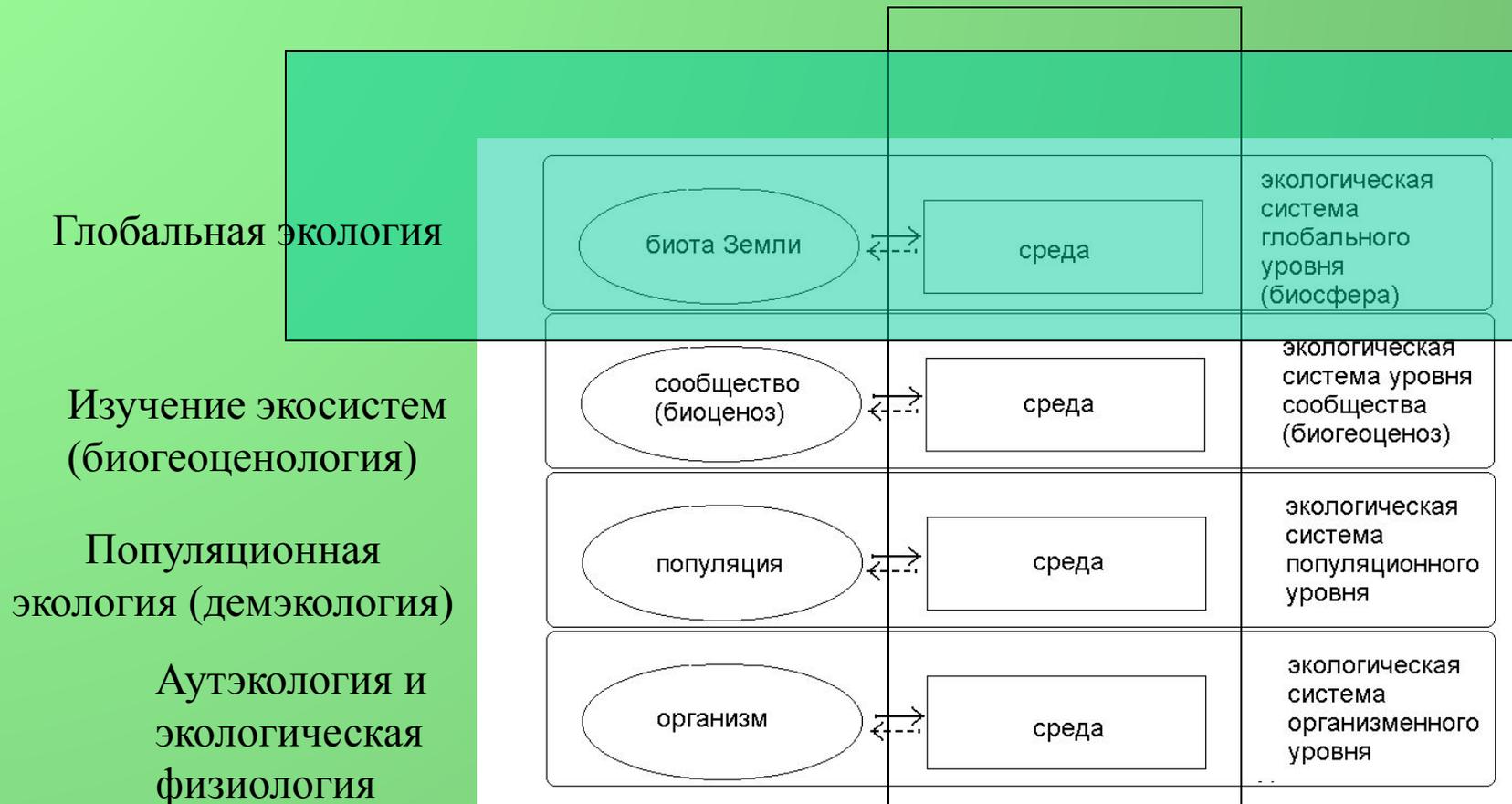
*Аутэкология – организм во взаимодействии со средой как система, отражающая видовые особенности*

*Экологическая физиология – функциональные взаимодействия организма и среды*

*Факториальная экология – воздействие факторов среды на организмы.*

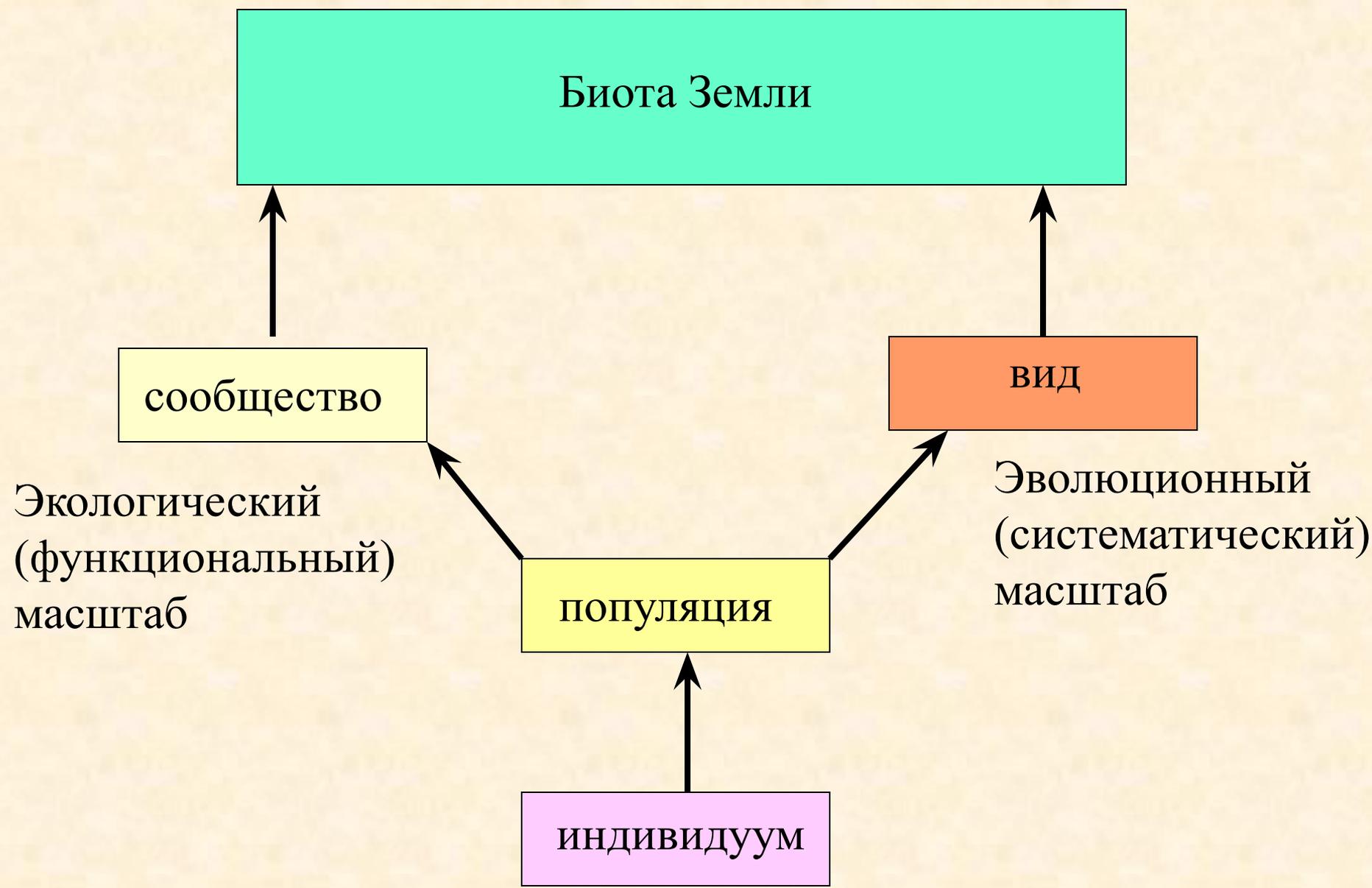


# ИЕРАРХИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ



Среда содержит все меньше биологических компонентов по мере возрастания уровня организации (сред, особенно абиотическая менее структурирована, чем биосистемы).

# Два разбиения биоты - два масштаба времени



# **ЧТО ТАКОЕ ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА? РАЗНЫЕ ПОДХОДЫ**

- **1. Наиболее известный и понятный на уровне обыденного мышления подход восходит к первоначальному определению экологии Э. Геккеля.**  
Согласно ему принимаются во внимание чисто биологические характеристики человека, а проблематика экологии человека занимается в основном медико-физиологическими проблемами воздействия факторов среды на здоровье людей. Однако с точки зрения современной экологии такой подход архаичен, являясь чисто аутэкологическим.

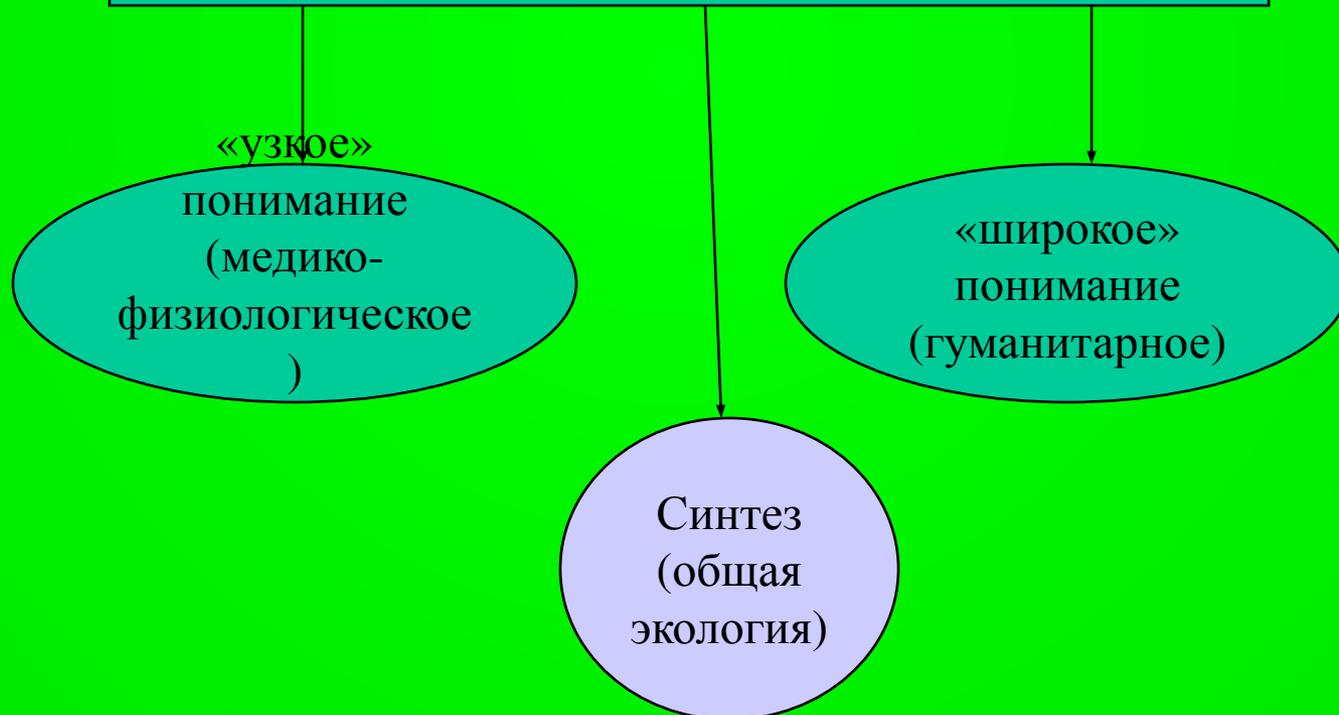
# **ЧТО ТАКОЕ ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА? РАЗНЫЕ ПОДХОДЫ**

*Второй подход, трактует экологию человека чрезвычайно широко, как конгломерат естественных и гуманитарных дисциплин, в котором к научному знанию примешивается определенное мировоззрение и даже деятельность, направленная на улучшение взаимоотношений природы и общества. Этот подход распространен в Западной Европе и частично в Северной Америке. При таком понимании теряется предмет и методы, что является необходимыми характеристиками научной дисциплины.*

## **ЧТО ТАКОЕ ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА? РАЗНЫЕ ПОДХОДЫ**

*И, наконец, третий подход, продолжающий представления общей экологии, рассматривает экологию человека как экологию вида *Homo sapiens*, взаимодействующего со средой. При этом следует рассматривать все основные уровни организации - индивидуум (это аутоэкологический и эколого-физиологический уровень), надорганизменные системы (аналог популяционного уровня других видов) и, наконец, биосферные функции человека. В нашем курсе мы будем придерживаться этого, синтетического подхода, уделив наибольшее внимание системам надорганизменного уровня, динамика которых во многом связана с демографическими процессами - рождаемостью, смертностью и расселением (эмиграцией и иммиграцией).*

# ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА



# Человек - биологический вид

- Вид: *Homo sapiens*
- Род: *Homo*
- Семейство: *Hominidae*
- Надсемейство: *Hominoidea*
- Отряд: *Primates*
- Класс: *Mammalia*

Человек – гомойотермный (теплокровный) вид, имеющий много общего (особенно на уровне организма, т.е. аутоэкологическом уровне) с другими видами млекопитающих

*При построении экологии человека (в том числе и при построении экологической демографии человека) необходимо учитывать как общие с другими видами закономерности, так и специфику.*

В дальнейшем мы узнаем, что человек - закономерное порождение прогрессивной эволюции, основной вектор которой направлен на усиление потока энергии и ускорение круговорота веществ.

Кроме того, основное приспособление человека проявляется на уровне, аналогичном популяционному, и социализация (сотрудничество, совместное построение отношений со средой) - необходимый атрибут этой основной адаптации человека, позволившей ему изменять экологические функции без изменения наследственной базы.

# Лекция 2. Прогрессивная биологическая эволюция и ЧЕЛОВЕК.

*Энергетические аспекты*

**«Сопоставимый» энергетический обмен  
(А.И. Зотин, А.А. Зотин, 1999) -это  
коэффициент  $a$  в аллометрическом уравнении  
зависимости интенсивности обмена ( $R$ ) от характерных  
для вида размеров (массы  $M$ ):**

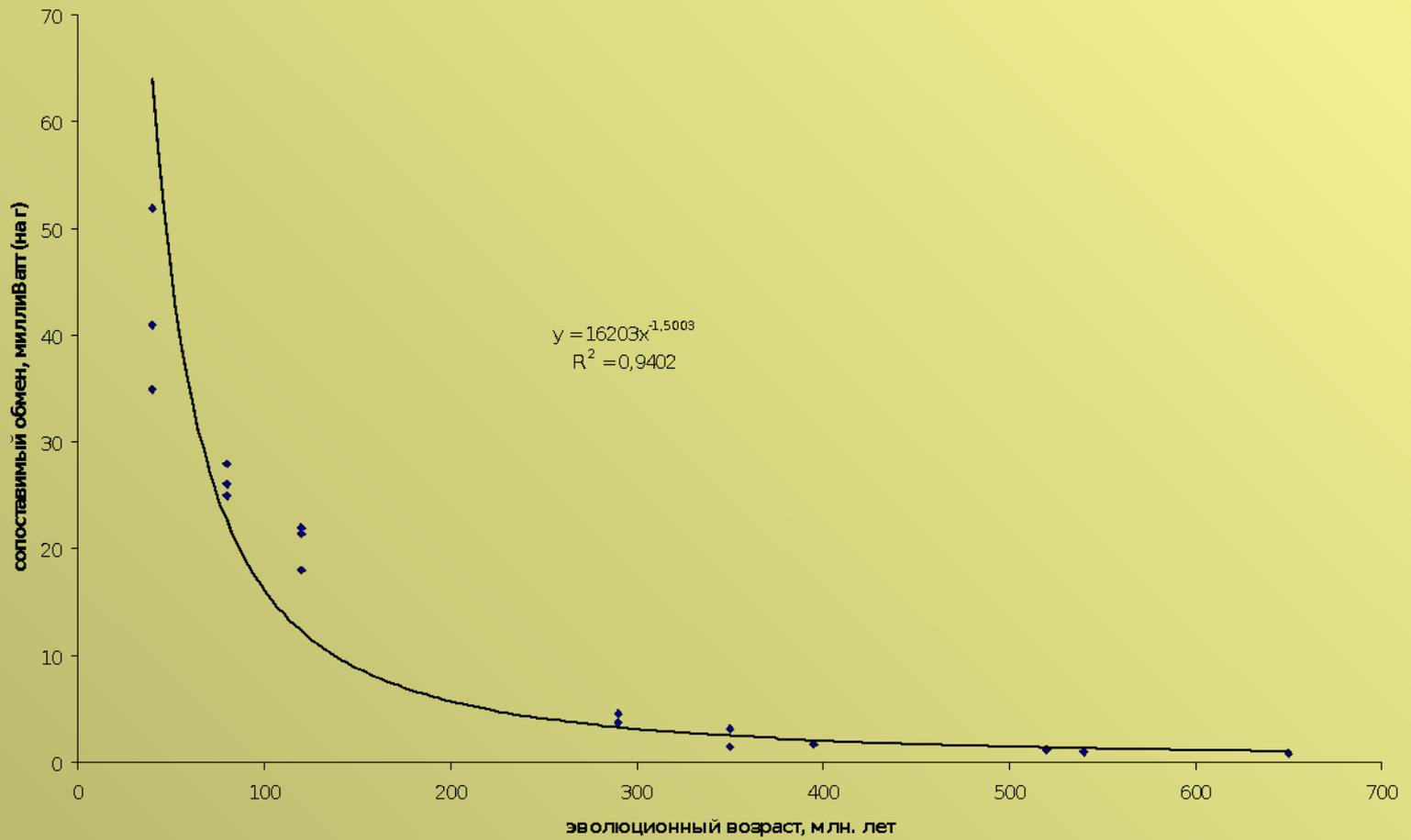
$$R = a M^b$$

Биологический смысл этого коэффициента - ожидаемая  
величина энергозатрат при единичной массе тела.

Коэффициент  $b$  - (аллометрический экспонент) мало изменяется  
у разных видов.

*Проф. А.И. Зотиным было показано, что величина  $a$   
может служить показателем организованности,  
упорядоченности (т.е. сложности), как выражение  
термодинамического потенциала (диссипативной  
функции по И. Р. Пригожину)*

### Эволюционный возраст и величина сопоставимого энергетического обмена



Такая тенденция согласуется с представлениями В.И. Вернадского о ускорении круговорота веществ и усиления потока энергии по мере эволюции биосферы.



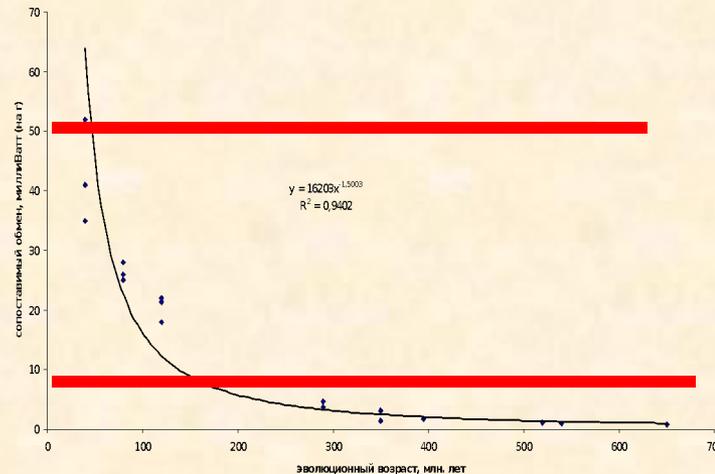
Владимир Иванович Вернадский (1863-1945)

## Гипотеза «термальных барьеров» (Зотин, Зотин, 1999).

Согласно этой гипотезе, пойкилотермные (эндотермные) животные не могут иметь величину сопоставимого обмена более (5-8 мВт/г), иначе они погибнут от перегрева. Это - **первый тепловой барьер**, достигнутый у прямокрылых и однопроходных млекопитающих.

Следование тенденции прогрессивной эволюции привело к развитию гомойотермии. Однако по мере биоэнергетического прогресса, т.е. увеличения  $a$ , был достигнут **второй тепловой барьер** в 48-50 мВт/г (у воробьиных птиц).

Эволюционный возраст и величина сопоставимого энергетического обмена



Второй тепловой барьер

Первый тепловой барьер

**ПРОДОЛЖЕНИЕ ТЕНДЕНЦИИ К ПРОГРЕССИВНОЙ ЭВОЛЮЦИИ БЫЛО МОЖНО ТОЛЬКО ПРИ ПЕРЕХОДЕ К НОВОМУ (НЕБИОХИМИЧЕСКОМУ) СПОСОБУ ПОЛУЧЕНИЯ И РАСХОДОВАНИЯ ЭНЕРГИИ (НЕ ИЗ ПИЩИ) И СВЯЗАННЫМ С ЭТИМИ ПРОЦЕССАМИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ РЕСУРСОВ).**

Это стало возможным с появлением цивилизации, которая позволила источникам энергии **вне организма**. Такая способность возможна только в развитых системах получения, хранения и использования информации (сознание), но и одновременно с социализацией - (появлением общества)

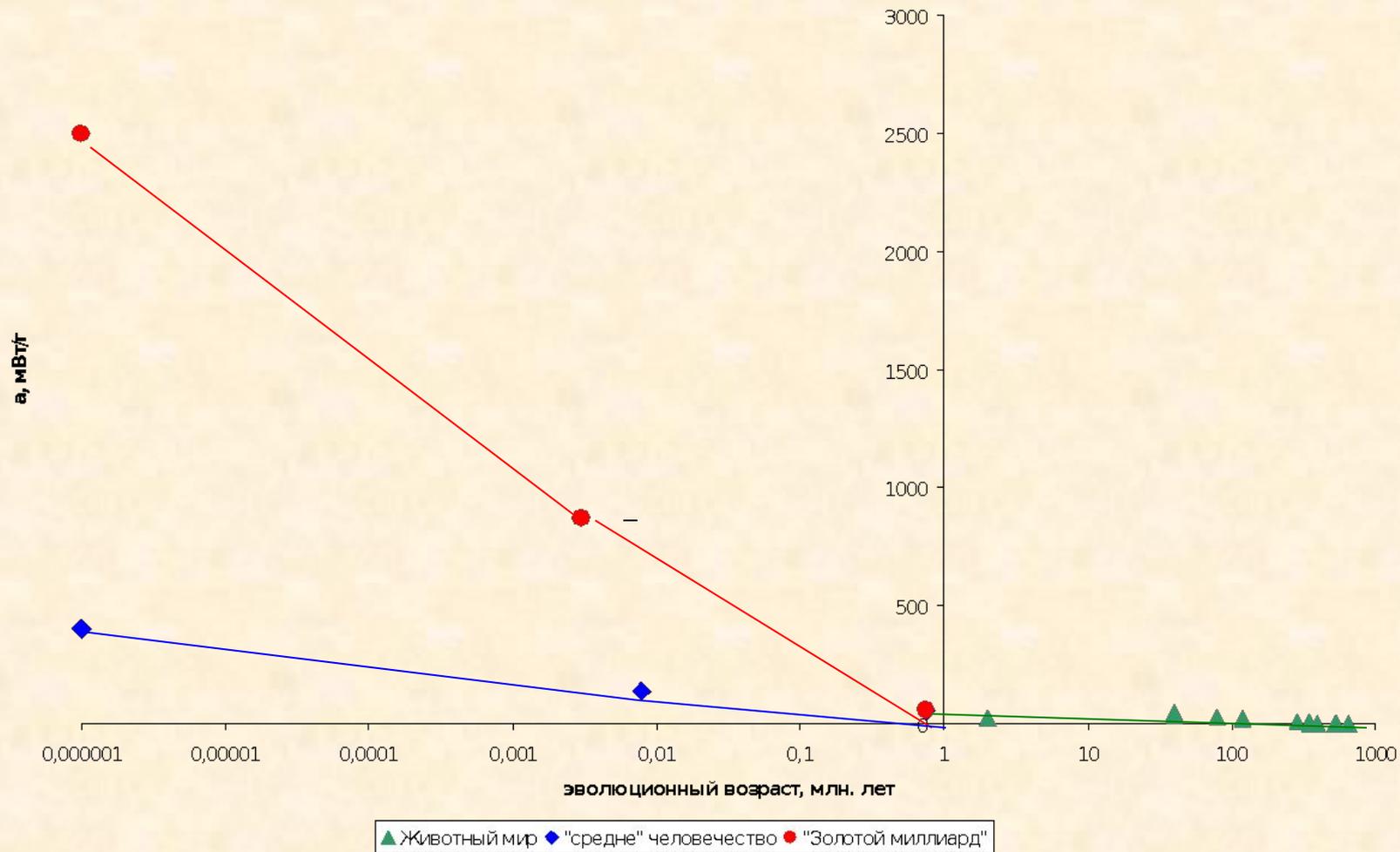
# Потребление энергии на одного человека в сутки (кДж).



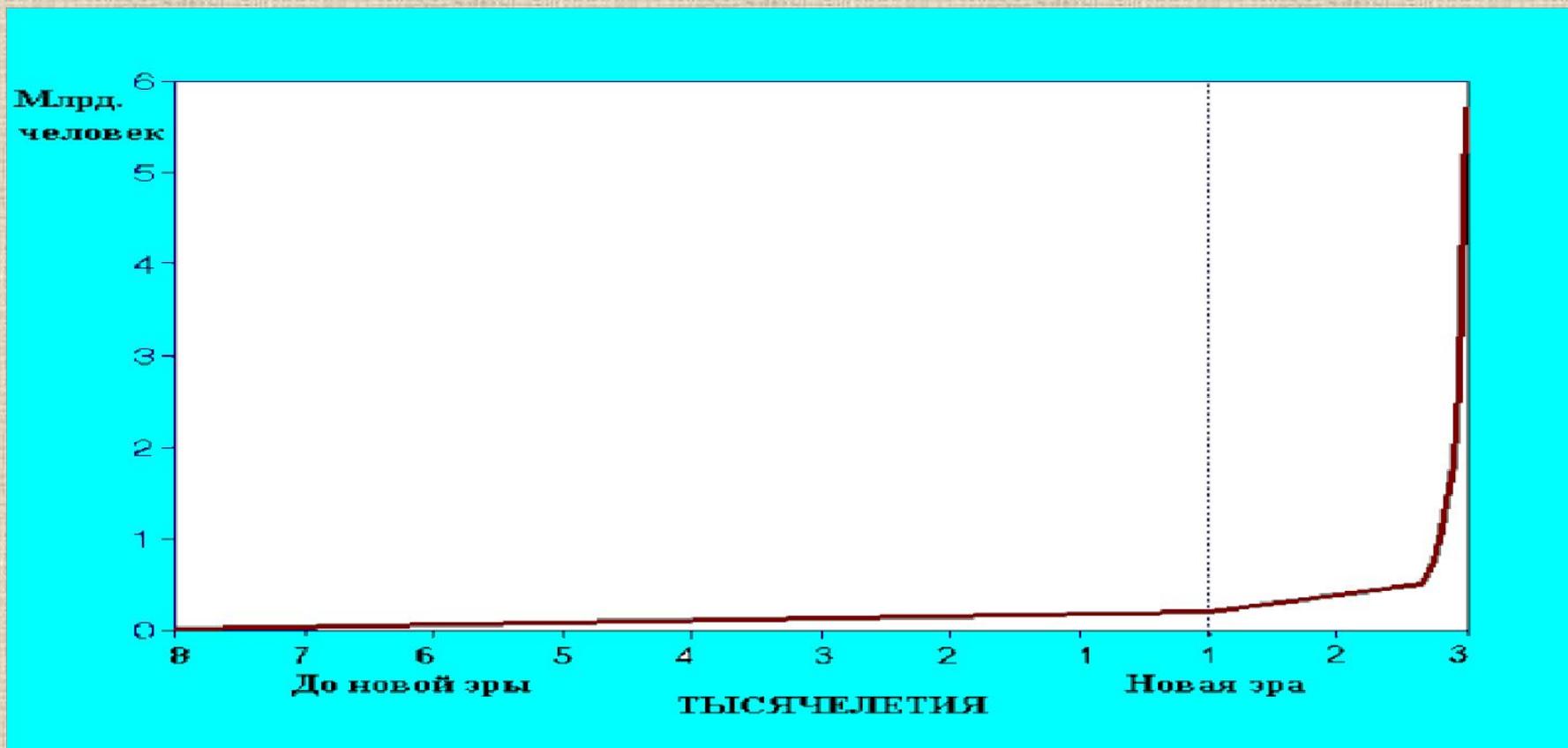
## *Стадии исторического развития человечества и значения коэффициента $a$ (мВт/г)*

Стадии развития культуры	Историческое время (тыс. лет)	$a$ (мВт/г)
Примитивный человек	2000	22,5
Использование огня	750	56,2
Доместикация животных	8	134,8
Индустриальная революция	0,3	866
Развитые страны	0,001	2500
"Третий мир"	0,001	400

### Историческое развитие человечества как продолжение общего эволюционного тренда



**Смена экологических функций сопровождалась быстрым ростом численности человечества.**





*Рональд А. Фишер (1890-1962)*

**Критерий приспособленности** - среднее число потомков, достигающих репродуктивного возраста, которых средний индивидуум в популяции оставляет в течение жизни. **Приспособленность** тем больше, чем быстрее увеличивается численность, т.е. **связана с демографическими характеристиками.**

**С эволюционно-экологической точки зрения человек - это чрезвычайно приспособленный к существованию во взаимодействии с окружающей средой (в широком смысле) вид.**

Очевидно, именно высокая приспособленность обеспечила широчайшее распространение людей на планете и стремительное (относительно) увеличение их численности за исторический период. При этом, как мы видели, **смена экологической «роли» (экологических ниш), происходила без существенного изменения наследственной базы.**

Развитие человечества шло не по обычному для других видов пути «проб и ошибок», когда естественный отбор, «играя» в процессе смены поколений с наследственностью и изменчивостью, вырабатывает **черты, обеспечивающие высокую приспособленность - адаптации.**

*Что же является главной адаптацией человека?*

Для ответа на этот вопрос необходимо рассмотреть разные структурные уровни систем, в которые организован вид *Homo Sapiens*.

# **Лекция 3. Адаптации человека на уровне организма.**

*Немного об аутоэкологии и экофизиологии человека*

*Понятие «адаптация» трактуют по-разному, хотя эти трактовки объединяет то, что адаптации – это характеристики, позволяющие повышать приспособленность, проявляющуюся, прежде всего, в увеличении относительного количества жизнеспособного потомства.*

Первая трактовка – широкая, согласно которой утверждается, что любой признак), позволяющий противодействовать негативным (снижающим продуктивность или вовсе приводящим к гибели организмов) воздействиям факторов среды можно назвать «адаптацией».

При этом не важно, имеет ли это качество наследственно закрепленную (т.е. передающуюся следующим поколениям) биохимическую базу, или это Результат гомеостатических связей со средой на уровне физиологических реакций (т.е. тех реакций, которые, с генетической точки зрения являются модификациями, не выходящими за пределы «нормы реакции»).

Тогда то, что называют «акклимацией» (проявление «адаптивных» свойств в искусственных (экспериментальных) условиях, и «акклиматизацией» - То же самое в условиях, изменяющихся независимо от физиолога-экспериментатора (под действием неуправляемых факторов).

## *Понятия «адаптации» и «акклимации»- альтернативная трактовка:*

Другое понимание того, **как различать «адаптацию» и «акклимацию»** связано с разделением уровня проявления свойств, позволяющих избежать гибели или увеличить продукцию - быстрее расти и индивидуально развиваться (зреть) на уровне реакций организма («акклимацию» с этой точки зрения) с уровнем, проявляющимся на надорганизменном (популяционном с в генетико-эволюционном смысле) уровне, когда эти свойства имеют наследственно закрепленный характер. Тогда это «настоящая» адаптация.

Несмотря на то, что пределы нормы реакции - это, безусловно, наследуемое свойство, все же **такое определение «адаптаций» и «акклимаций»** (первые наследуемы, т.е. всегда усваиваются последующими поколениями, а вторые- это скорее проявление индивидуальных характеристик отдельного организма) более соответствует представлениям о системной иерархии живых объектов.

## ***Зоогеографическое правило Бергмана:***

Среди близких форм гомойотермных животных те, что обитают в более холодном климате, как правило имеют более крупные размеры.

Причиной этого является то, что теплопродукция имеет более высокий аллометрический коэффициент зависимости от массы тела, чем теплоотдача (первый имеет значение около 0,75, а второй – около 0,5).

Поэтому поддерживать постоянную температуру тела крупным легче, чем мелким.



## *Правило Аллена:*

У гомойотермных животных выступающие части (теплоотдатчики – в данном примере - уши), придающие более грацильный облик, больше у тех, кто живет в более жарком климате.

В определенном смысле правило Аллена (в отличие правила Бергмана) объясняет не стремление избежать переохлаждения, А стремление избежать перегрева.



Песец (Арктика)



Красная лисица (Умеренная зона)



Фенек (Северная Африка)

*Правило Бергмана и правило Аллена в определенной степени противоречивы (например, африканские слоны большие, но в то же время и имеют большие уши).*

*Поэтому каждое из них имеет много как подтверждений, так и исключений.*

*Тем не менее показано (Алексеев, 1994 и другие), что часто (особенно если брать выборки из мест, где перемешивание населения было не слишком заметно), эти правила соблюдаются.*

**Правило Бергмана** часто может считаться выполняемым для человека.

На фотографиях типичный (по фенооблику) северянин (массивный человек) и типичные южане (небольшого роста и массы)



Здесь жители Африки сравниваются с обитателем северных тундр.

В их фенооблике заметны различия - африканцы более грацильны. Это - иллюстрация **правила Аллена**.



**Другое эколого-географическое правило, которое в связи с распространением негроидной расы (а также с тем, что южане чаще брюнеты) давно считается применимым к человеку. Это - так называемое правило К. Глогера, которое гласит, что в теплых и влажных климатических условиях окраску гомойотермных животных больше определяют темные пигменты - меланины.**

Орнитолог Константин Глогер изучал в XIX в географическую изменчивость райской мухоловки, и пришел к тому, что вывел это правило.



Есть еще один фенотипический признак (**носовой указатель** или **индекс Джонстона-Бакстона**), который широко используется в антропологии (и расоведении).. Это отношение наибольших ширины носа к его длине. Значение этого индекса больше у людей, принадлежащих к «тропическим» типам (потому что их наследственная база сформировалась под действием факторов среды, обеспечивающих наиболее адаптивное изменение фенотипических характеристик организма на аутоэкологическом уровне (как у других видов) путем «игры» естественного отбора с наследственностью и изменчивостью.

## ***СЕРПОВИДНО-КЛЕТОЧНАЯ АНЕМИЯ (СКА)***



**Примером работы генетических механизмов, сходных с таковыми у других видов является наследственное заболевание, связанное с распространением аллеля, который в гомозиготе летален. Он должен бы быть элиминирован, и его действительно нет в районах, где не распространена тропическая малярия.**

**Дело в том, что малярийные плазмодии не могут размножаться в измененных у гетерозигот «серповидных» эритроцитах. Поэтому пониженная жизнеспособность больных СКА «компенсируется» снижением жизнеспособности больных малярией, что позволяет гену (аллелю) СКА не исчезать.**

## ***ГРУППЫ КРОВИ АВ0***

*Группы крови у человека определяются тремя альтернативными вариантами одного гена (А, В, О), расположенного в 9-й хромосоме.*

*Эта система групп крови наследуется по множественному принципу, при котором действие различных вариантов одного гена проявляется в равной степени, независимо друг от друга.*

*Попарное сочетание этих генов определяет одну из четырех групп крови.*

**Существует четыре допустимых комбинации агглютининов ( $\alpha$  и  $\beta$ ) с агглютиногенами (А и В): то, какая из них характерна для данного человека, определяет его группу крови по системе АВ0:**

- $\alpha$  и  $\beta$ : первая (0)**
- А и  $\beta$ : вторая (А)**
- $\alpha$  и В: третья (В)**
- А и В: четвёртая (АВ)**

***В распределении групп крови также как и различных других аутоэкологических признаках существуют различия для выходцев из разных частей человечества.***

**Например, североамериканские индейцы почти исключительно обладают первой группой (0 по системе АВ0)**

*Кроме того, многие физиологические признаки - скорость тока крови, тип обмена (жировой или углеводный) различны у представителей разных народов.*



Например, эскимосы имеют медленный ток крови, что способствует существованию в условиях холода. Аборигены севера (ненцы и чукчи) имеют жировой тип обмена (их пища - рыба и мясо), а выходцы из юго-восточной Азии - углеводный (так как едят в основном растительную пищу)

**Однако, факторы эволюции, работающие у других видов, не привели к сколько-ни будь радикальным изменениям наследственности человека: их действие ограничено.**

Этими факторами являются, как показал С.С. Четвериков (1) изоляция, (2) мутации и рекомбинации, (3) «волны жизни» - колебания численности, а итог всему подводит (4) естественный отбор.

*Поэтому адаптации организменного уровня, видимо, не могли полностью определять высокую приспособленность человека. Основной адаптацией является что-то другое.*



Сергей Сергеевич  
Четвериков

# Лекция 4. Основная адаптация человека

Культура-основная адаптация  
человека проявляется на  
надорганизменном уровне.

Итак, мы убедились, что **основная адаптация человека приводит к тому, что он использует энергию не биохимическим путем, а также способен осваивать новые ресурсы, недоступные другим видам.**

Эта адаптация позволяет человеку продолжать линию на увеличение показателя упорядоченности, характерную для прогрессивной эволюции, на которую указывал еще в 1925 г. А.Н. Северцов, говоря о повышении «энергии жизнедеятельности» в ходе ароморфозов.



Алексей Николаевич Северцов  
(портрет работы М.А. Нестерова)

**Эта адаптация позволила также человеку менять экологические роли без существенных изменения наследственной основы, т.е. структуры ДНК.**

**У других видов освоение новых экологических ниш - это, как правило, появление новых форм, связанное с действием факторов эволюции, среди которых важное место имеет *изоляция* группировок популяционного ранга.**

**Первое проявление этой новой адаптации привело, по-видимому, к расселению людей в пределах Ойкумены, связанному с переходом от собирательства к охоте на крупных животных (палеолитическая революция)**

**Такая адаптация связана не только со способностью использовать энергию, полученную вне организма, но и с развитой способностью передавать информацию из поколения в поколение и обмениваться ею без посредства «информационных молекул».**

**Все это, начиная с первого изменения экологической роли у первобытных охотников, использовавших огонь, невозможно без (1) развития сознания и (2) социализации - образования общества.**

***Таким образом, основная адаптация человека имеет надорганизменный характер, и связана с совместным воздействием на окружающий мир (среду).***

**Эту надорганизменную адаптацию, проявляющуюся на уровне группировок, в чем-то аналогичных популяционным группировкам других видов, можно назвать КУЛЬТУРОЙ.**

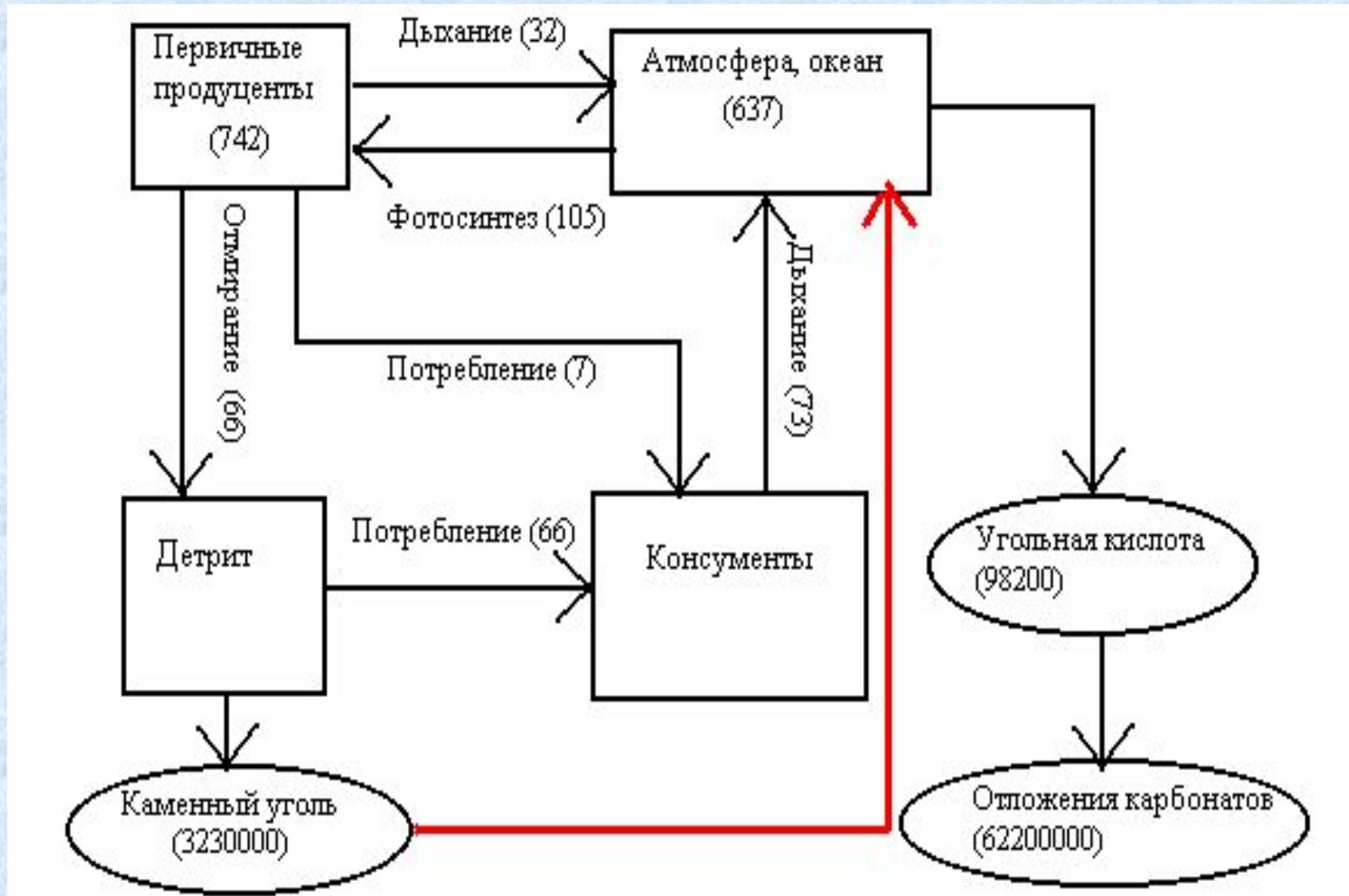


**КУЛЬТУРА** имеет две основные стороны, связанные с основными ее функциями - передачей информации (**духовная культура**) и способностью получать и расходовать энергию из внешних источников, а также осваивать новые ресурсы (**материальная культура**).

## «Глобальные революции» и изменение экологических функций человека в историческом развитии

<i>Глобальная революция</i>	<i>Экологическая сущность</i>
Палеолитическая	Переход от собирательства к хищничеству.
Неолитическая	Собирательство продолжилось в земледелие, хищничество – в скотоводство. Изобретение сельского хозяйства – это переход от преимущественных усилий на сбор и обработку того, что производится другими системами на поддержание более « <del>накачанности</del> продуктивных»
Индустриальная	Интенсивная эксплуатация преимущественно нового ресурса –
Информационная (?)	резервных фондов биосферы. (?)

После «промышленной революции» XVII-XIX в. человечество освоило «резервные фонды» биосферы, изменяя биогеохимические круговороты.



Лекция 5. Основные характеристики  
биологических систем  
популяционного ранга

*Воззрения современной популяционной  
экологии*

# ПОПУЛЯЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ (ДЕМЭКОЛОГИЯ)

Лат. POPULUS, ΔΕΜΟΣ -  
население, народ.





Феодосий Григорьевич Добжанский

*Популяция - совокупность индивидуумов одного вида, населяющих определенную, относительно изолированную, территорию (акваторию) и обладающая определенной степенью панмиксии (возможности свободного скрещивания).*

### **ЭВОЛЮЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ:**

Популяция - элементарная единица микроэволюционного процесса (видообразования), а также элементарная хронологическая (пространственная) единица вида



Владимир Николаевич Беклемишев

*Популяция - совокупность особей (и их групп), населяющих определенную территорию и взаимодействующая с другими такими совокупностями иных видов на этой территории.*

**ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ:**  
Популяция - единица взаимодействия видов в сообществе  
(биоценозе).

## ***СИНТЕЗ***



Станислав Семенович Шварц

***Шварц С.С. Популяционная структура вида //***

***Зоологический журнал. - 1967. - Т. 46, вып. 10. - С. 1456-1469.***

***Шварц С.С. Популяционная структура биогеоценоза //***

***Известия АН СССР - 1971. - № 4. - С. 485-493.***

Группировки популяционного ранга - это  
**сложные системы.**

*Они обладают структурированностью*



Николай Павлович Наумов

**Главные интегральные характеристики популяций - это *численность*, и *численность*, отнесенная к территории (акватории) - *плотность*.**

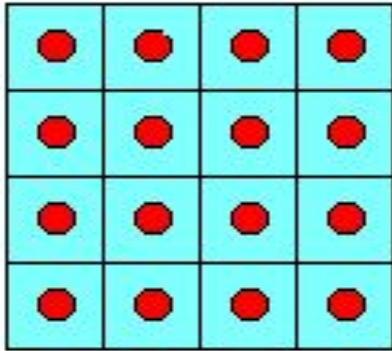
**В популяционной экологии различают *среднюю плотность* и *экологическую плотность*. Средняя плотность - это численность, отнесенная к территории, включающую и непригодные для обитания части, а экологическая - отнесенная только к пригодным для обитания частям территории, на которой обитает популяция. Последняя может быть «пятнистой», где пригодные места перемежаются с непригодными.**

**Поэтому понятие плотности популяции тесно связано с одной из важных популяционных структур - *пространственной структурой*.**

# Пространственная структура популяции

*Три основных типа пространственной структуры:*

(1) *Равномерное распределение:* среднее расстояние между особями (или точками, где находится особей наиболее вероятно) мало изменчиво, т.е. почти одинаково.



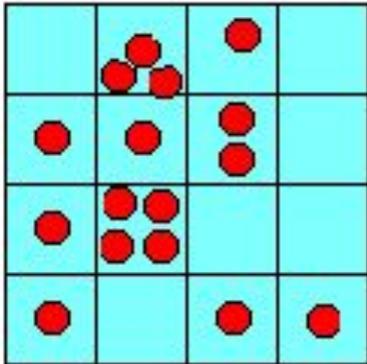
$$\frac{\sigma^2}{\bar{X}} < 1$$

Ресурсы территории (акватории) используются интенсивно; территориальный антагонизм развит (в крайнем выражение - территориальное поведение (у животных)).

# Пространственная структура популяции

*Три основных типа пространственной структуры:*

(2) *Случайное распределение:* среднее расстояние между особями (или точками, где нахождение особей наиболее вероятно) довольно изменчиво и носит случайный характер.



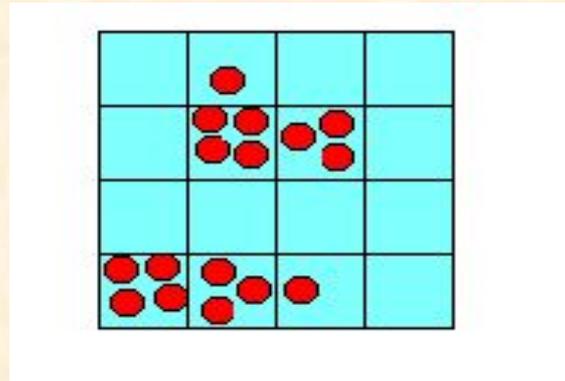
$$\frac{\sigma^2}{\bar{X}} \approx 1$$

Ресурсы территории (акватории) используются случайным образом; территориальный антагонизм развит слабо.

# Пространственная структура популяции

*Три основных типа пространственной структуры:*

(3) *Аггрегированное (групповое) распределение:* среднее расстояние между особями (или точками, где нахождение особей наиболее вероятно) сильно изменчиво; оно либо велико, либо мало. Особи собираются в группы.



$$\frac{\sigma^2}{\bar{X}} > 1$$

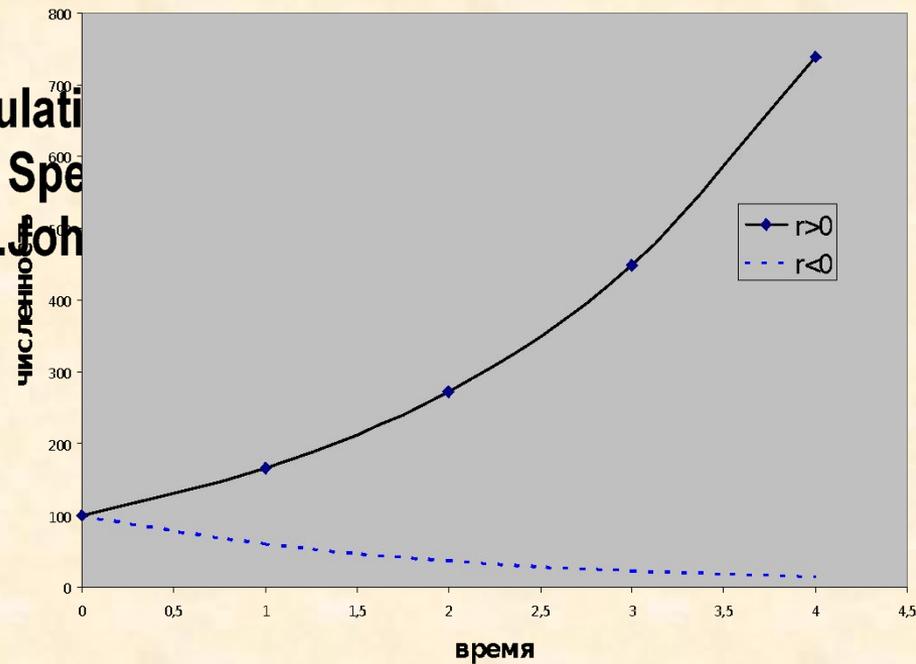
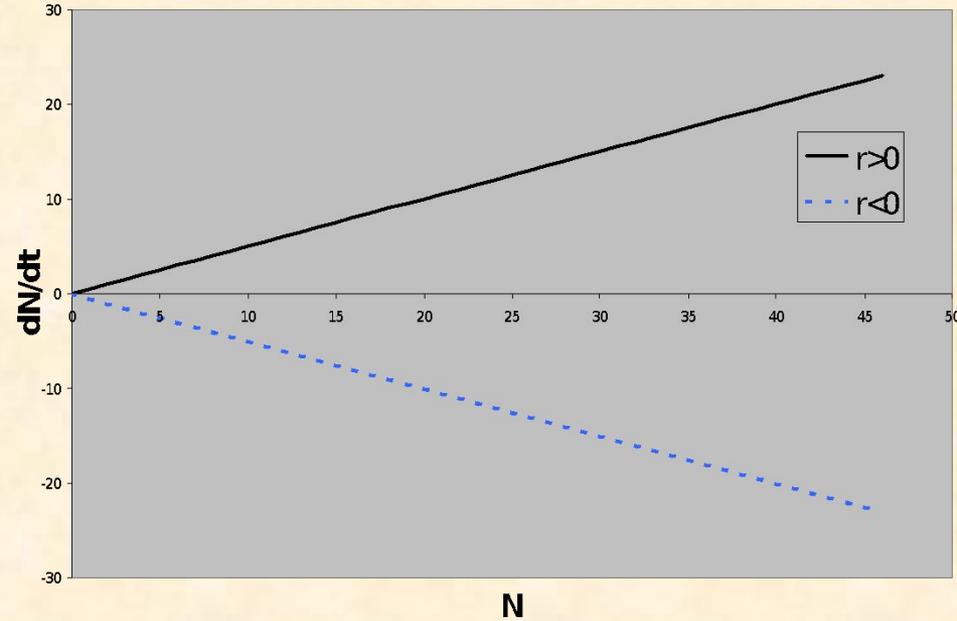
Ресурсы территории (акватории) используются экстенсивно; территориальный антагонизм не развит; скорее наблюдается тенденция к скучиванию.



Томас Роберт Мальтус (1766-1834)

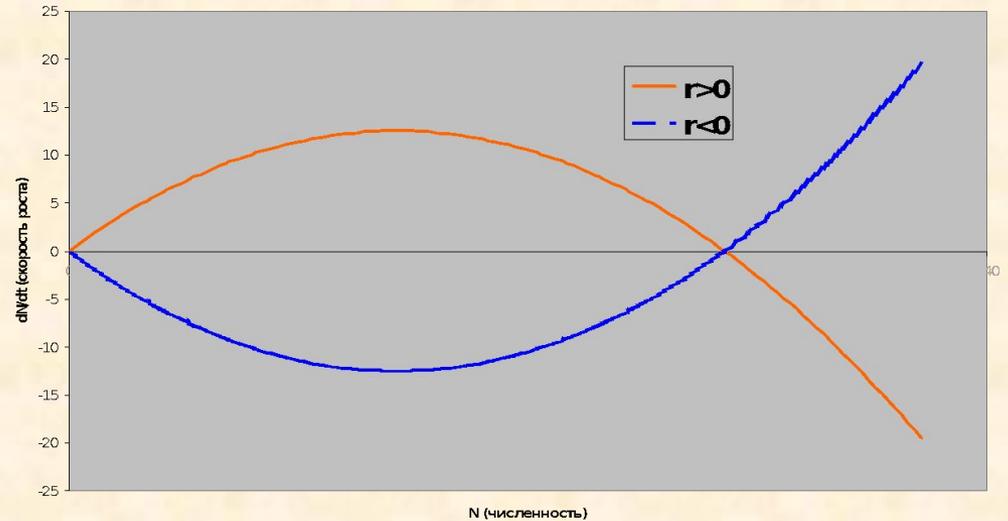
**Malthus T.R. An Essay of the Principle of Population: Or, an Inquiry into the Means of Subsisting the Human Species. In which the Effects of the Improvement of Society, and the Influence of the Arts, are Considered, with Remarks on the Specimens of the Population of the East, and the Opinions of Mr. Concorcet, and Other Writers. – London: J. Johnson, 1798.**

$$\frac{dN}{dt} = r \cdot N$$



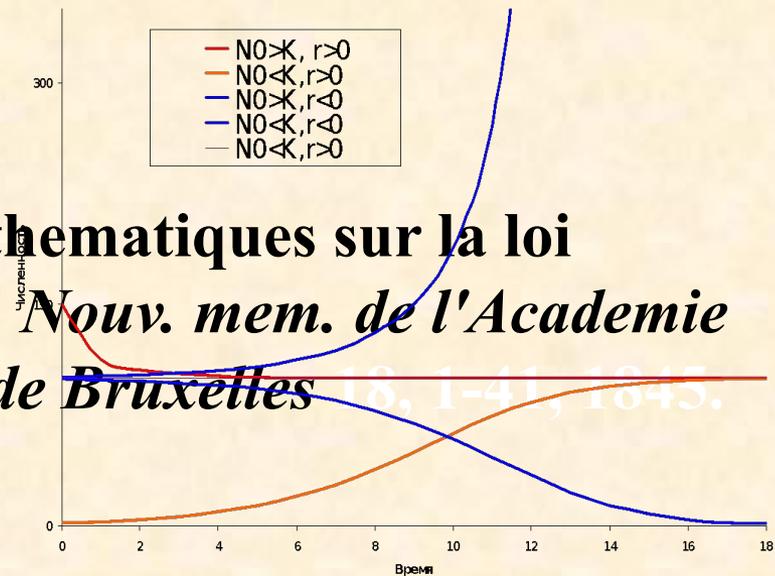


Пьер-Франсуа Ферхюльст (1804-1849)



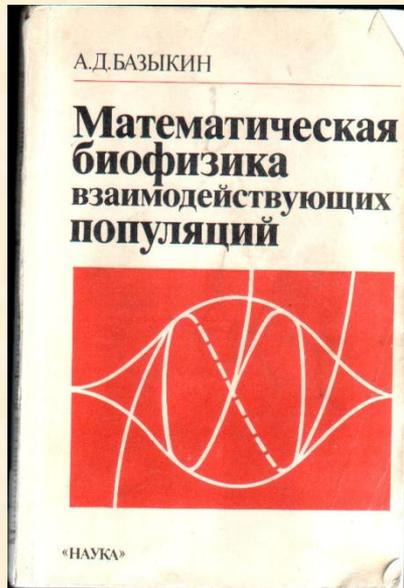
**Verhulst, P.-F. "Recherches mathematiques sur la loi d'accroissement de la population." *Nouv. mem. de l'Academie Royale des Sci. et Belles-Lettres de Bruxelles* 18, 1-41, 1845.**

$$\frac{dN}{dt} = r \cdot N \cdot \left( 1 - \frac{N}{K} \right)$$

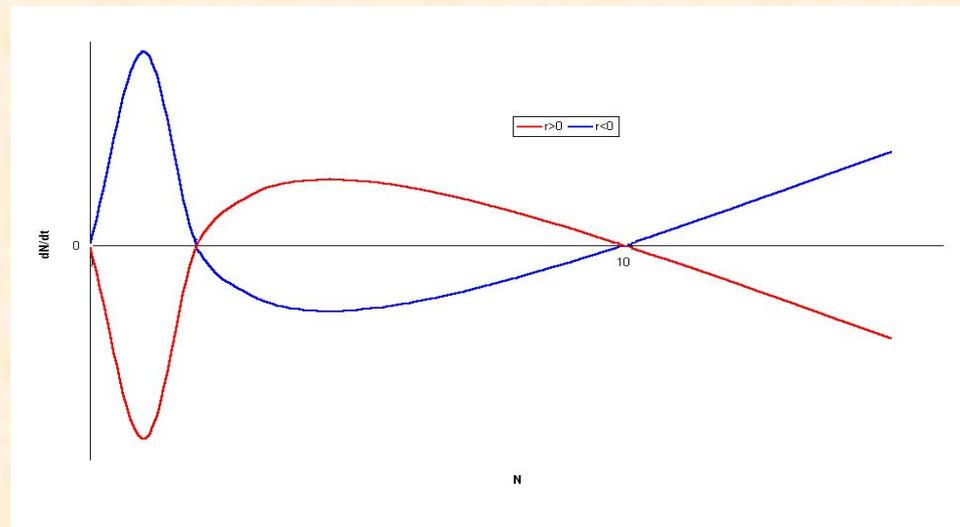




Александр Дмитриевич Базыкин



Если учитывать и кооперацию и конкуренцию, то проявится «эффект Олли»



$$\frac{dN}{dt} = r \cdot N \cdot \left(1 - \frac{K_1}{N}\right) \cdot \left(1 - \frac{N}{K_2}\right)$$

# Лекция 6. Популяционная демография

*Главные структуры, определяющие  
динамику численности*

*Слово «демография» означает «описание народонаселения» и происходит от греческих корней  $\delta\epsilon\mu\omicron\varsigma$  +  $\lambda\omicron\gamma\omicron\varsigma$*

**Популяционная демография - раздел популяционной экологии, который изучает основные популяционные структуры, определяющие динамику численности (плотности) и главные характеристики, ее определяющие. Это - рождаемость (относительное количество новых особей за единицу времени), смертность (доля погибающих за единицу времени) и (в меньшей степени) эмиграция и иммиграция - относительное количество покинувших территорию и прибывших к ней за единицу времени соответственно.**

## *Популяции структурированы.*

**Например, каждый индивидуум можно охарактеризовать полом и возрастом.**



Разные поло-возрастные группы имеют разное функциональное (в экологическом смысле) значение. Прежде всего, они вносят разный вклад в воспроизводство населения. Поэтому *поло-возрастная структура* и является *основной демографической структурой*.

*Основными демографическими параметрами являются выживаемость (величина, дополнительная к смертности) и рождаемость (среднее удельное число новорожденных вычисляемые для каждого возрастного класса).*

(1) **Выживаемость ( $l_x$ )** - это вероятность дожить от рождения до возраста  $X$ . Ясно, что для новорожденных ( $X=0$ ) выживаемость равна единице (если особь появилась на свет, то она выжила).

(2) **Рождаемость ( $m_x$ )** - это среднее удельное число новорожденных, приходящееся (за единицу времени) на одну особь возраста  $X$

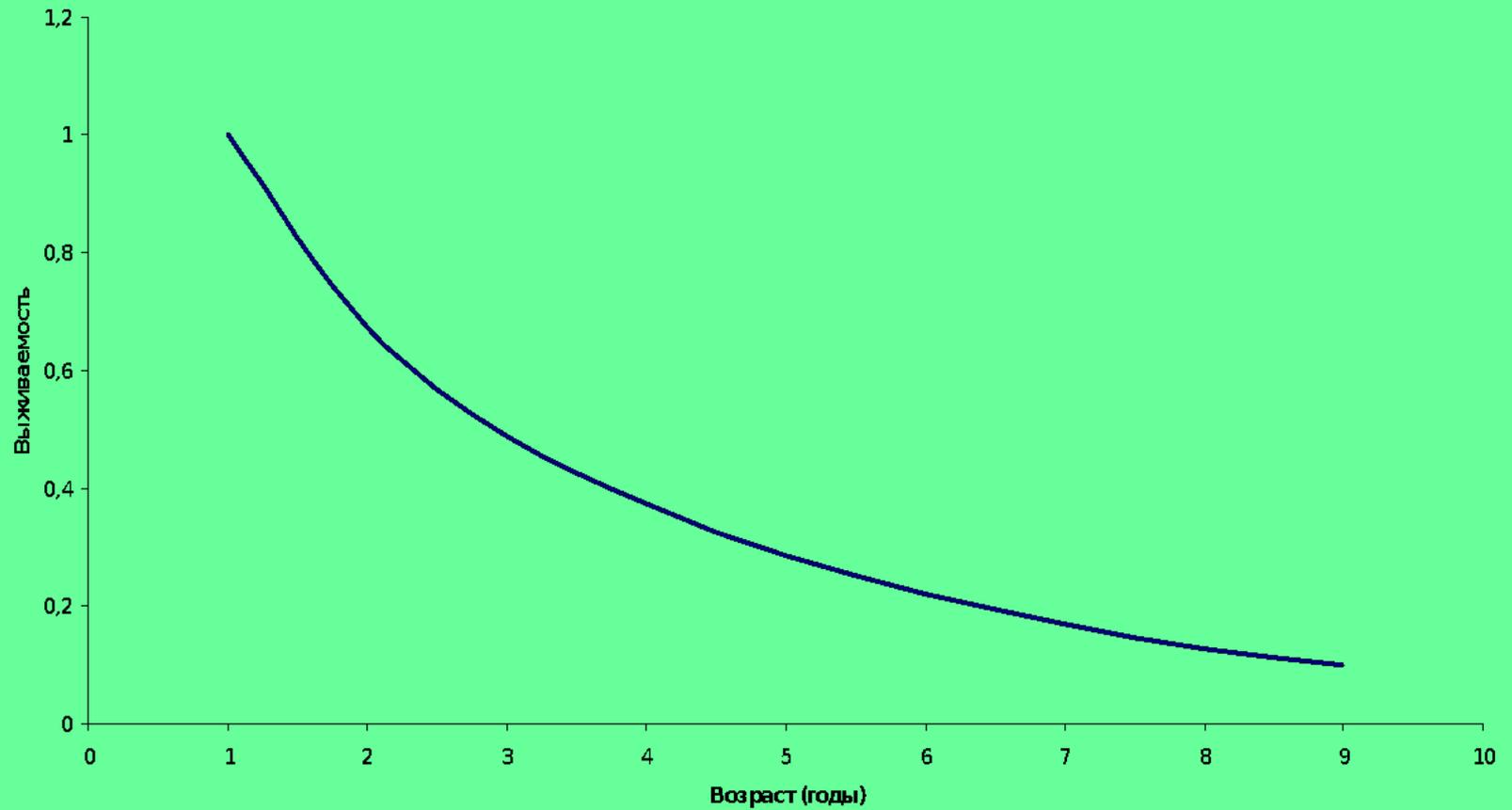
Эти характеристики служат для построения демографических таблиц, по параметрам которых можно рассчитать приспособленность или (чистую скорость размножения  $R_0$ ), ожидаемую продолжительность жизни в возрасте  $X$  ( $E_X$ ), показывающий, сколько еще осталось в среднем прожить, а также «репродуктивную ценность» в возрасте  $X$  ( $V_X$ ), показывающий, сколько в среднем принесет потомков особь этого возраста за оставшуюся жизнь.

Для примера приведем таблицу для рыси (*Lynx lynx*) в 70-е-80-е годы XX в., когда наблюдался спад численности этого хищника на Среднем Урале.

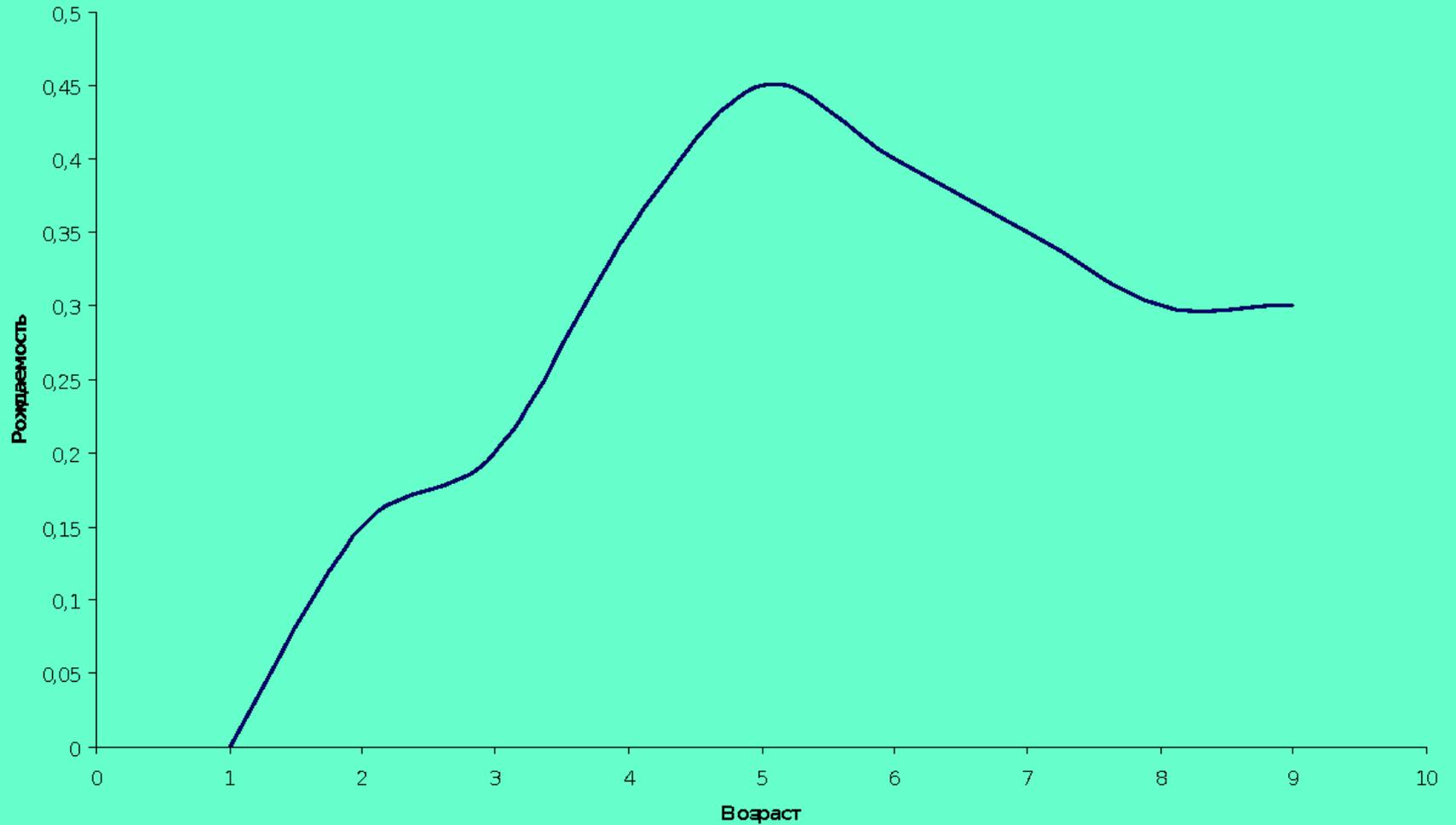


Возраст (годы)	$S_x$	$l_x$	$m$	$S_x \cdot m_x$	$l_x m_x$	$E_x$	$V_x$	
0+		1	1	0	0	0	3,436	0,673
1+	0,7467611	0,673	0,15	0,1120142	0,10095	3,6196137	1	
2+	0,6020632	0,489	0,2	0,1204126	0,0978	3,605317	1,169836	
3+	0,5109419	0,374	0,35	0,1788296	0,1309	3,4064171	1,268048	
4+	0,4350592	0,287	0,45	0,1957767	0,12915	3,1358885	1,196341	
5+	0,3683641	0,219	0,4	0,1473456	0,0876	2,7990868	0,978082	
6+	0,3135516	0,168	0,35	0,1097431	0,0588	2,3452381	0,753571	
7+	0,2630087	0,127	0,3	0,0789026	0,0381	1,7795276	0,533858	
8 и более	0,2274931	0,099	0,3	0,0682479	0,0297	1	0,3	

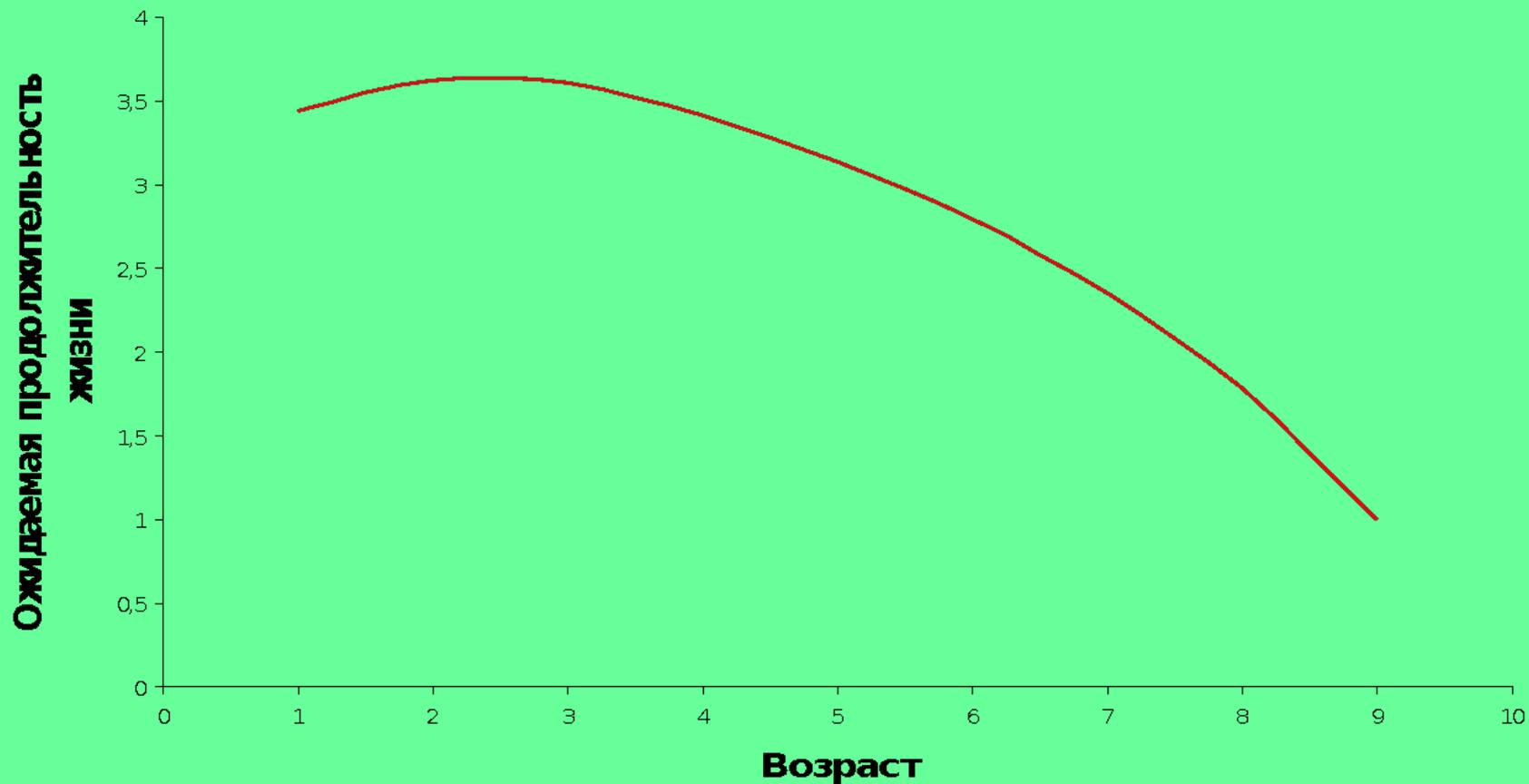
# Кривая выживаемости для рыси



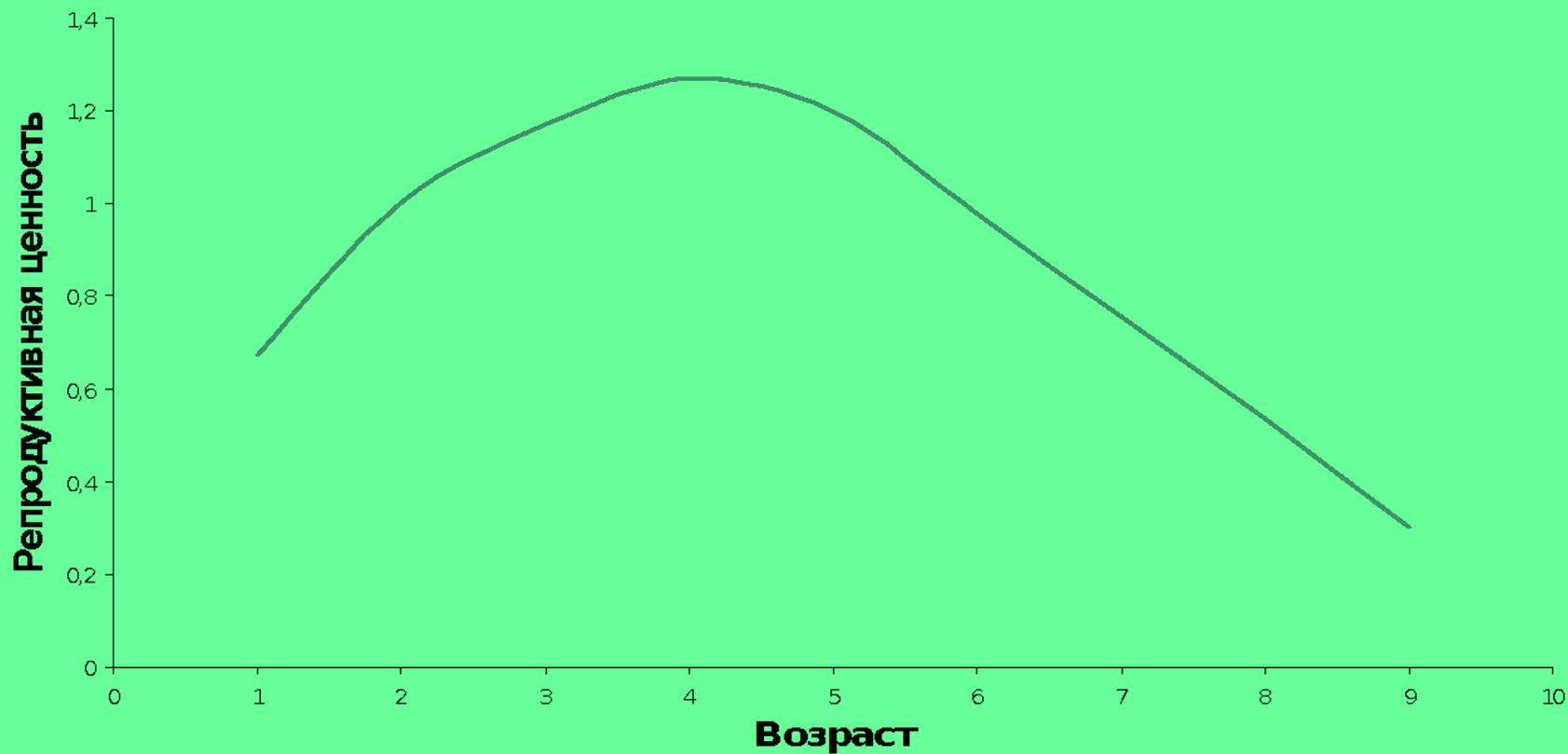
## Кривая рождаемости для рыси



## Ожидаемая продолжительность жизни рыси



## Репродуктивная ценность возрастных групп рыси



*Чистая скорость размножения связана с мальтузианским параметром  $r$ , а все параметры связывает так называемое основное демографическое уравнение Эйлера-Лотки:*

$$\sum_X l_X \cdot e^{-r \cdot X} \cdot m_X = 1$$

Одной и той же приспособленности можно достичь, либо интенсивно размножаясь, но имея большую смертность, либо «вкладывая» в доведение всего (немногочисленного) потомства до репродуктивного возраста.

### **r - стратегия**

Высокая плодовитость,  
высокая смертность,  
размножение в раннем возрасте,  
малая продолжительность жизни.

### **K - стратегия**

Низкая плодовитость,  
низкая смертность,  
позднее начало размножения,  
большая продолжительность жизни.

*Нестабильная среда,  
слабо развитая саморегуляция,  
избыток свободной  
территории*

*Стабильная среда,  
развитые механизмы  
саморегуляции,  
недостаток свободной территории*



# Лекция 7. Видовая структура человека

*Чем надорганизменные системы человека сходны и в чем различаются с популяционными системами других видов?*

В истории человечества *взаимодействия* (не всегда положительные - кооперация, но и не всегда отрицательные - конкуренция) *являются одной из основ формирования обществ*, порождающих культуру - основную причину высокой приспособленности людей. При этом *генетическая изоляция утрачивает свою роль как основной движущей силы* развития (как у других видов). Поэтому *расовая, генетическая составляющая не есть главное в* хронологическом *структурировании* вида ****Homo sapiens****.

*В какой-то мере можно сказать, что функциональный, экологический аспект структуризации вида здесь выходит на первый план. Взаимодействуют не только индивидуумы и их группы, но подразделения вида, которые в некоторой степени аналогичны популяциям, но где рекомбинации (перемешивание генетического материала) гораздо сильнее выражены.*

**Л.Н. Гумилев (выдающийся отечественный историк)  
дал определение единице структуризации человечества.  
Он показал, что системой структуризации, аналогичной,  
но не абсолютно тождественной  
ей является *ЭТНОС*.**



Лев Николаевич  
Гумилев.

*Этнос - это форма существования вида Homo sapiens,  
которая, хоть и сильно отличается от популяций  
других видов, являются, как и они:*

*(1) формой существования вида и  
(2) единицей взаимодействия со средой.*

*Этническая дифференциация не тождественна  
расовой,*

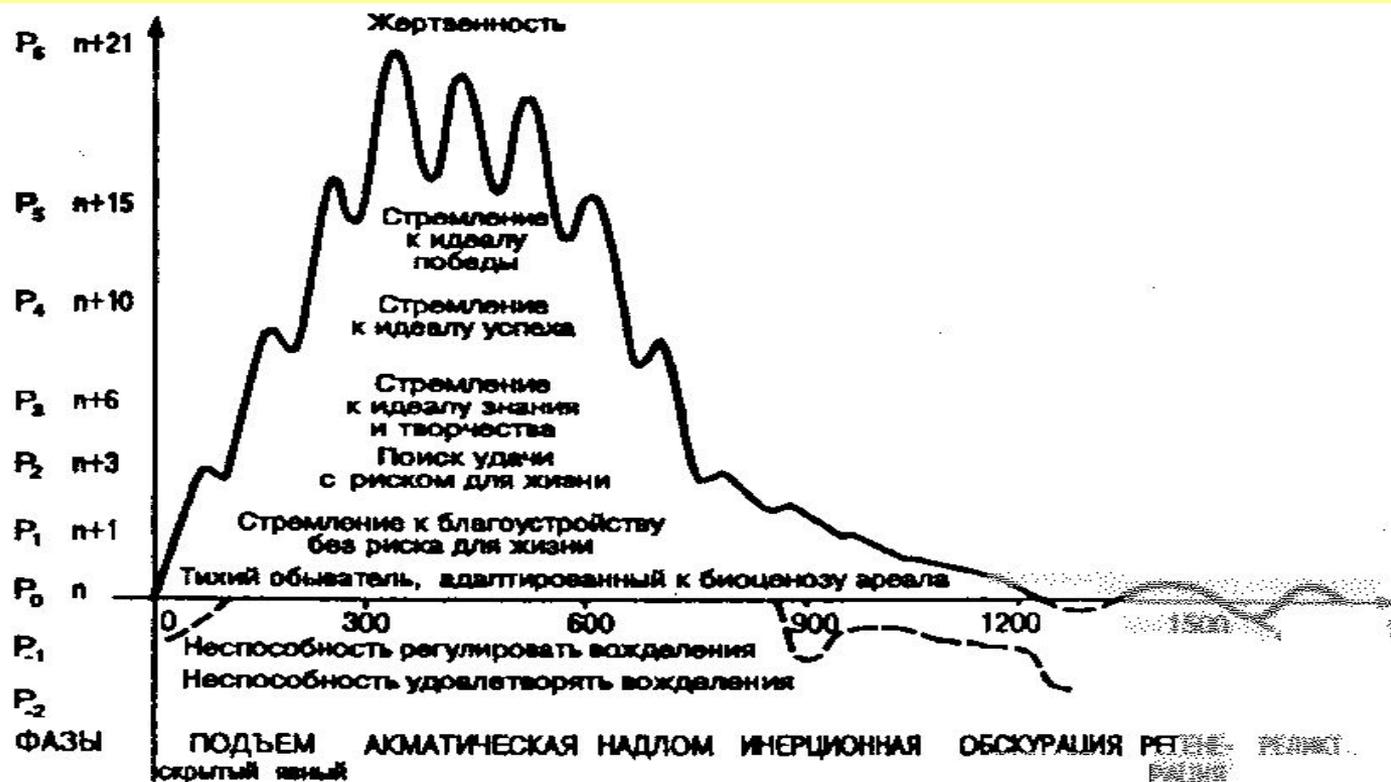
*лингвистической (языковой), географической и даже  
всем им вместе взятым.*

**В своей книге «Этногенез и биосфера Земли» он попытался дать естественнонаучную картину развития этнических систем, связанную с изменением частоты носителей наследуемого признака, который он определил как ПАССИОНАРНОСТЬ.**

**По теории Л.Н. Гумилева, люди делятся на три основных наследуемых поведенческих типа:**

- (1) пассионарии - те, чьи усилия направлены на осуществление какой-то цели, а не на поддержание собственного благополучия.**
- (2) гармонарии - тип активного обывателя, которые делят то, что от них требуется, не забывая о себе и о потомстве.**
- (3) субпассионарии - живущие сегодняшним днем, не заботящиеся о будущем и не стремящиеся к какой-то цели.**

По Л.Н. Гумилеву, частота пассионариев по мере протекания циклов этногенеза изменяется: после «пассионарного толчка» и последующего подъема наступает стабилизация, затем «надлом», инерционная фаза, «обскурация» и, наконец, «гомеостаз». Пассионарность сначала возрастает, потом начинает убывать, и на фазах обскурации и гомеостаза увеличивается число субпассионариев.



# Гипотеза Д. Читти (1960) о поведенческом полиморфизме как механизме популяционных циклов у мелких млекопитающих

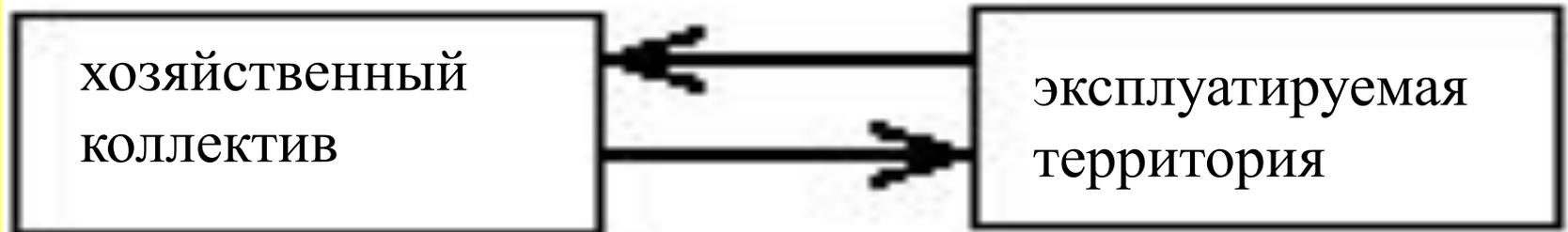
Согласно этой гипотезе, сыгравшей ключевую роль в популяционной экологии, циклическая динамика популяций связана со сменой соотношения двух наследственных поведенческих типов. «Толерантные» особи имеют малую подвижность, но высокую плодовитость, что приводит к росту численности. Однако они чувствительны к повышению числа «агрессивных», склонных к расселению. Агрессивные» менее плодовиты, и их преобладание приводит к снижению численности.



## ПОНЯТИЕ АНТРОПОГЕОЦЕНОЗА (В.П. АЛЕКСЕЕВ)

Антрополог В.П. Алексеев определял как антропогеоценоз как систему, построенную на взаимодействии двух подсистем. *В терминах экологии это- экологическая система биогеоценотического уровня.*

Более того, понятие «хозяйственный коллектив» близко к понятию элементарной этнической группировки, а понятие «эксплуатируемая территория» - к понятию «вмещающий ландшафт» Л.Н. Гумилева.



***Хозяйственный коллектив, по В.П. Алексееву, структурирован по функциям, связанным с взаимоотношениями с эксплуатируемой территорией (по разделению труда).***

***В «традиционных» обществах это разделение в определенной степени совпадает с поло-возрастным составом.***

Таким образом, главными характеристиками коллектива по В.П. Алексееву выступают: ***численность и функциональная структура, т.е. показатели, аналогичные главным экологическим характеристикам популяций.***

**Общая тенденция развития антропогеоценозов состоит в переходе от первого (более примитивного) типа ко второму (более совершенному).**

*Первый тип* - это когда *хозяйственный коллектив* усилия тратит на сбор того, что эксплуатируемая территория производит сама по себе - это племена охотников, собирателей и рыболовов, которые по другой классификации этнологов представляют собой *определенный культурно-хозяйственный тип*.

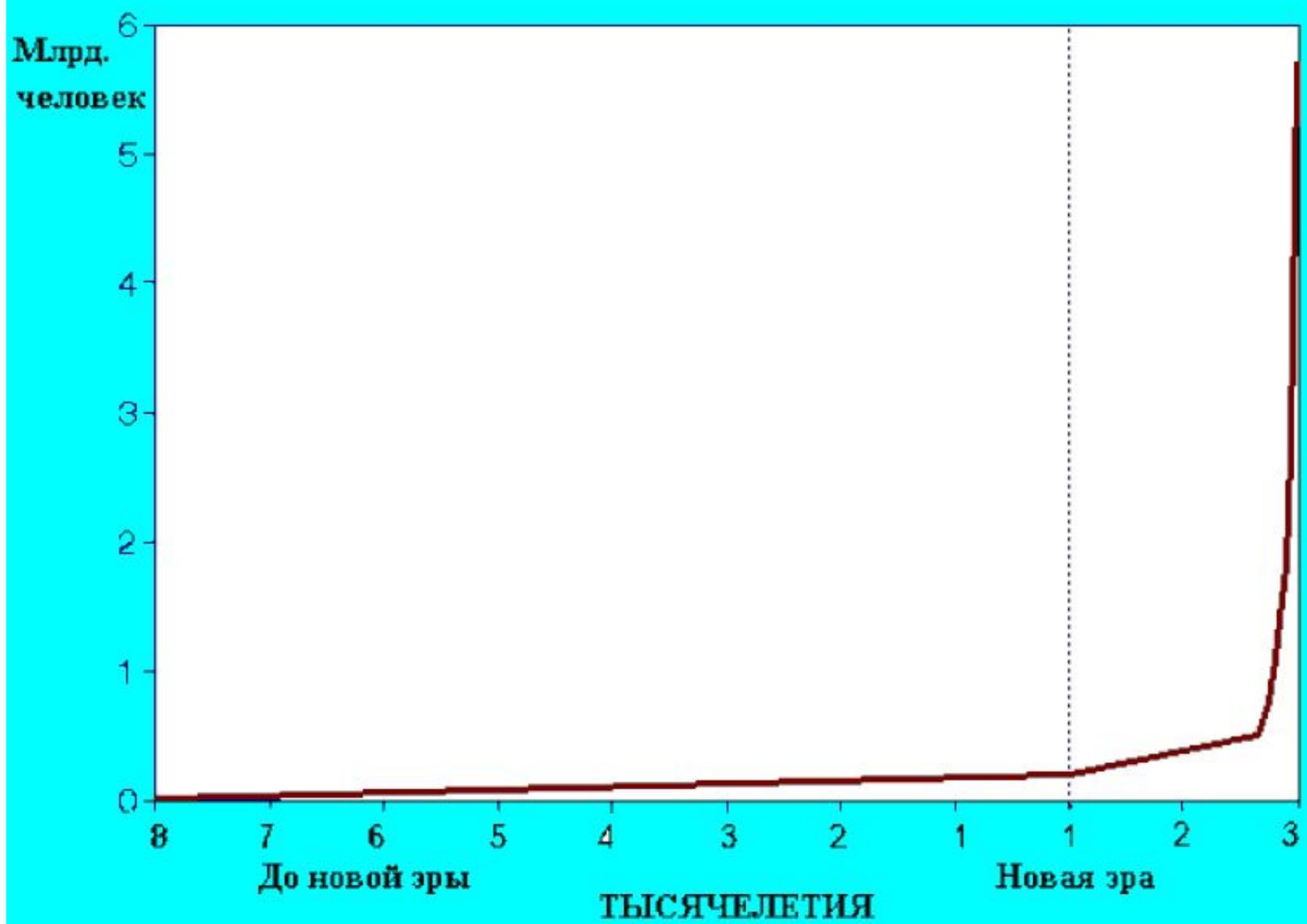
*Второй тип* - это племена скотоводов и земледельцев, где *хозяйственный коллектив* усилия вкладывает не в сбор того, что производит эксплуатируемая территория без всяких усилий с его стороны, а *больше заботится о создании условий, повышающих продуктивность этой территории, а также условия получения продукции*.

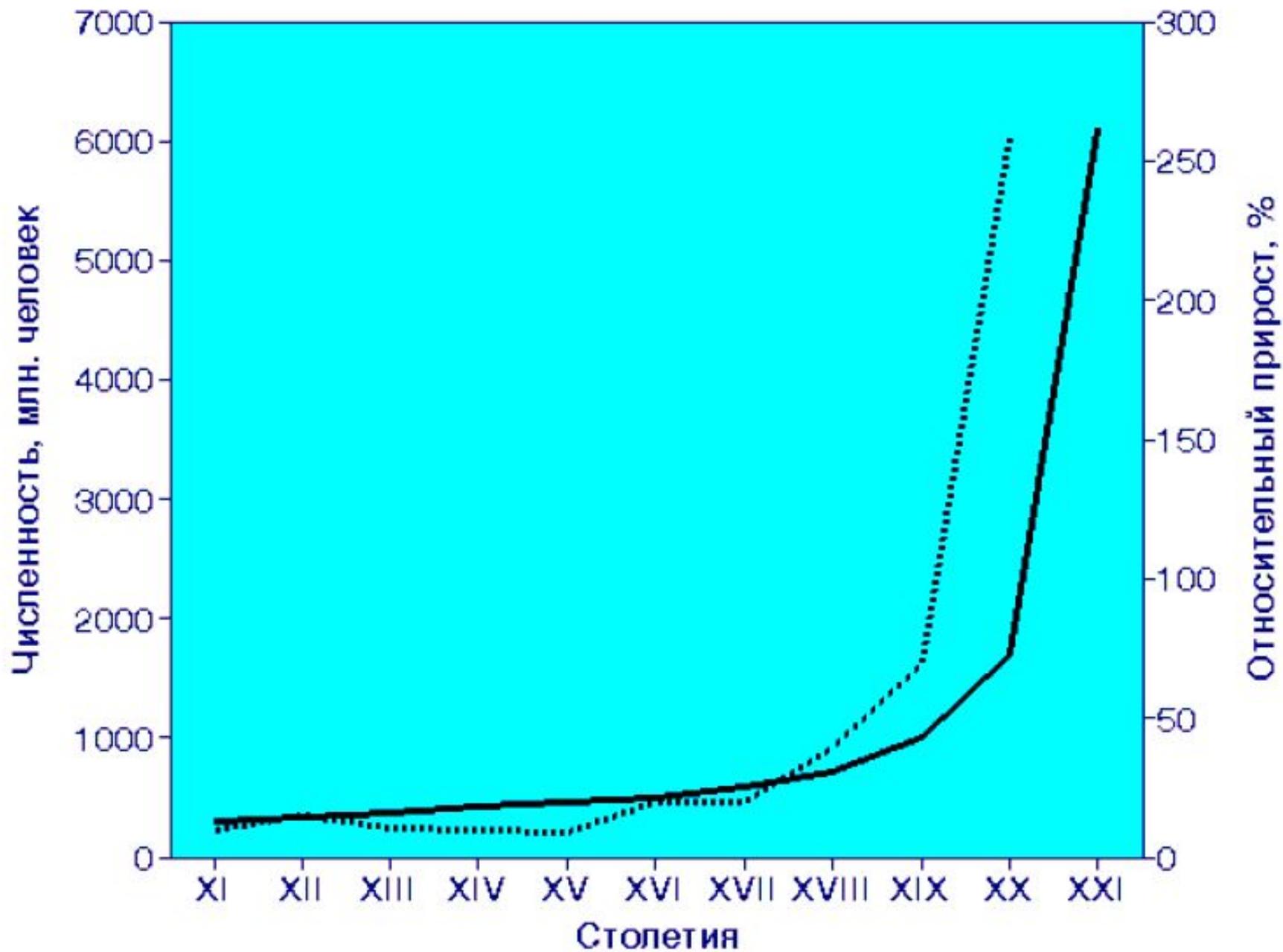
Нетрудно заметить, что *тенденция развития этих экологических систем* (антропогеоценозов) во-первых, *повторяет тенденции, характерные для неолитической (сельскохозяйственной) глобальной революции*, а во вторых, *соответствуют отношениям, возникающих*, по Л.Н. Гумилеву, *в процессе этногенеза*: возрастание уровня пассионарности на стадии подъема сопровождается либо *активным созданием «антропогенной, искусственной» среды*, либо стремлением к освоению новых «вмещающих ландшафтов».

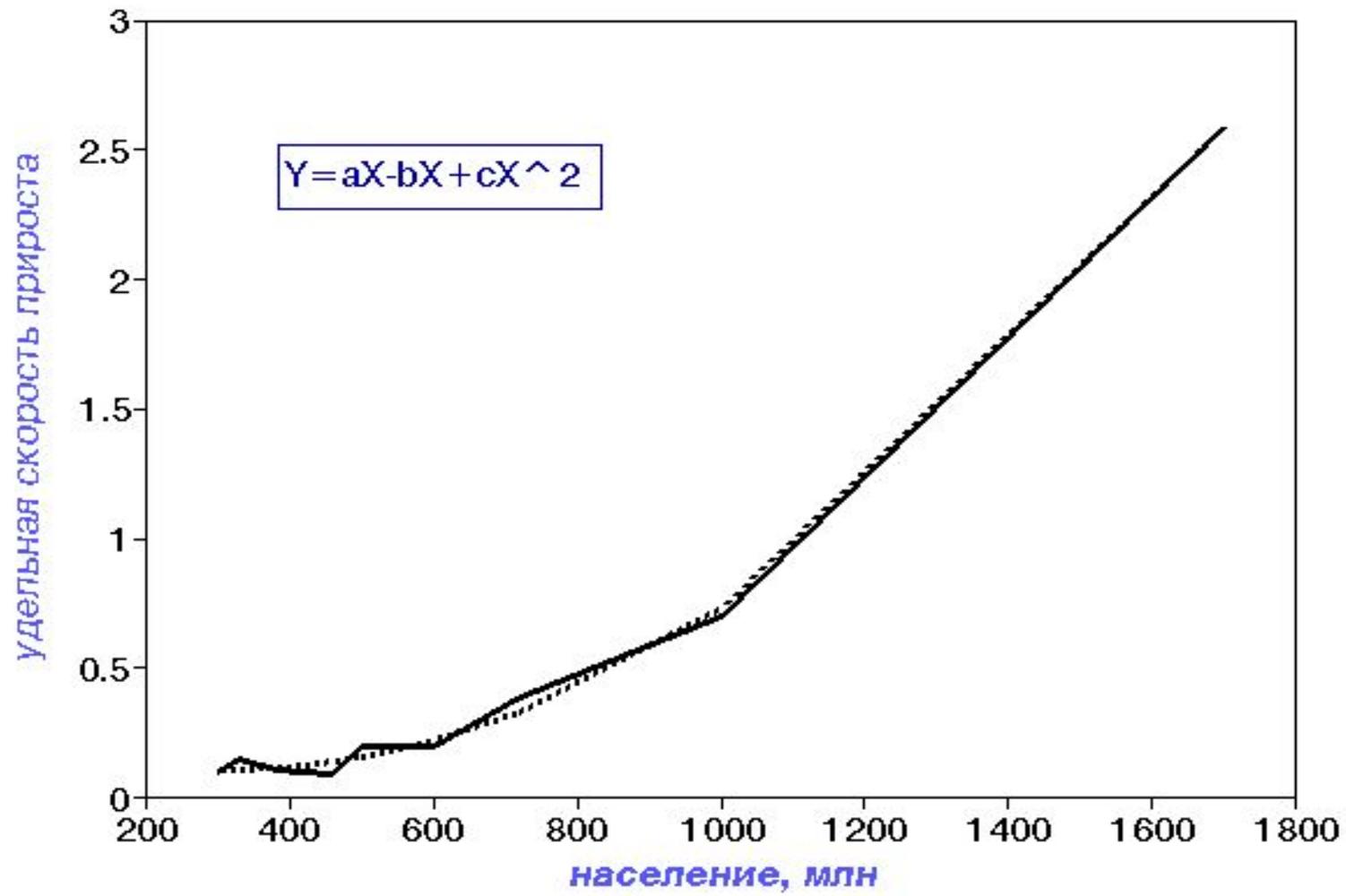
Кроме того, мы отметили много сходства (но и коренных отличий) с процессами, происходящими на популяционном уровне организаций других видов. Это, также как то, что *обсуждавшиеся теоретические воззрения принадлежат гуманитариям, а отнюдь не популяционным экологам*, позволяет считать, что методы популяционной экологии и установленные ей закономерности небесполезно «примерить» и к описанию процессов, происходящих в надорганизменных системах человека.

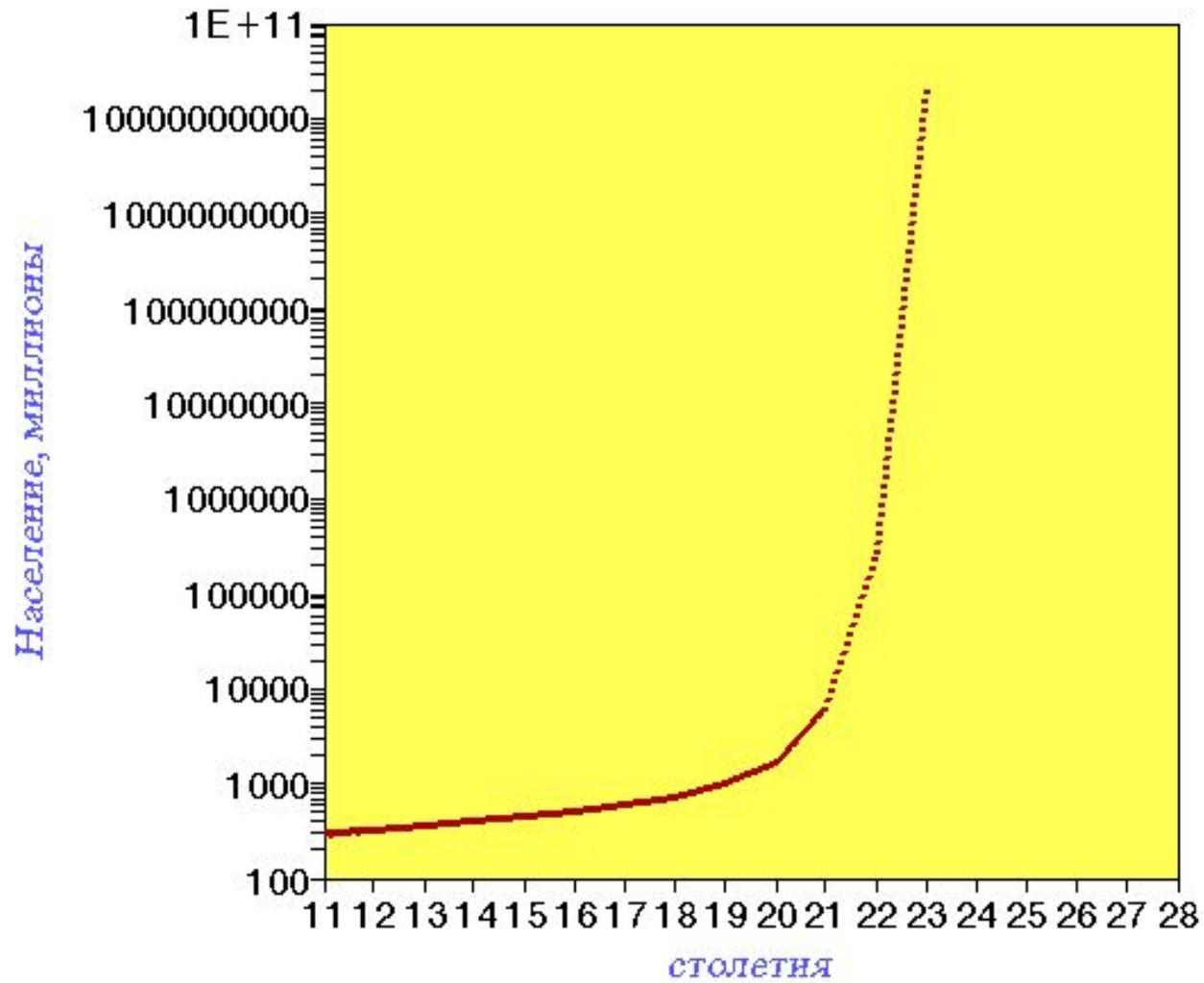
# Лекция 8. Динамика численности человечества

*Демографический взрыв и демографический переход*

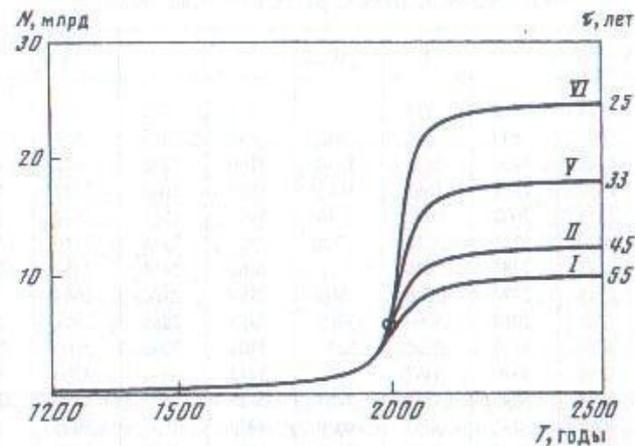
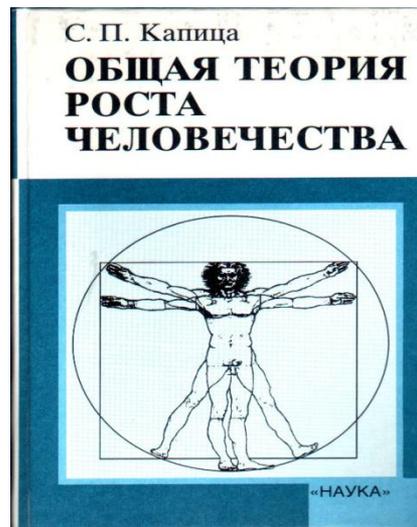








# Моделирование роста человечества



$$\frac{dN}{dt} = \sin^2 N + \frac{1}{K}$$

где  $t = \frac{T - T_1}{\tau}$  - время, нормированное на  $\tau$  - «средней продолжительности жизни» человека,  $K = \sqrt{\frac{C}{\tau}} = \text{const.}$

$$N_T = \arctg \left( \frac{1}{\sqrt{K^2 + 1}} \operatorname{tg} \frac{\sqrt{K^2 + 1}}{K^2} \cdot t' \right),$$

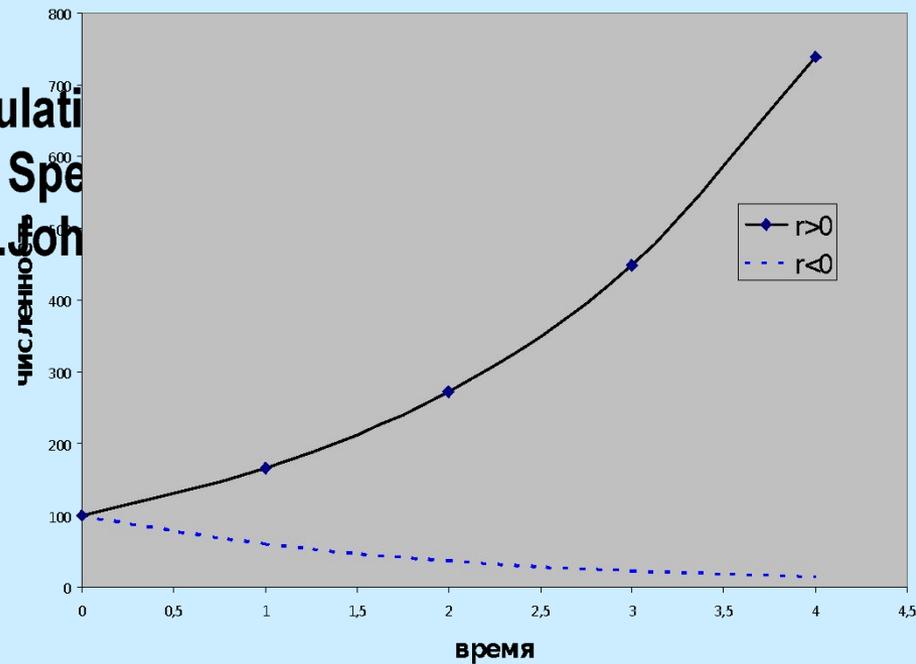
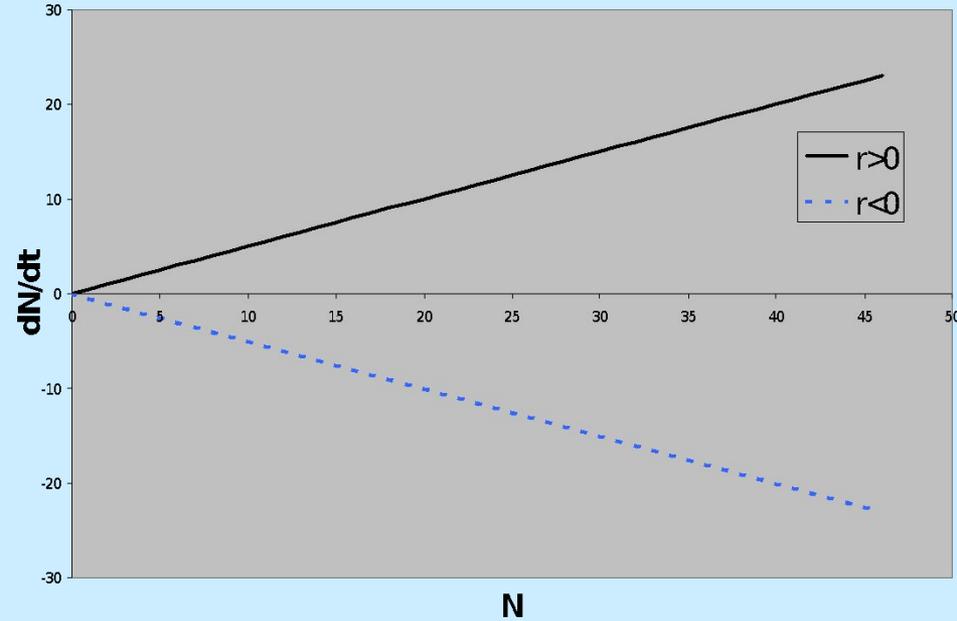
где  $t' - t'_0 = 0; N_0 = 0.$



Томас Роберт Мальтус (1766-1834)

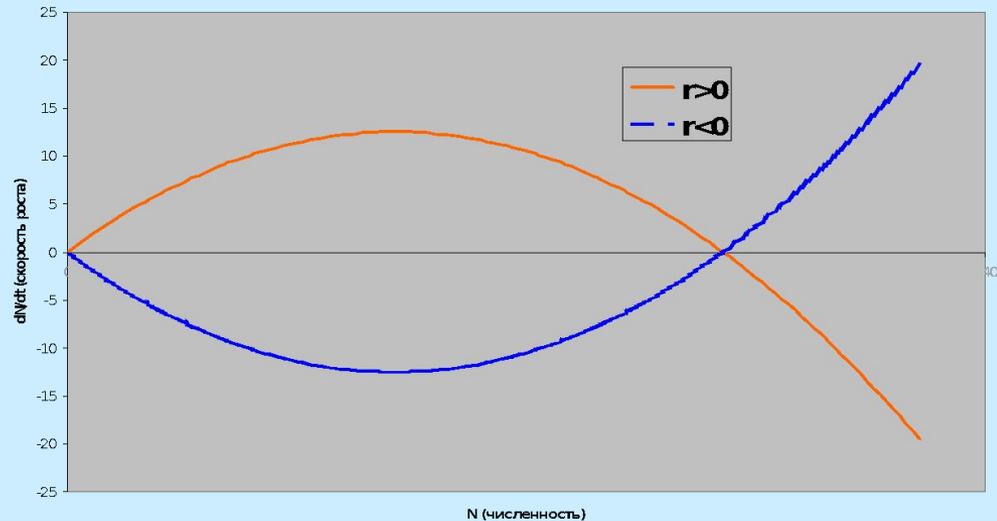
**Malthus T.R. An Essay of the Principle of Population: Or, a General Inquiry into the Means of Subsisting the Human Race. In which the Effects of the Improvement of Society, and the Influence of the Arts, are Considered, with Remarks on the Specimens of Political Economy, by Mr. Concorcet, and Other Writers. – London: J. Johnson, 1798.**

$$\frac{dN}{dt} = r \cdot N$$



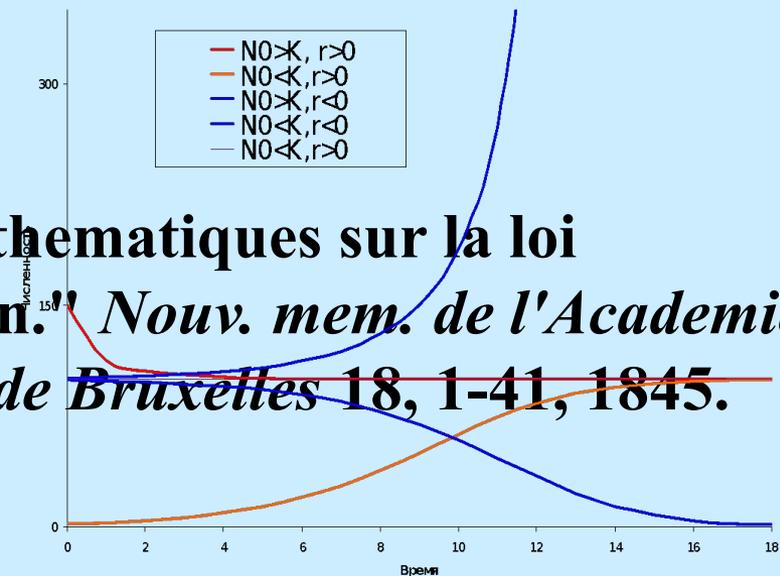


Пьер-Франсуа Ферхюльст (1804-1849)



Verhulst, P.-F. "Recherches mathematiques sur la loi d'accroissement de la population." *Nouv. mem. de l'Academie Royale des Sci. et Belles-Lettres de Bruxelles* 18, 1-41, 1845.

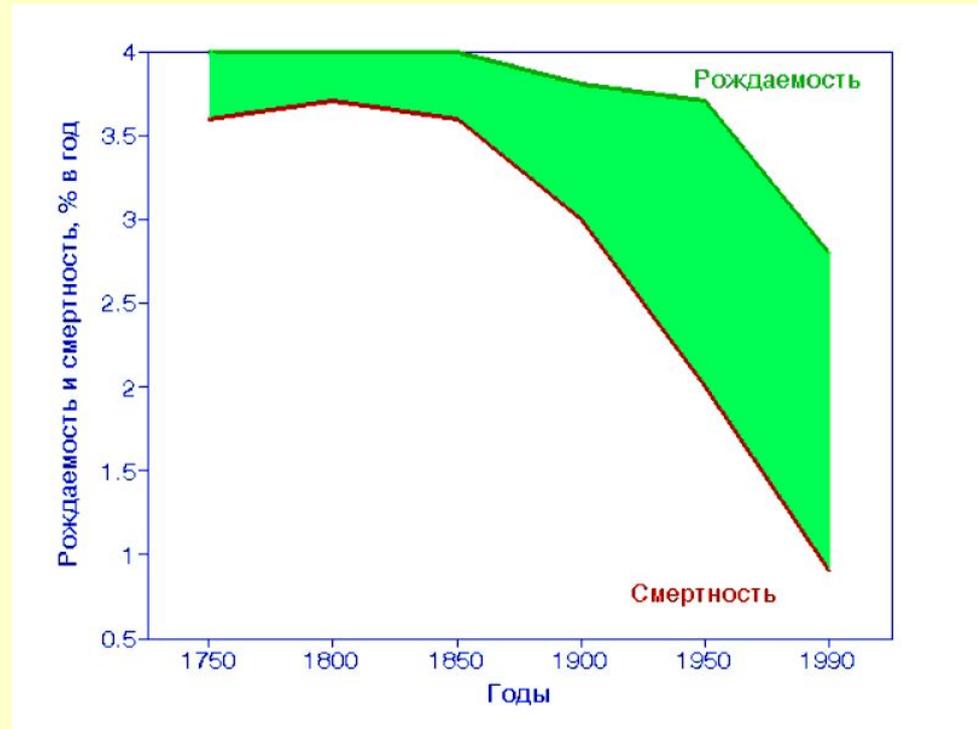
$$\frac{dN}{dt} = r \cdot N \cdot \left( 1 - \frac{N}{K} \right)$$



# «Демографический взрыв» и «демографический переход»



Деннис Медоуз

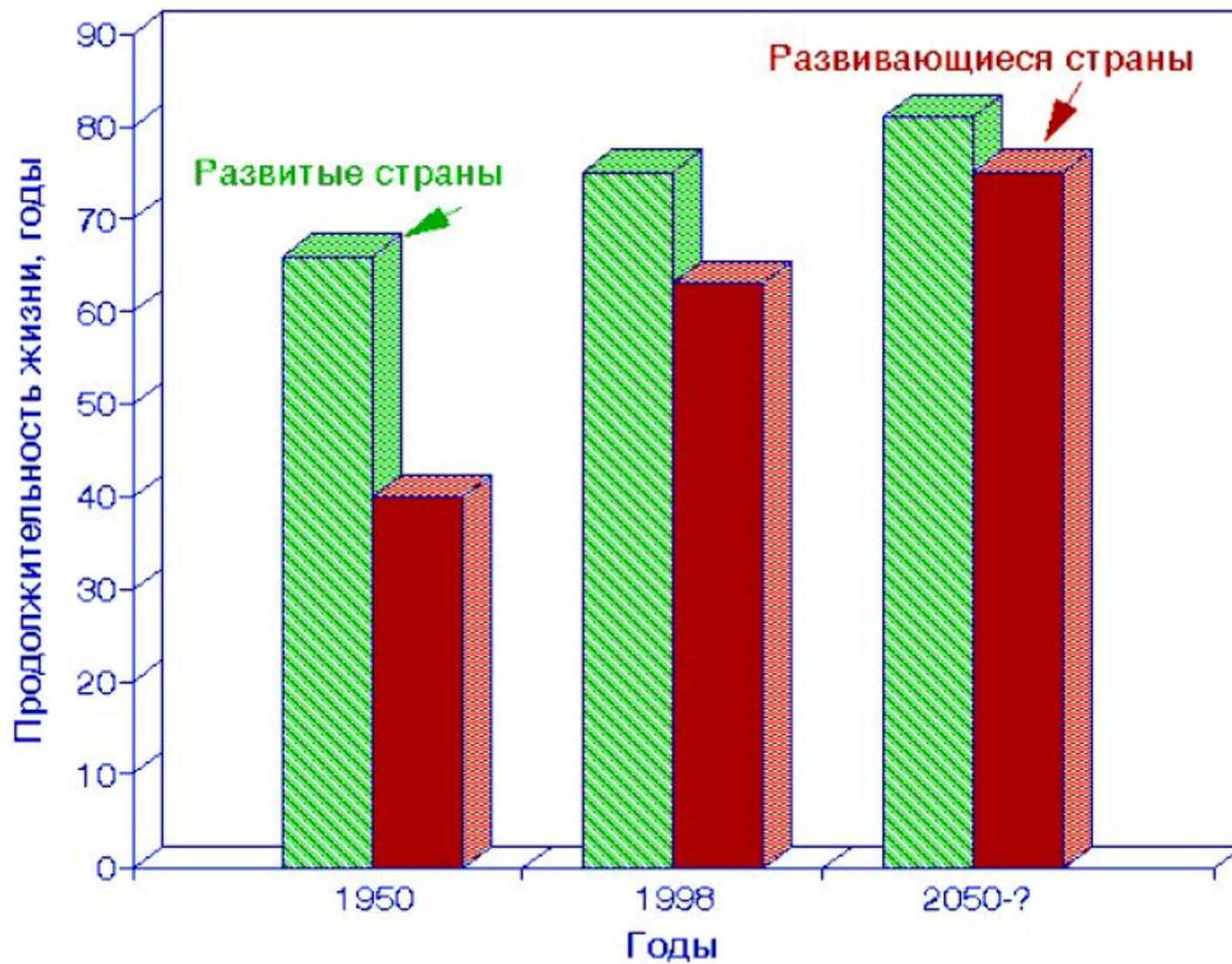


*населения из-за синхронного снижения и рождаемости и смертности*

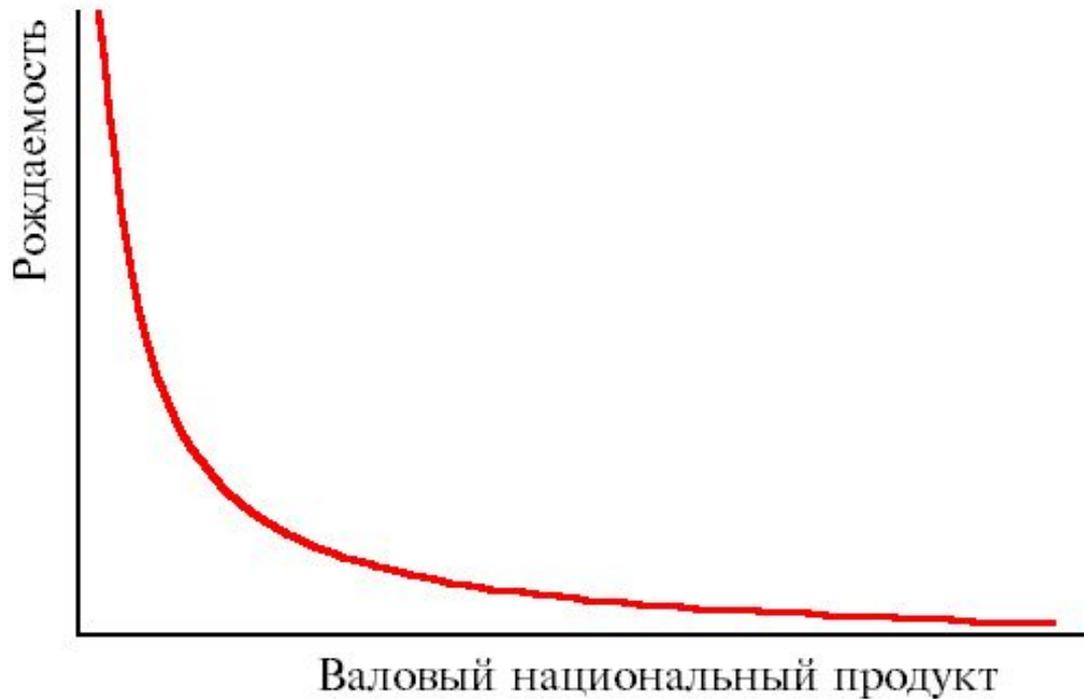
# **Лекция 9. Современный этап: достоинства и вызовы**

*«Демографический переход» -  
признак стабилизации?*





# Уровень жизни и рождаемость



## **r - стратегия**

Высокая плодовитость,  
высокая смертность,  
размножение в раннем возрасте,  
малая продолжительность жизни.

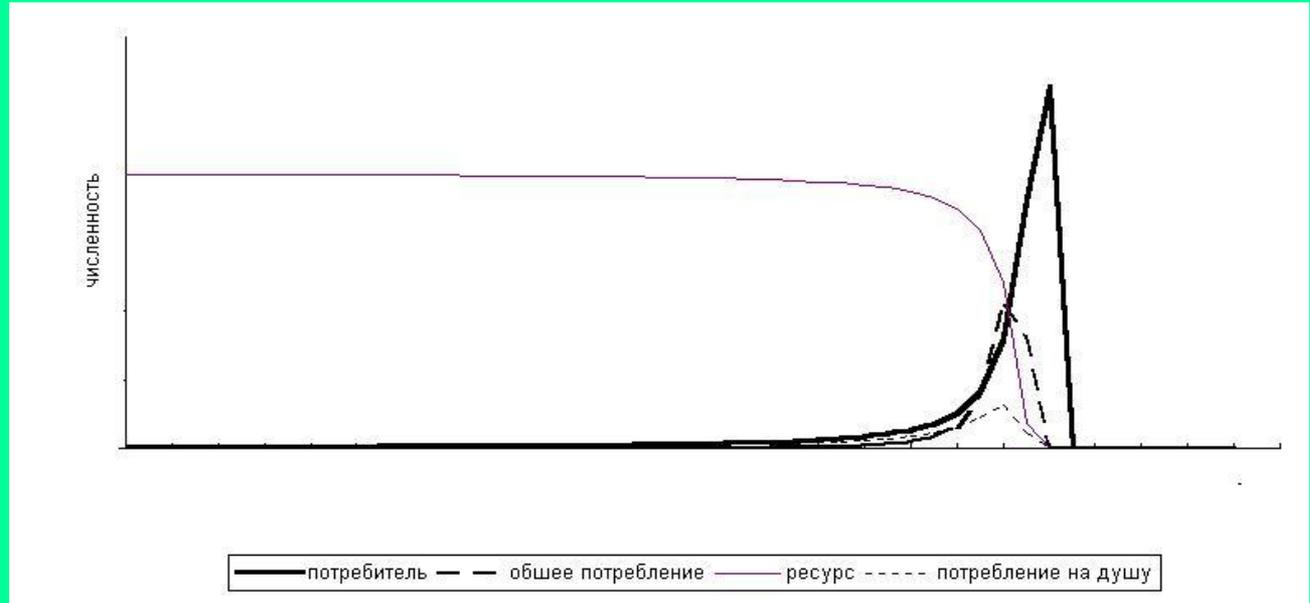
## **K - стратегия**

Низкая плодовитость,  
низкая смертность,  
позднее начало размножения,  
большая продолжительность жизни.

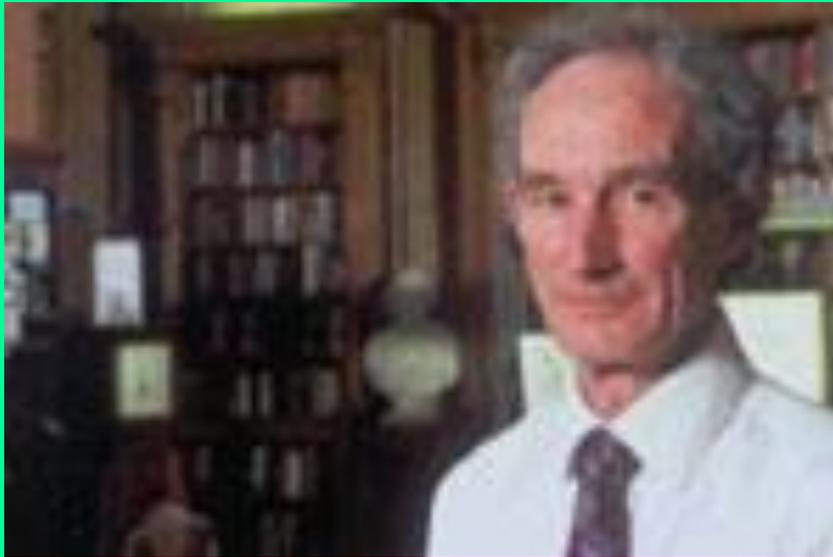
*Нестабильная среда,  
слабо развитая саморегуляция,  
избыток свободной  
территории*

*Стабильная среда,  
развитые механизмы  
саморегуляции,  
недостаток свободной территории*

## *Истощение ресурсов - возможная причина спада*



Незаметное сначала истощение медленно возобновляющихся ресурсов (с повышением их относительного потребления) должно смениться резким падением их доступного количества

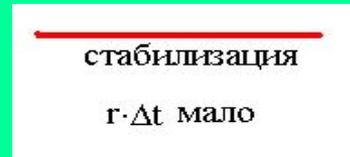
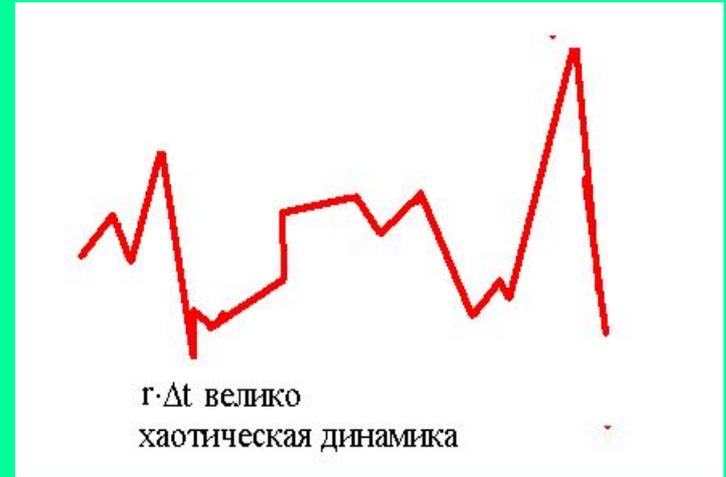


*Роберт Мэй*

*May R.M. Biological populations obeying difference equations: stable points, cycles, and chaos.*

*- J. Theor. Biol., 1975, vol.51, N 2, p. 511-524*

$$\Delta N = rN(1-N/K)\Delta t$$



## *«Технократический оптимизм» вызывает сомнения*

Следовало бы обратить больше внимания на общность человека с другими биологическими видами, учитывая багаж, накопленный классической экологией