

# **Основные понятия и положения синтетической теории эволюции**

**Ученые, разработавшие понятийный аппарат и  
математические модели СТЭ:**

**Четвериков, Северцов, Шмальгаузен, Добржанский,  
Тимофеев-Ресовский, Хаксли, Фишер, Холдейн, Райт,  
Майр**

# **Синтетическая теория эволюции (СТЭ)**

**= генетическая теория эволюции  
(30-50-е гг. XX в.)**

**Синтез дарвиновской теории отбора  
+ законов наследственности Менделя  
+ статистического подхода популяционной генетики**

# Отцы-основатели СТЭ

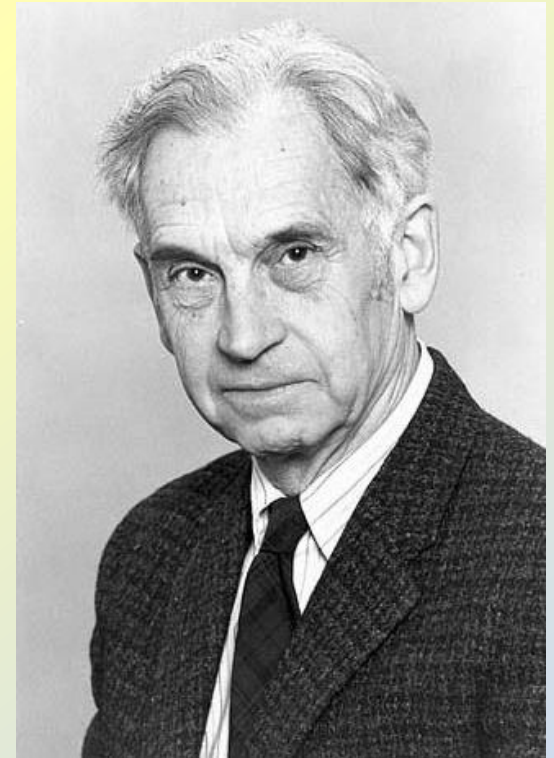
**Джулиан Хаксли**  
(1887-1975 ..)



**Феодосий  
Добржанский**  
(1900-1975 ..)



**Эрнст Майр**  
(1904-2005 ..)



o K Á °  
Á  
ø Á Ç F J (1937)

Á Á

o  
Á  
(1942)

ø Á

# Главные по матчасти



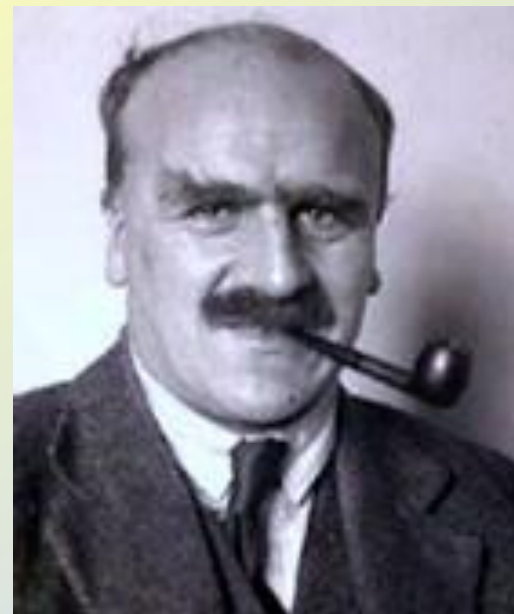
**Четвериков  
Сергей  
Сергеевич (1880-1959)**



**Сьюэл Райт (1889-1988)**



**Рональд Фишер  
(1890-1962)**



**Джон Холдейн  
(1892-1964)**

# Ключевые понятия СТЭ

”

”

”

”

”

**Микроэволюция** –

(

) ,

,

.

.

**Макроэволюция** –

,

, . .

.

---

---

**Первичная задача СТЭ** –

.

# Небольшое отступление: как правильно думать о биологических явлениях?

1)

\*

.

.

.

2)

\*

.

.),

.

.

.

3)

.

.

4)

-

ó

-

.

\*

.

.

1).

# Элементарная единица эволюции

Элементарная единица – минимальный объект, который нам нужен для того, чтобы изучаемый процесс мог идти.

Элементарная единица эволюции – ПОПУЛЯЦИЯ.

НЕ ген, НЕ особь, НЕ вид

Популяция –

\_\_\_\_\_ , ( )



# Почему популяция (не особь и не вид) – элементарная единица эволюции?

Схема эволюционного процесса

Гаметы и зиготы:



Онтогенез:



Утрата генов и их комбинаций

Сохранение и распространение генов и их комбинаций

Популяция

– не элементарная

# Характеристика популяции как объекта эволюции

“ Генетическое разнообразие:

“ Генетическая структура популяции

частоты представленных в генофонде вариантов генов (аллелей) и генотипов (сочетаний генов).

“ Фенотипическое разнообразие:

“ Фенотипы представляют непосредственные объекты отбора,

“ Генетическое разнообразие (богатство генофонда) является одним из ключевых факторов, определяющих эволюционный потенциал популяции.

# Генетическое разнообразие популяции

2

:

**1) Гетерозиготность H (heterozygosity) – это процент гетерозиготных особей по изучаемому гену (локусу).**

**Для множества локусов – может вычисляться средняя гетерозиготность.**

0,1-0,4 % (3 . . .)

**2) Генетический полиморфизм P (polymorphism) – процентная доля полиморфных генов (локусов). Лocus считается полиморфным, если он имеет хотя бы 2 аллеля, причем частота в популяции каждого из них  $\geq 1\%$ .**

SNP = short nucleotide polymorphism ( 30 . . . )

# Закон Харди-Вайнберга

”

(

”

”

—

”

”

—

?

# Основные положения СТЭ

- ” Элементарная единица эволюции –  $\Delta$ .
- ” Элементарное явление эволюции –  $\Delta$  (элиминации, фиксации).
- ” Движущими факторами эволюции являются мутации, рекомбинация, дрейф, миграция.
- ” Элементарным материалом эволюции являются аллели. Эти процессы случайны, т.е. не целенаправленны.
- ” Отбор является главным каналом эволюции, направляющим эволюционный процесс.
- ” Динамика эволюционного процесса (скорость и направленность) зависит от соотношения движущих и стабилизирующих факторов.

# Закон Харди-Вайнберга

” (

”

” —

”

” —

**Факторы эволюции – те явления, процессы, которые нарушают условия генетического равновесия, тем самым создавая предпосылку для эволюционного процесса.**

# Элементарные факторы эволюции

” Дрейф генов (Genetic drift) –

\_\_\_\_\_:

” Отбор (Selection) –

” Генетическая изменчивость = мутации + рекомбинации.

” Система скрещиваний ( )

” Поток генов (Genetic flow) –

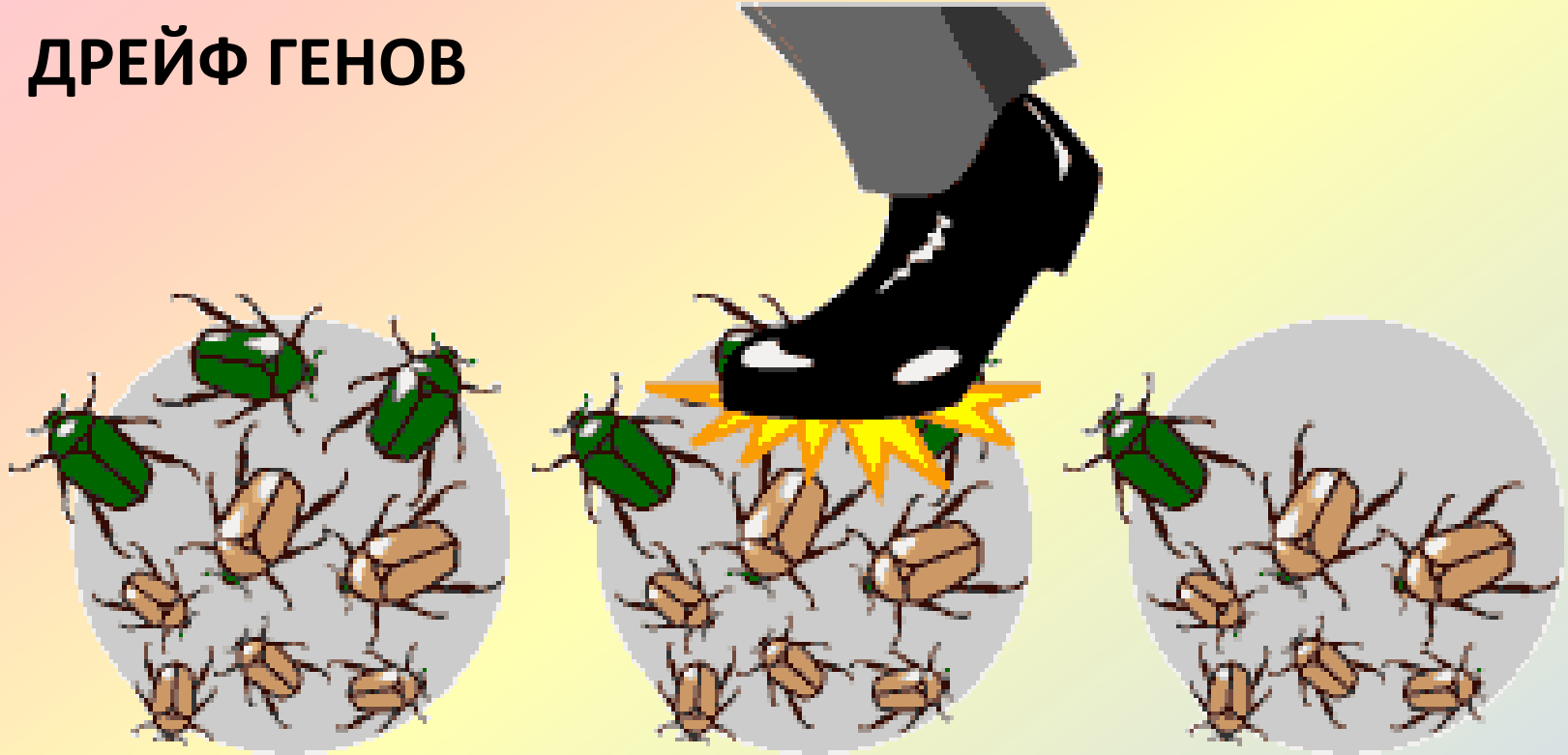
ИЗОЛЯЦИЯ.

” Горизонтальный перенос генов –

” Генетический драйв (Genetic drive) –

**Отбор** – элиминация из популяции менее приспособленных и фиксация более приспособленных фенотипов и генотипов.

## **ДРЕЙФ ГЕНОВ**

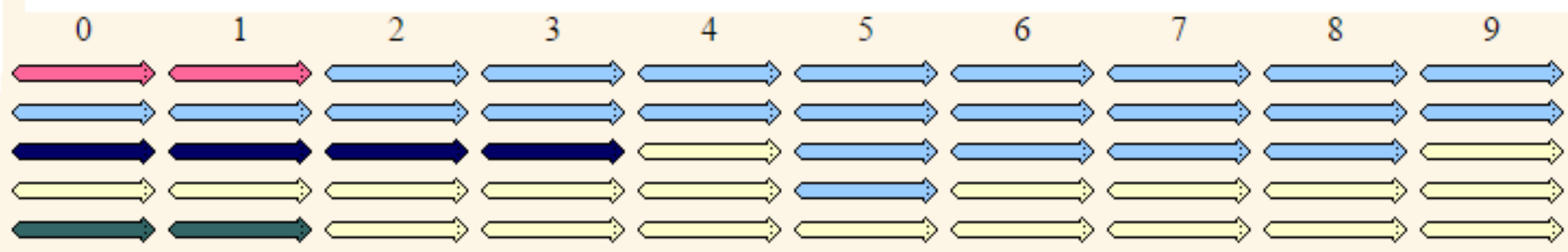
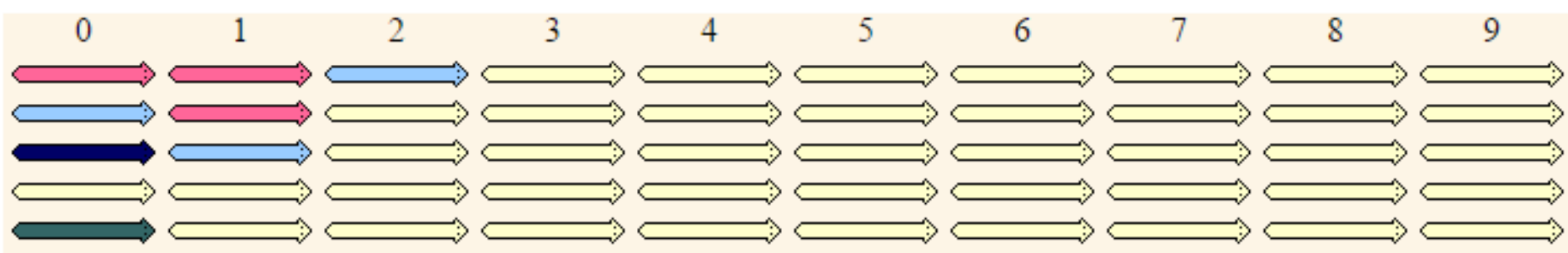
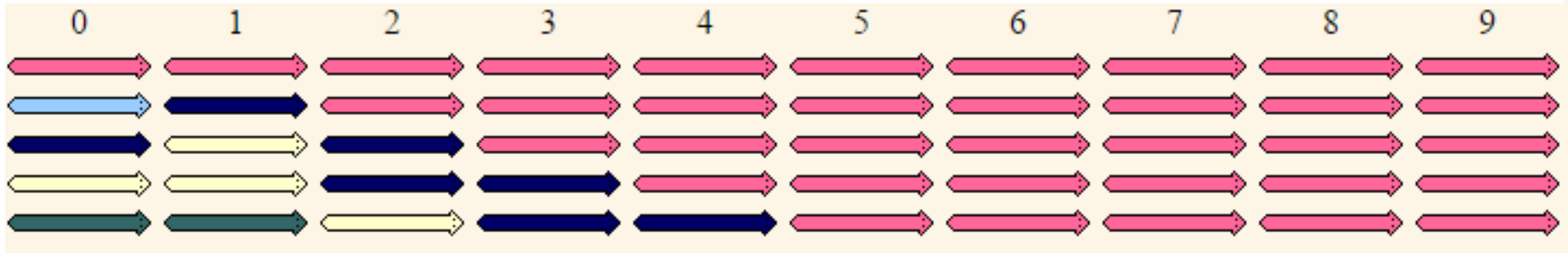
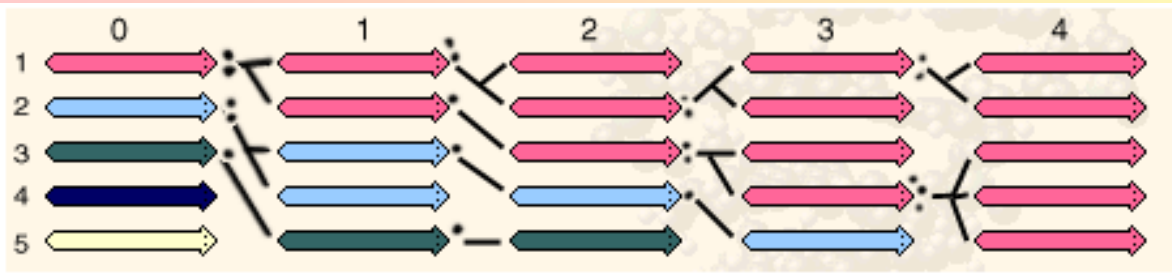


**Дрейф генов**– случайные колебания частот, элиминации и фиксации генотипов. Приспособленность не имеет значения.



# Виртуальная симуляция дрейфа в бесполой популяции

<http://www.biology.arizona.edu/evolution/act/drift/frame.htm>



# Задание:

“

5 0

1 0

”

”

-

**Дрейф особенно influential для популяций или генотипов с малой численностью.**

1) «**эффект основателя**» ( ) –

3) «**эффект бутылочного горлышка**» ( ) –

**Следствие дрейфа:** ( )

# Мутации и рекомбинации

Эволюционно значимыми являются мутации и рекомбинации, которые происходят в клетках-предшественниках гамет.

I Вредные –

II Полезные –

III Нейтральные –

)

)

)

-

-

(

# Поток генов как фактор эволюции

“ Поток генов –

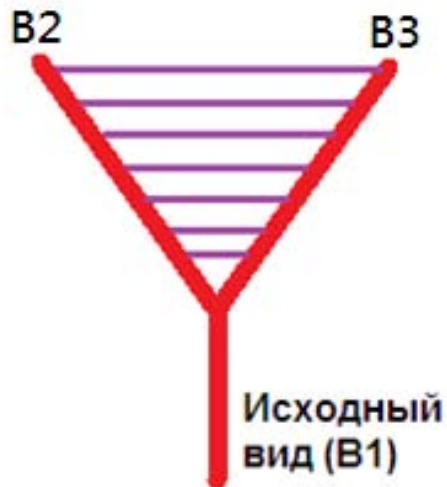
---

---

---

Следствия:

- Поток генов является одним из источников генетической гетерогенности популяции.



- Поток генов, нарушая межпопуляционную изоляцию, служит сдерживающим фактором в отношении видообразования.

# Исследование эффектов гибридизации на популяциях губастика (*Mimulus*, monkey-flower) в Калифорнии (2011 г)



“

(  
  
( ' ) .



“

(

# Горизонтальный перенос генов как фактор эволюции

- Перенос генов между разными видами. Способы:

∅

у прокариот:

' ' -

GTA).

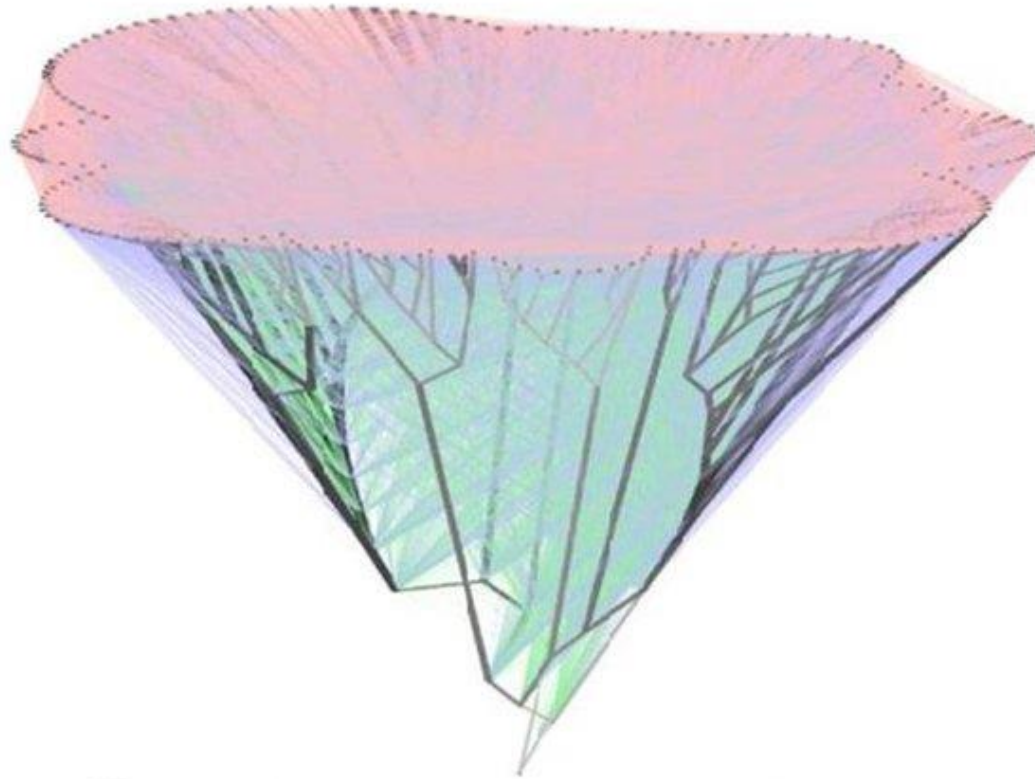
∅ У эукариот

∅ У вирусов

∅ Интрогрессия

\_\_\_\_\_ (

Homo sapiens)



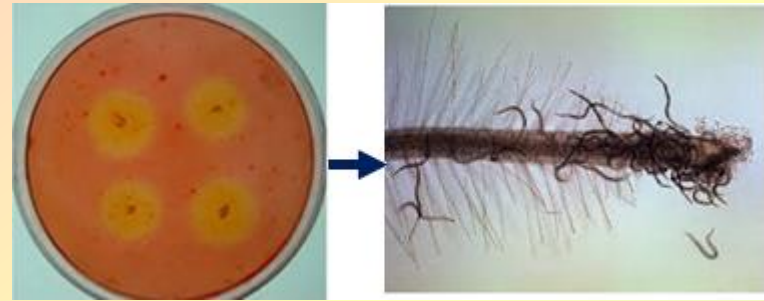
Трехмерная схема эволюции прокариот

**Горизонтальный обмен генами играл важнейшую роль в адаптивной и прогрессивной эволюции как минимум на ранних ее этапах (в эру одноклеточной жизни).**

5-15 %



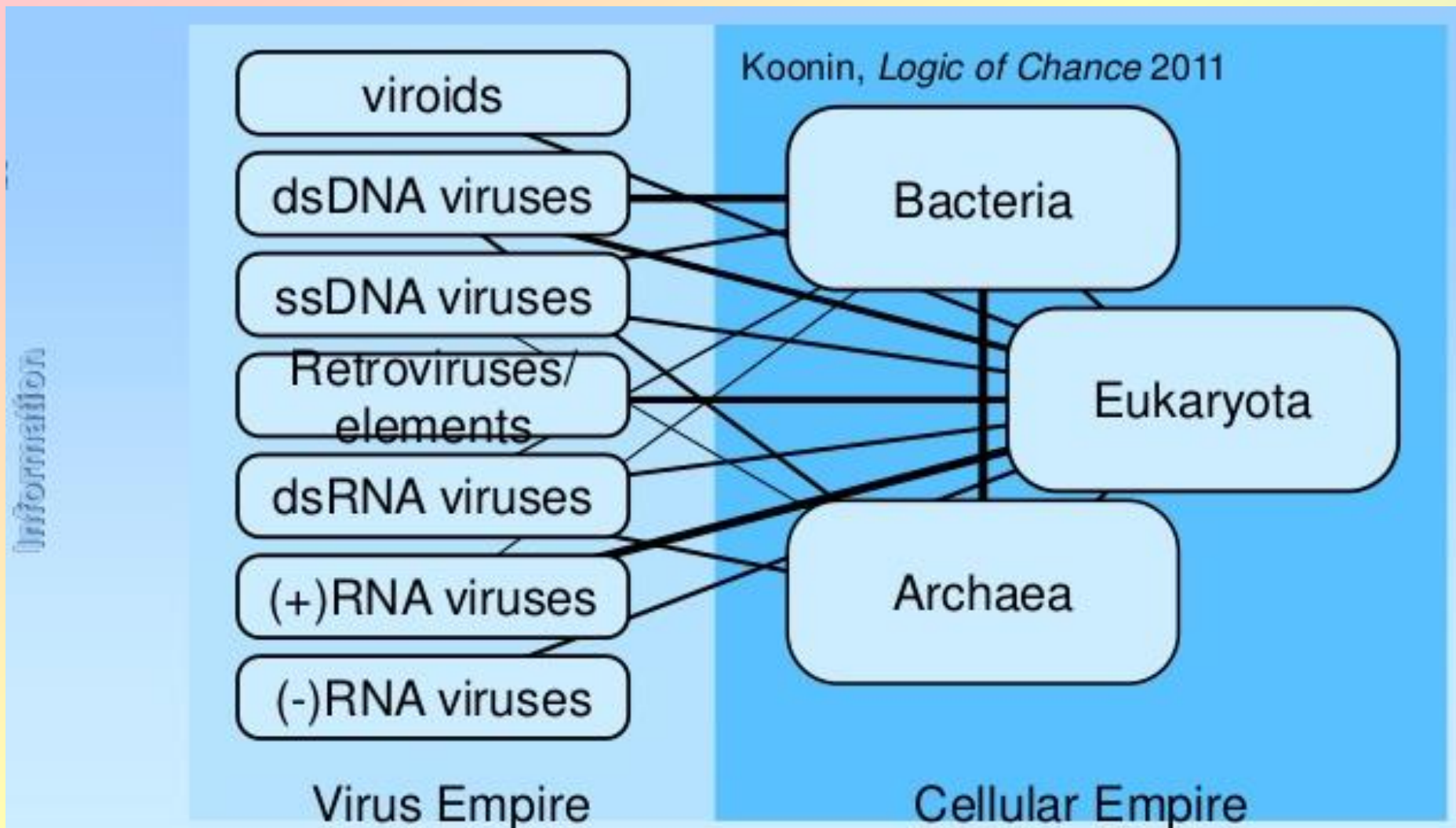
# Горизонтальные переносы у эукариот



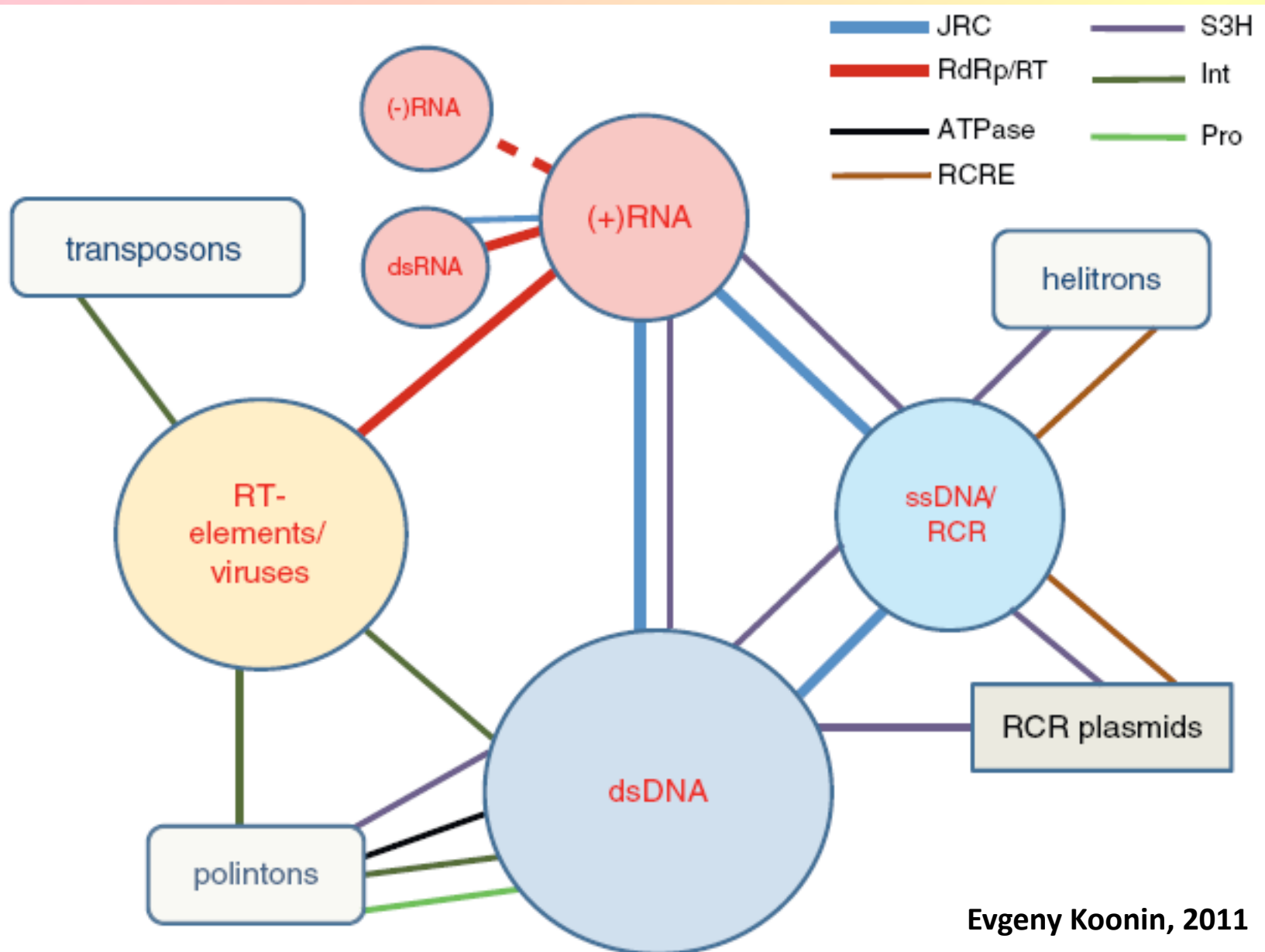
LINE



# Гомологии между геномами вирусов и клеточными формами жизни



# Гомологии между основными типами вирусов



# Системы скрещиваний как фактор эволюции

Избирательность скрещиваний –

полового отбора.

Ассортативность скрещиваний –

” Положительная ассортативность –

” Отрицательная ассортативность –

Этот фактор имеет особое значение в видообразовании.

# Генетический драйв как фактор эволюции

Генетический драйв – распространение определенных генов или генетических конструкций (плазмид) благодаря автономным механизмам (драйверам), независимо от пользы или вреда для организма-хозяина.

–

,

–

.

«

»

«

–

»

многоуровневого отбора.

Многоуровневый отбор – заключается в параллельном действии отбора (порой конфликтующего) на уровне отдельных генов, клеток, организмов, семей, видов.

# Горизонтальный перенос генов и генный драйв как факторы эволюции

“ ( 45 %) **мобильных элементов** :

SINE-

LINE -

(17 % - )

**Часть их (около 10%) одомашнены и работают**

1)

2)

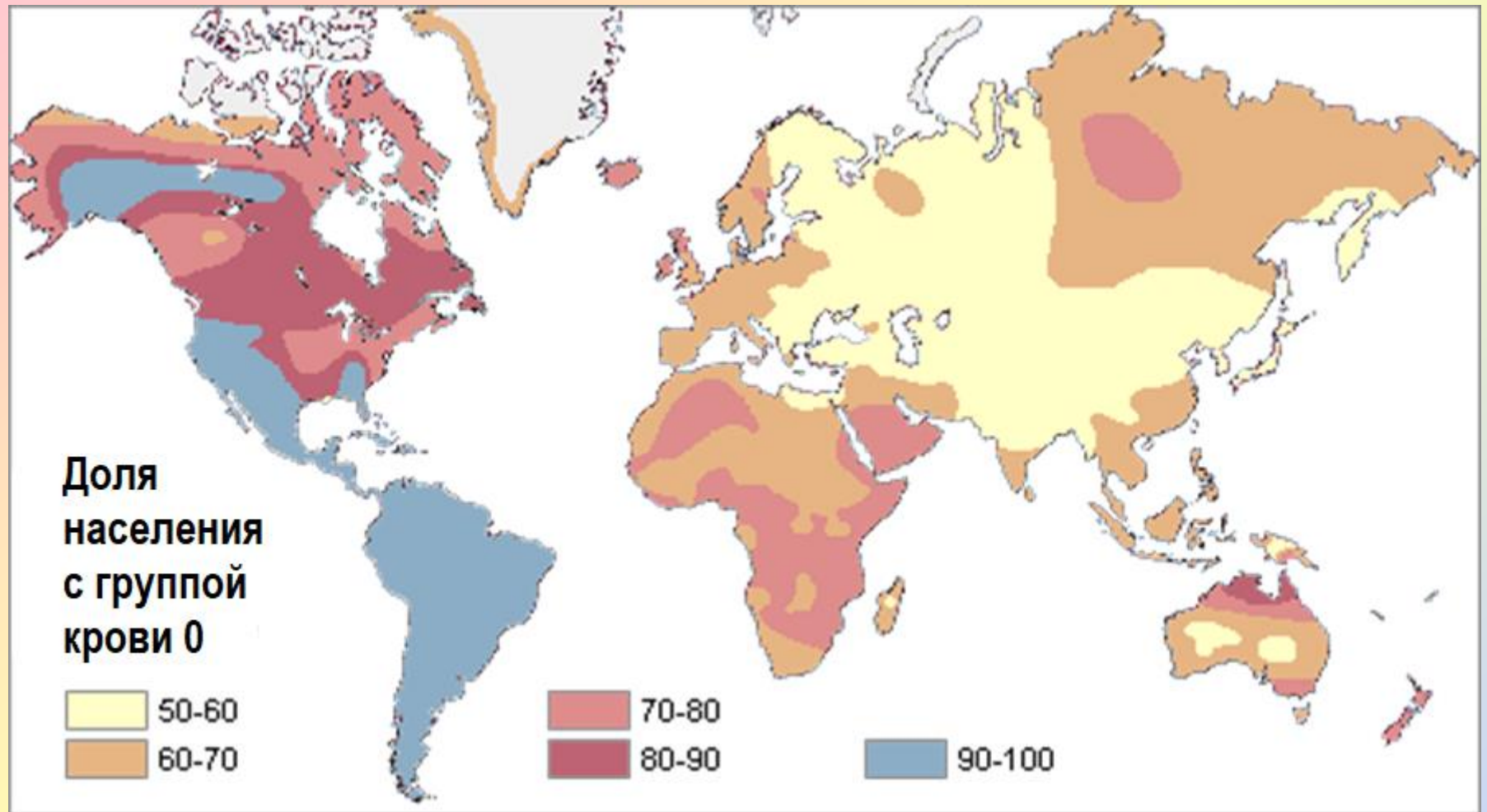
“ **апоптоз эукариотических клеток**

**происходит от системы токсин/антитоксин,**

( )



# Как объяснить наблюдаемую картину?



# **Фенотипическая пластичность (модификационная изменчивость)**

**Фенотипическая пластичность – способность при одном и том же генотипе развивать разнообразные фенотипы.**

**Норма реакции –**

**Норма реакции генетически детерминирована и эволюционно обусловлена.**

**Модификационная изменчивость возникает в ответ на получение определенных внешних сигналов,**

**Сигнальные факторы тоже эволюционно обусловлены.**

**Пример:**



# Формы фенотипической пластичности

- ( . .);
- ( / , / . .);
- ( , .).

**Пластичный признак может меняться**

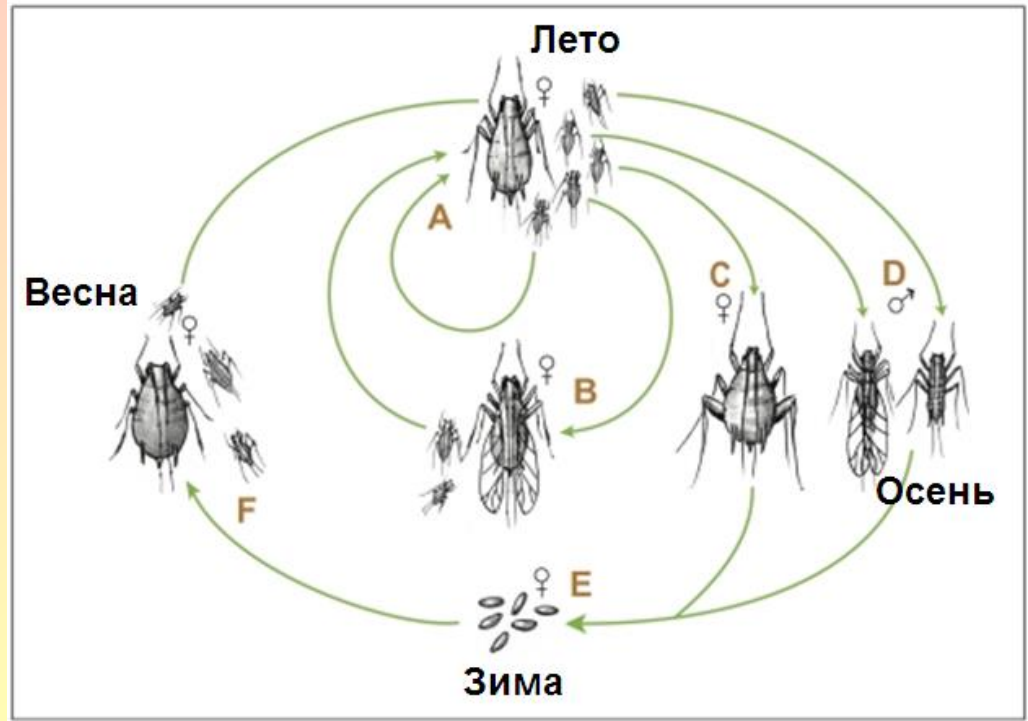
” **Градуально** ( . .)

” **В форме полифенизма** –

( , , )



**А и В - личинка и имаго стадной фазы (самец)**  
**С и D - личинка и имаго одиночной фазы (самец)**



“  
 “  
 “  
 ;  
 “



# Фенотипическая пластичность как фактор эволюции

1)

2)



# /Альтернативные/ концепции эволюции XX в.

**Сальтационизм:** (Хуго де Фриз, Гольдшмидт, Шиндевольф)

Макроэволюция (рождение новых таксонов) происходит не путем градуалистического накопления микроэволюционных событий. Она связана с особыми системными мутациями, меняющими ход ранних стадий онтогенеза и, как следствие, строение взрослого организма.

**Теория квантовой эволюции** (Симпсон) = **теория прерывистого равновесия** (Гулд, Элдридж)  
Темпы эволюции существенно неравномерны; периоды медленной (филетической) и быстрой (кладогенез) эволюции сменяют друг друга, что связано с кризисами и реорганизациями экосистем (по Симпсону) и онтогенетических систем (по Гулду).

**Теория нейтральной эволюции** (Райт, Кимура, Гулд) Большинство новых мутаций являются нейтральными или слабовредными (реже слабополезными). Фиксация в популяции тех или иных вариаций генов и признаков в большой степени зависят от предыстории группы и от случайного дрейфа генов, так что отбор является далеко не определяющим фактором эволюции.

**Теория эволюции механизмов эволюции** (Шмальгаузен, Заварзин, Хаксли)

Механизмы эволюции сами эволюционируют (оптимизируются), вследствие чего процесс эволюции в целом становится все более быстрым и продуктивным с течением времени. Более прогрессивные формы имеют и более эффективные средства для дальнейшей прогрессивной эволюции.

**Эпигенетическая теория эволюции** (Уоддингтон, Шмальгаузен, Шишкин)

Свойство организмов вырабатывать адаптивные реакции в ответ на возмущающие факторы среды является важным фактором эволюционного процесса, давая возможность накапливать преадаптации и противостоять изменениям среды до появления оптимального генотипа.

# Резюме

## Синтетическая теория эволюции

---

---

---

<http://evolbiol.ru/Igt2008/Igt2008.htm>

[http://elementy.ru/novosti\\_nauki/431802](http://elementy.ru/novosti_nauki/431802)

[http://elementy.ru/novosti\\_nauki/432713](http://elementy.ru/novosti_nauki/432713)

<http://elementy.ru/genbio/synopsis/24>

<http://elementy.ru/genbio/synopsis/467>

<http://elementy.ru/genbio/synopsis/201>

<http://elementy.ru/news/430724>

<http://elementy.ru/news/430355>

[http://elementy.ru/novosti\\_nauki/431776](http://elementy.ru/novosti_nauki/431776)