

МФК-2020

# Глобальная экология и кризис биосферы

## Лекция 5

### Красная книга. Скорость вымирания видов.

Основное содержание:

- ✓ Внешние (в основном антропогенные) факторы вымирания в современную эпоху.
- ✓ Красная книга. Уровни угрозы вымирания согласно Красной книге.
- ✓ Распределение видов по уровням угрозы в разных группах животных и растений.
- ✓ Скорость вымирания видов. Оценки фоновой (доантропогенной) скорости вымирания.
- ✓ Оценки скорости вымирания видов в современную эпоху.
- ✓ Совместное действие антропогенных и биологических факторов вымирания - два характерных примера.

Леонард Владимирович Полищук

[leonard\\_polishchuk@hotmail.com](mailto:leonard_polishchuk@hotmail.com)

# ВНЕШНИЕ (АНТРОПОГЕННЫЕ) ФАКТОРЫ ВЫМИРАНИЯ

# Угрозы биоразнообразию, или внешние факторы вымирания

- Разрушение природных местообитаний (habitat loss)
- Чрезмерная эксплуатация природных ресурсов (over-exploitation)
- Вселение чужеродных видов (introduced species)
- Загрязнение окружающей среды (pollution)
- Изменение климата (climate change)

В современных условиях внешние факторы вымирания обычно связывают с воздействием человека, поэтому их можно назвать **антропогенными** факторами вымирания

Классификация факторов вымирания по: Richard Frankham, Corey J.A. Bradshaw, Barry W. Brook. 2014. Genetics in conservation management: Revised recommendations for the 50/500 rules, Red List criteria and population viability analyses. Biological Conservation 170:56–63.

**МЕЖДУНАРОДНАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА**  
(Международный кодекс по стратиграфии, 2004-2006)

Геохронологическая шкала

Эонотема Эон	Эратема Эра	Суб-эра	Система Период	Отдел Эпоха	Возраст (миллионы лет)				
КАИНОЗОЙСКАЯ (65.5 МЛН)	Четвертичная		Неогеновая (23.0 млн)	голоцен	0.0118				
				неоплейстоцен					
				зоплейстоцен	0.820				
				плиоцен	1.8				
				миоцен	5.3				
				олигоцен	23.0				
				эоцен	33.9				
				палеоцен	55.8				
				верхний	65.5				
				нижний	145.5				
	Третичная			Палеогеновая (42.5 млн)	верхний				
					средний				
					нижний				
					Юрская (54.1 млн)	верхний	199.6		
					средний				
					нижний				
					Триасовая (51.4 млн)	верхний	251.0		
					средний				
					нижний				
					Пермская (48.0 млн)	попинжианский			
МЕЗОЗОЙСКАЯ (185.5 МЛН)				гваделупский	299.0				
				сизуральский					
				Каменно-угольная (60.2 млн)	верхний				
					средний				
					нижний				
				Девонская (56.8 млн)	верхний	359.2			
					средний				
					нижний				
				ПАЛЕОЗОЙСКАЯ (291.0 МЛН)				верхний	416.0
								средний	
нижний									
Силурийская (27.7 млн)	пржидольский								
	лудловский								
	венлокский								
Ордовикская (44.6 млн)	лландоверийский	443.7							
	верхний								
	средний								
Кембрийская (53.7 млн)	нижний	488.3							
	фуронжианский								
	третий								
	второй								
первый	542.0								
ПРОТЕРОЗОЙ	НЕОПРОТЕРОЗОЙСКАЯ								
				МЕЗОПРОТЕРОЗОЙСКАЯ					
				ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКАЯ					
АРХЕЙ	НЕОАРХЕЙСКАЯ								
				МЕЗОАРХЕЙСКАЯ					
				ПАЛЕОАРХЕЙСКАЯ					
				ЗОАРХЕЙСКАЯ					
Нижняя граница не установлена									

В отличие от современной эпохи в геологическом прошлом массовые вымирания были связаны с природными катаклизмами (вулканической активностью, падением метеорита - мел-палеогеновое вымирание)

  Пять массовых вымираний в истории Земли (1-5)

**МАССОВЫЕ ВЫМИРАНИЯ**

- 1 - ордовикско-силурийское
- 2 - девонское
- 3 - пермское («Великое»!)
- 4 - триасовое
- 5 - мел-палеогеновое (динозавры!)

Цифры в скобках указывают продолжительность эр и периодов



Источник: <http://www.geogr.msu.ru/>



**Ордовикско-силурийское вымирание** (450-440 млн лет назад)



**Девонское вымирание** (около 374 млн лет назад)



**Пермское («Великое») вымирание** (252 млн лет назад)



**Триасовое вымирание** (200 млн лет назад)



**Мел-третичное (или мел-палеогеновое) вымирание**

(ок. 65 млн лет назад)

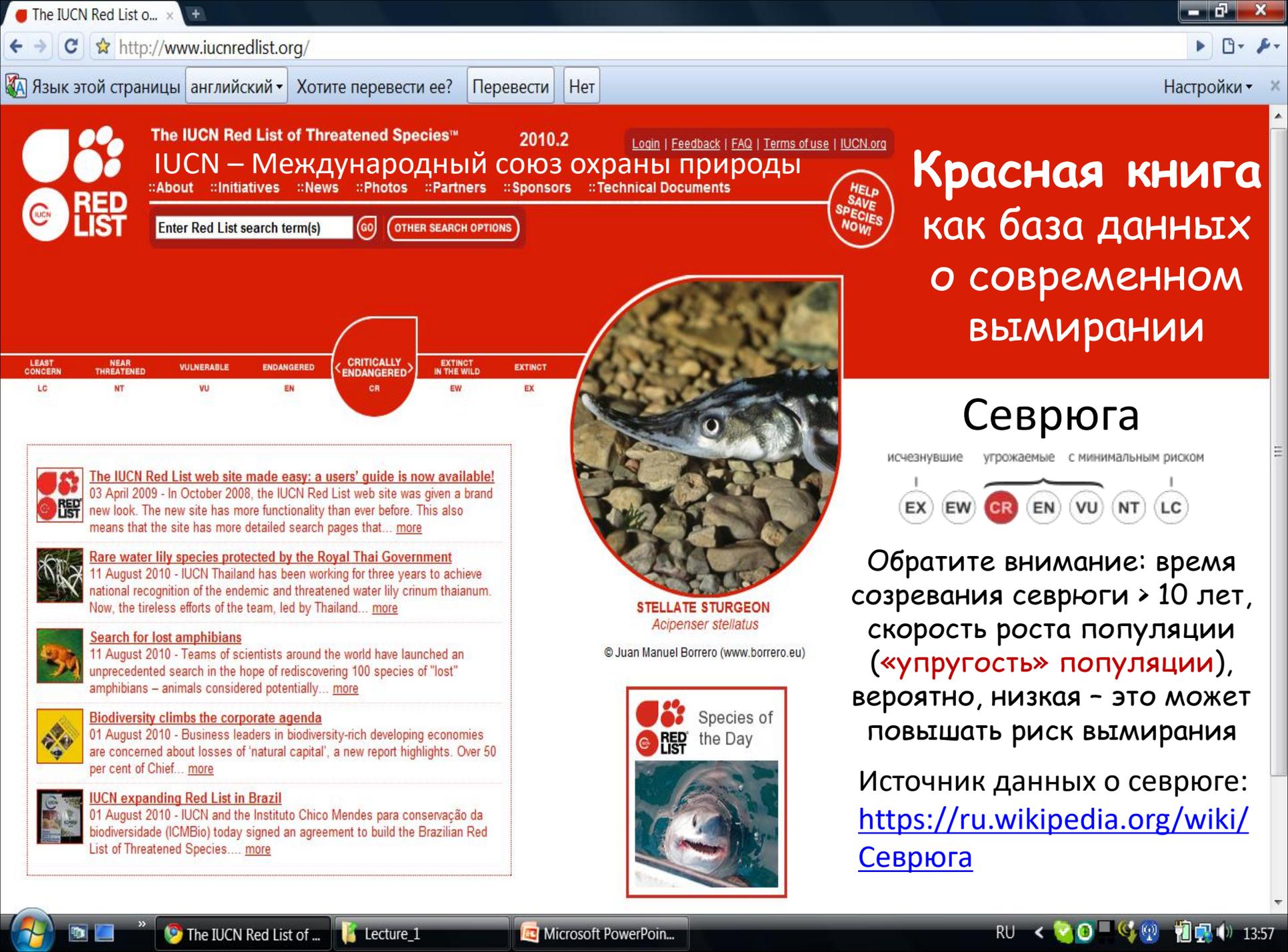
Источник:

[http://www.bbc.co.uk/nature/extinction\\_events](http://www.bbc.co.uk/nature/extinction_events)

Пять массовых вымираний за последние 500 млн лет вызваны природными катастрофами

# КРАСНАЯ КНИГА

КАК БАЗА ДАННЫХ О СОВРЕМЕННОМ ВЫМИРАНИИ



The IUCN Red List of Threatened Species™ 2010.2

IUCN – Международный союз охраны природы

::About ::Initiatives ::News ::Photos ::Partners ::Sponsors ::Technical Documents

Enter Red List search term(s)

GO

OTHER SEARCH OPTIONS

HELP SAVE SPECIES NOW!

# Красная книга как база данных о современном вымирании

LEAST CONCERN (LC) NEAR THREATENED (NT) VULNERABLE (VU) ENDANGERED (EN) CRITICALLY ENDANGERED (CR) EXTINCT IN THE WILD (EW) EXTINCT (EX)



STELLATE STURGEON *Acipenser stellatus*

© Juan Manuel Borrero (www.borrero.eu)

## Севрюга

исчезнувшие угрожаемые с минимальным риском



Обратите внимание: время созревания севрюги > 10 лет, скорость роста популяции («упругость» популяции), вероятно, низкая – это может повышать риск вымирания

Источник данных о севрюге: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Севрюга>

**The IUCN Red List web site made easy: a users' guide is now available!**  
03 April 2009 - In October 2008, the IUCN Red List web site was given a brand new look. The new site has more functionality than ever before. This also means that the site has more detailed search pages that... [more](#)

**Rare water lily species protected by the Royal Thai Government**  
11 August 2010 - IUCN Thailand has been working for three years to achieve national recognition of the endemic and threatened water lily *crinum thaianum*. Now, the tireless efforts of the team, led by Thailand... [more](#)

**Search for lost amphibians**  
11 August 2010 - Teams of scientists around the world have launched an unprecedented search in the hope of rediscovering 100 species of "lost" amphibians – animals considered potentially... [more](#)

**Biodiversity climbs the corporate agenda**  
01 August 2010 - Business leaders in biodiversity-rich developing economies are concerned about losses of 'natural capital', a new report highlights. Over 50 per cent of Chief... [more](#)

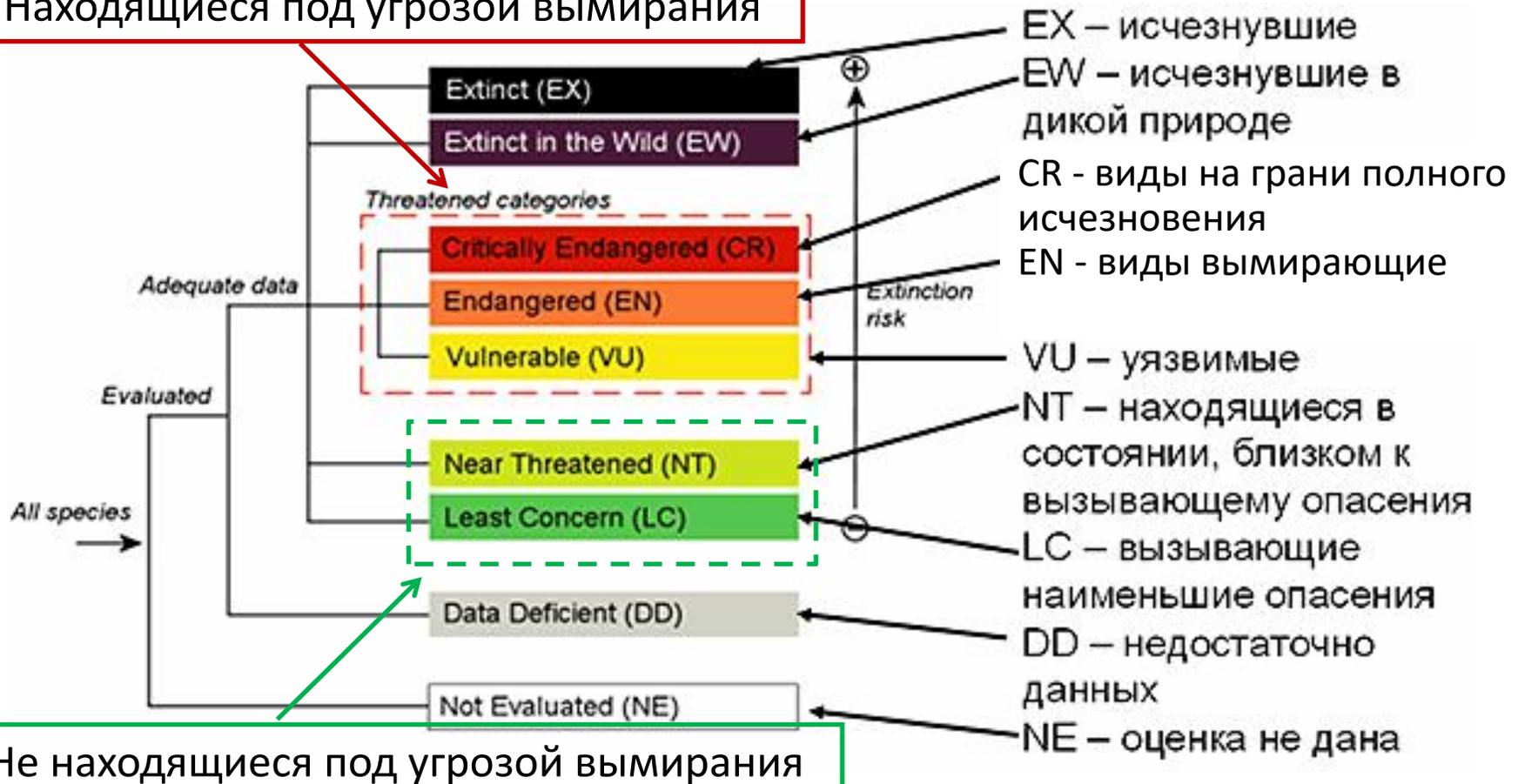
**IUCN expanding Red List in Brazil**  
01 August 2010 - IUCN and the Instituto Chico Mendes para conservação da biodiversidade (ICMbio) today signed an agreement to build the Brazilian Red List of Threatened Species.... [more](#)



# Уровни угрозы вымирания согласно Международной Красной книге (IUCN Red List)

Риск вымирания нарастает снизу вверх

Находящиеся под угрозой вымирания



Не находящиеся под угрозой вымирания

Категории (статусы) состояния вида, принятые в Международной Красной книге (IUCN Red List).  
С сайта IUCN с изменениями. Источник: <http://elementy.ru/news/431485> (с изменениями)

# Критерии отнесения вида к определенному уровню угрозы

Сокращение численности и/или ареала (области распространения или области обитания) на определенный процент (долю) за определенное время, которое измеряется либо в числе лет, либо в числе генераций.

Например, для категории EN численность должна сократиться на 80-90% за 10 лет либо за три поколения, причем берется бОльшая из этих величин.

# Черный носорог - пример вида, находящегося на грани полного исчезновения («в критическом состоянии»)



Ареал черного носорога



Метка на ухе носорога служит для его идентификации и наблюдения за ним

Черный носорог (*Diceros bicornis*). Статус вида — находящийся на грани полного исчезновения («в критическом состоянии»). Если в середине XX века этот вид носорогов был еще самым распространенным (его численность была около 100 000) и обитал во многих местах Африки, то к 1995 году сохранилось не более 2400 особей, относящихся к 4 подвидам. В настоящее время благодаря энергичным мерам по охране зверя его численность несколько возросла и составляет около 4200 особей.

Источник: <http://iucnredlist.org>; <http://elementy.ru/news/431298> (А.М. Гиляров) Источник карты: Вики

## Статистика современного вымирания

- ✓ По состоянию на 2008 г. в Международной Красной книге было представлено 25 780 видов **позвоночных** животных с оцененным природоохранным статусом (то есть отнесенных к определенной категории угрозы вымирания)
- ✓ **Примерно 20% из них находятся под угрозой** (категории CR, EN, VU)
- ✓ С 1980 по 2008 гг. свой статус изменили 928 видов (3.6%), причем, по имеющимся данным, некоторые виды земноводных и птиц полностью вымерли за это время
- ✓ В среднем 52 вида ежегодно перемещались на одну ступень ближе к вымиранию (для совокупности видов амфибий, млекопитающих и птиц)
- ✓ Улучшение статуса отмечено лишь у 68 видов (7.3%, или 68/928)

Источник: Hoffmann M., Hilton-Taylor C., Angulo A., et al. The impact of conservation on the status of the world's vertebrates // *Science*. 2010. V. 330. P. 1503–1509;

<http://elementy.ru/news/431485> (А.М. Гиляров), с изменениями

# Скриншот (фрагмент) сайта Международной Красной книги (<https://www.iucnredlist.org/>) на 11.11.2020

## More than 32,000 species are threatened with extinction

That is still 27% of all assessed species.

AMPHIBIANS

41%



MAMMALS

26%



CONIFERS

34%



BIRDS

14%



SHARKS &  
RAYS

30%



REEF CORALS

33%



SELECTED  
CRUSTACEANS

28%



Take action

Help us make The IUCN Red List a more complete barometer of life.

feedback

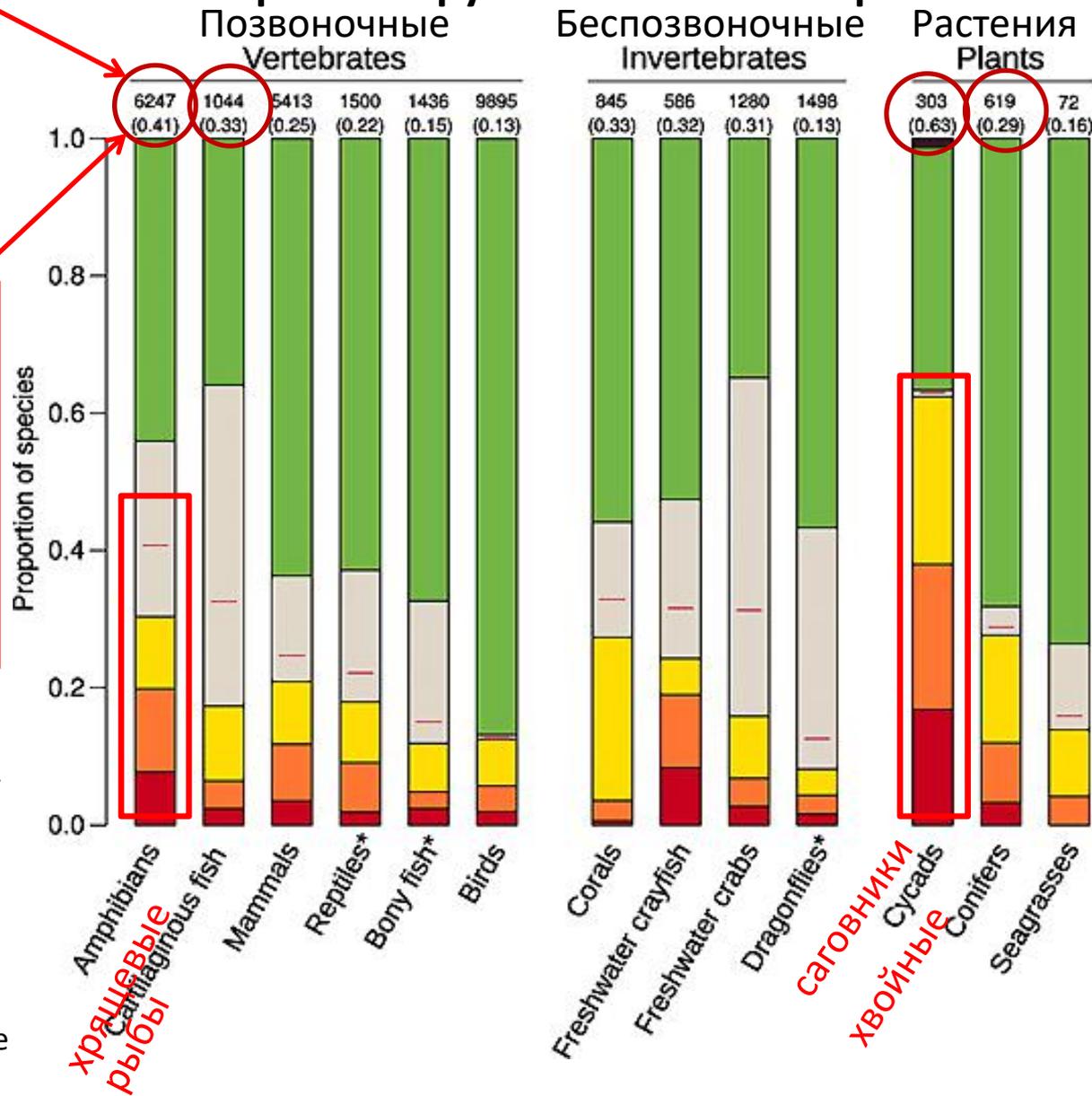
# Красная книга: распределение видов по уровням угрозы в

## разных группах животных и растений

Общее число видов в данной группе (верхнее число)

Доля видов, находящихся под угрозой (CR, EN, VU) (нижнее число)

- Amphibians – Земноводные
- Cartilaginous fish – Хрящевые рыбы
- Mammals – Млекопитающие
- Reptiles - Пресмыкающиеся
- Bony fish – Костные рыбы
- Birds - Птицы



Группы, выделенные красными прямоугольниками, рассматриваются на следующих слайдах.

- EW
- LC+NT
- DD
- VU
- EN
- CR

Источник: <http://elementy.ru/news/431485> (А.М. Гиляров), с изменениями Оригинальный источник: Hoffmann M., Hilton-Taylor C., Angulo A., et al. The impact of conservation on the status of the world's vertebrates // *Science*. 2010. V. 330. P. 1503–1509

# Земноводные

Среди групп позвоночных на уровне класса амфибии характеризуются наивысшей долей видов (41%), находящихся под угрозой вымирания

**Одна из возможных причин вымирания амфибий - хитридиомикоз**

Хитридиомикоз вызывается патогенным грибком *Batrachochytrium dendrobatidis*

«Сокращение природных местообитаний является главной причиной вымирания ринодерм (род бесхвостых амфибий, самцы которых частично или полностью вынашивают икру во рту - ЛП), но по крайней мере в случае красной ринодермы (*Rhinoderma rufum*, уровень угрозы - CR – ЛП) **грибковое заболевание хитридиомикоз** можно считать последним гвоздем в крышку гроба для этого вида.»

Источник:

<http://www.natureworldnews.com/articles/5032/20131122/darwina-frogs-going-extinct-deadly-fungal-infection.htm>



*Rhinoderma darwinii*  
(близкий к *R. rufum* вид)

Фото:

<http://www.tolweb.org/Rhinoderma>

# Саговники

Саговники – среди растений характеризуются очень высокой долей видов (63%), находящихся под угрозой вымирания

**Древняя группа, расцвет которой имел место в мезозое (251-65 млн лет назад).**

Такие виды называют «живыми ископаемыми» (филогенетическими реликтами).

Неудивительно, что многие виды в этой группе находятся под угрозой вымирания

Естественный современный ареал: Азия (от Индии до Японии), Индонезия, Австралия, Тихоокеанские острова, Мадагаскар. Исторический ареал – всемирный.



Sago Palm *Cycas revoluta*

Фото Anne Barber:

<http://swbiodiversity.org/seinet/taxa/index.php?taxon=17200>



*Encephalartos ferox*

Фото:

[http://plantacia.tomsk.ru/Articles/articles8.htm?ddos\\_guard\\_attempt=1](http://plantacia.tomsk.ru/Articles/articles8.htm?ddos_guard_attempt=1)

# СКОРОСТЬ ВЫМИРАНИЯ ВИДОВ

# Классическая работа по оценке скорости вымирания

Pimm, Russell, Gittleman & Brooks 1995 The Future of Biodiversity Science V. 269 P. 347-350

## The Future of Biodiversity

Stuart L. Pimm,\* Gareth J. Russell, John L. Gittleman,  
Thomas M. Brooks

Recent extinction rates are 100 to 1000 times their pre-human levels in well-known, but taxonomically diverse groups from widely different environments. If all species currently deemed “threatened” become extinct in the next century, then future extinction rates will be 10 times recent rates. Some threatened species will survive the century, but many species not now threatened will succumb. Regions rich in species found only within them (endemics) dominate the global patterns of extinction. Although new technology provides details of habitat losses, estimates of future extinctions are hampered by our limited knowledge of which areas are rich in endemics.

имеются в виду  
наблюдения со спутников

Эта работа была написана до работы Myers et al. (2000) об очагах биоразнообразия (biodiversity hotspots).

## Первый абзац статьи «The Future of Biodiversity»

Debates about the consequences of human population growth are not new. Our numbers have increased dramatically since Malthus but so has our technology (1). Will technical ingenuity keep pace with increasing population problems? Ingenuity can replace a whale-oil lamp with an electric light bulb, but not the whales we may hunt to extinction. Species matter to us (2). How fast we drive them to extinction is a matter of our future. Critics consider high estimates of current and future extinction rates to be “doomsday myths,” contending that it is the “facts, not the species” that are endangered (3). Here, we review these estimates.

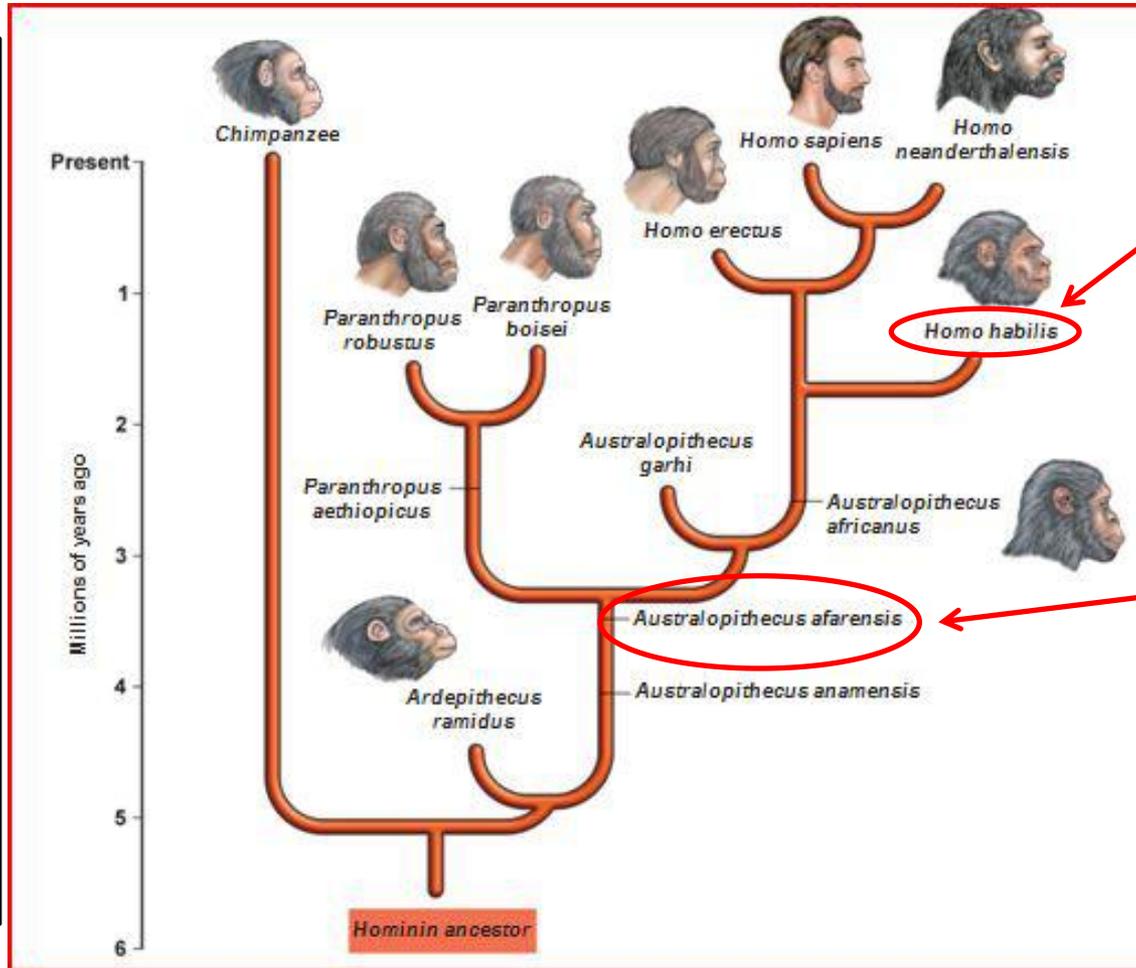
Наша изобретательность помогла нам заменить лампу на китовом жире электрической лампочкой, но ничто не заменит нам китов, если мы продолжим охотиться на них до полного истребления. Виды важны для нас. ... Наши критики («экоскептики» – ЛП) полагают, что высокие оценки текущего и будущего риска вымирания представляют собой страшилки Страшного суда, утверждая, что это «факты, а не виды» находятся в опасности. Давайте рассмотрим эти оценки.

Палеонтологическая летопись позволяет определить примерную продолжительность существования вида (см. время на вертикальной оси, на следующем слайде время указано более точно), а значит и скорость «фонового» (доантропогенного) вымирания

## Эволюция Homo sapiens

1

Скорость вымирания в единицах «число вымерших видов в ед. времени в расчете на один вид» – это величина, обратная продолжительности существования вида.



Homo habilis - Человек умелый (первый представитель рода Homo)

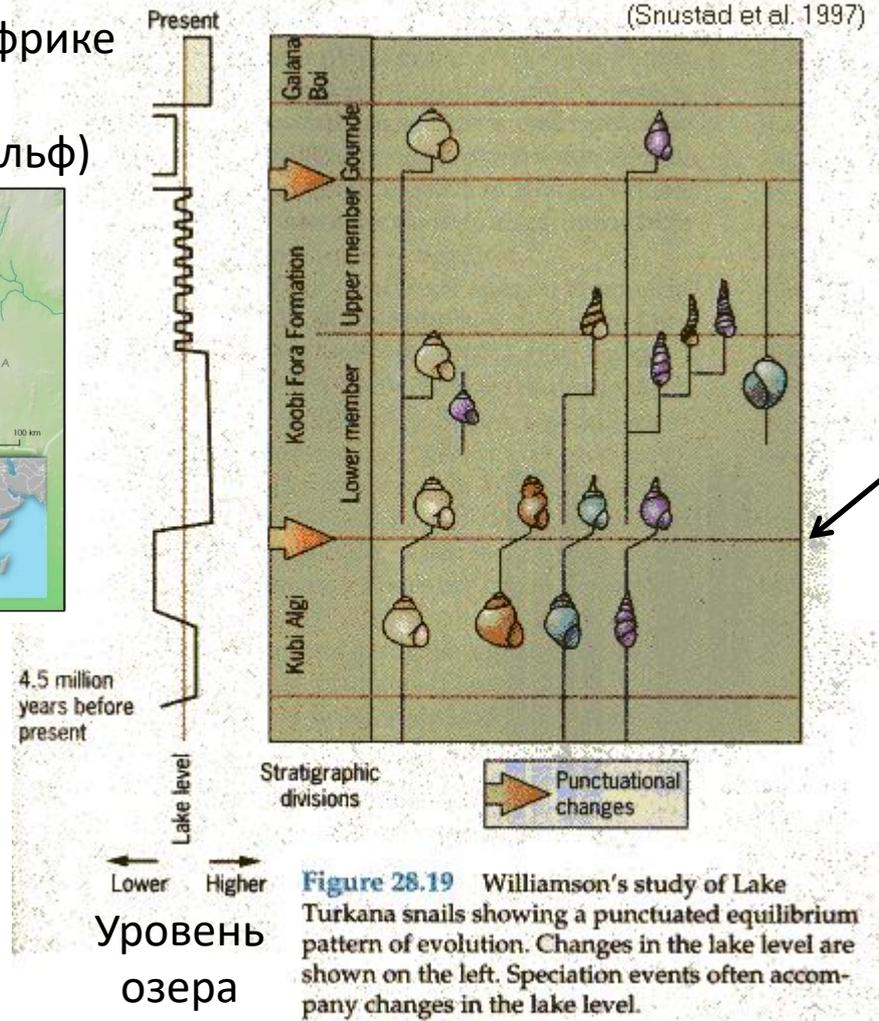
Australopithecus afarensis – афарский австралопитек, непосредственный предок рода Homo

# Палеонтологическая летопись позволяет определить примерную продолжительность существования вида, а значит и скорость «фонового» (доантропогенного) вымирания Брюхоногие моллюски в оз. Turkana

Оз. Туркана в Восточной Африке (Кения – Эфиопия) (прежнее назв. – оз. Рудольф)



Источник: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lake\\_Turkana#/media/File:Lake\\_Turkana\\_vicinity.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Lake_Turkana#/media/File:Lake_Turkana_vicinity.jpg)



Резкое возрастание скорости видообразования при изменении уровня озера (пример прерывистой эволюции)

# Фоновая скорость вымирания

Фоновая (обычная, «нормальная») скорость вымирания определяется на палеонтологическом материале

**Единица измерения скорости вымирания** – число вымерших видов в расчете на один вид в единицу времени, где единица времени – 1 млн лет, то есть  $(E/N)/(T/10^6) = (E/(NT)) \cdot 10^6$ , где Т в годах; **E/MSY** = (extinctions / species-years) · 10<sup>6</sup>

**Пример 1:** Продолжительность существования вида в среднем составляет 10 млн. лет. Какова скорость вымирания?

**Ответ:** Скорость вымирания  $\lambda = (1/10^7) \cdot (10^6) = 0.1 \text{ E/MSY}$ .

**Пример 2:** Продолжительность существования видов млекопитающих в кайнозое (эоцен-плейстоцен, между 56 млн и ~2 млн лет назад) составляет в среднем 2.62 млн лет (Alroy 2000). Какова скорость вымирания?

**Ответ:** Скорость вымирания  $\lambda = (1/2.62 \cdot 10^6)(10^6) = 0.38 \text{ E/MSY}$ .

**Пример 3:** Имеется 100 видов. Согласно палеонтологическим материалам, за 10 млн. лет из них вымерли 2 вида. Какова скорость вымирания?

**Ответ:** Скорость вымирания  $\lambda = ((2/100)/10^7) \cdot (10^6) = 0.002$ , или  $2 \cdot 10^{-3} \text{ E/MSY}$ .

## Оценки фоновой скорости вымирания:

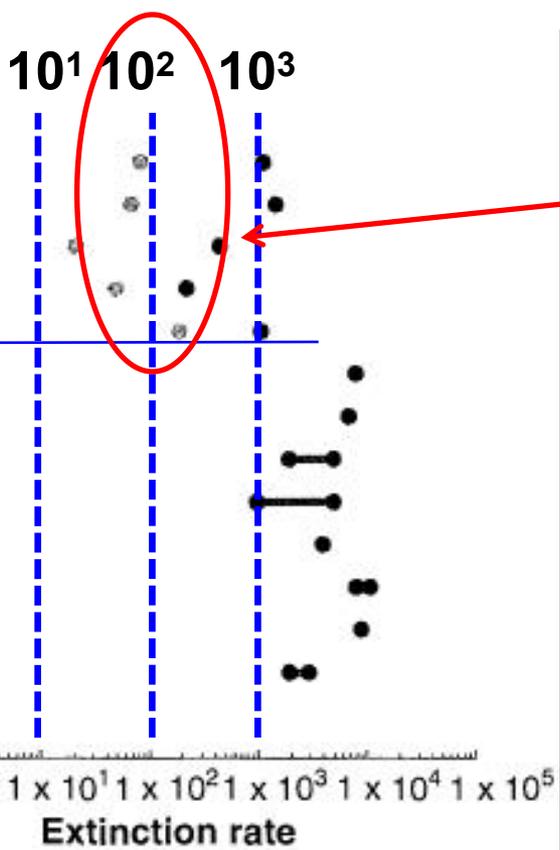
- ✓ Морские беспозвоночные – от 1 до 0.1 E/MSY (May, Lawton & Stork 1995)
- ✓ Млекопитающие в кайнозое – 0.38 E/MSY (Alroy 2000) или ~ 1 E/MSY по другим оценкам

# Современная скорость вымирания в единицах E/MSY



Stuart Pimm

- Birds
- Mammals
- Reptiles
- Anurans
- Freshwater clams
- Tropical plants: Raven (1987)
- Plant species: Myers (1988)
- Forest species: Reid, Miller (1989)
- All species: Reid (1992)
- All species: Myers (1979)
- All species: Lovejoy (1980)
- All species: Raven (1988)
- All species: Wilson (1988, 1989)
- All species: Simon (1994)



Позиция «экоскептиков»

Past
  Future

$\lambda = 20-200 \text{ E/MSY}$   
 (Pimm et al. 1995), или  
 $\lambda = 100 \text{ E/MSY}$   
 (1000 видов на 1 млн.  
 видов за 10 лет)  
 (Pimm & Raven 2000), или  
**n из n видов,**  
**т.е. ВСЕ ВИДЫ,**  
**всего за 10 000 лет!**  
 10 000 лет – это  
 продолжительность  
**Голоцена,**  
 геологической эпохи,  
 которая охватывает  
 всю историю человеческой  
 цивилизации

Для птиц, млекопитающих, пресмыкающихся, бесхвостых амфибий и пресноводных моллюсков **светлые кружки** обозначают оценку скорости вымирания в **20-м веке** (за 100 лет, предшествующих 1995 г.), **темные** – оценку скорости вымирания в 21-м веке (за 100 лет после 1995 г.). Вторая оценка сделана в предположении, что все современные виды, находящиеся под угрозой вымирания, действительно вымрут.

При скорости вымирания  $\lambda = 100$   
E/MSY за время существования  
человеческой цивилизации  
(ок. 10 000 лет) можно было бы  
истребить всех животных и  
растений!

# Современная скорость вымирания

Рассчитайте скорость вымирания в единицах E/MSY по приведенным ниже данным (в тех случаях, когда это возможно)

## Конкретные примеры недавнего вымирания:

- ✓ Полинезийцы на **островах** Тихого океана за время от 4 тыс. до 1 тыс. лет истребили до 2 тыс. видов птиц, ранее населявших эти острова (причем это было сделано лишь с использованием орудий каменного века)
- ✓ С 1778 г., после заселения **Гавайев** европейцами, эти острова потеряли не менее 18 видов птиц (из ~135) и 84 вида растений (из 980). (С другой стороны, сравните: Британия за то же примерно время потеряла только 3 вида птиц из примерно такого же их числа.)
- ✓ За последние несколько сотен лет мировая фауна лишилась 60 видов млекопитающих, из них **19 вымерли на Карибских островах.**
- ✓ За последние 300 лет **острова** Маврикий, Родригес и Реюньон (Маскаренские острова в Индийском океане) потеряли 33 вида птиц, включая додо, 30 видов наземных улиток и 11 видов пресмыкающихся.
- ✓ Финбош (тип кустарниковой растительности на территории Капской флористической области в ЮАР, самое богатое видами флористическое царство Земли) за последние несколько сотен лет потерял 36 видов растений (из примерно 8500).
- ✓ **Австралия** потеряла 18 (из 282) видов млекопитающих за последние несколько сотен лет.
- ✓ За последние 100 лет пресные воды Северной Америки потеряли 21 вид моллюсков (из 297) и 40 (из ~950) видов рыб.

АНТРОПОГЕННЫЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ  
ФАКТОРЫ ВЫМИРАНИЯ –  
ДВА ХАРАКТЕРНЫХ ПРИМЕРА

Биологические причины вымирания обычно менее заметны...

## Стеллерова корова (*Hydrodamalis gigas*)



[https://en.wikipedia.org/wiki/Steller%27s\\_sea\\_cow](https://en.wikipedia.org/wiki/Steller%27s_sea_cow)



Млекопитающее из семейства дюгоневых, эволюционно родственники современных слонов.

Обитала на Командорских островах (о. Беринга, возможно о. Медный) в Тихом океане.

Крупное растительноядное животное («корова»!)

Была открыта в 1741 г., а уже в 1768 г., всего через 27 лет, полностью истреблена.

### Антропогенные причины вымирания:

- Перепромысел

### Биологические причины вымирания:

- Узкий ареал
- Малая подвижность
- Крупный размер
- Низкая скорость размножения. Точные цифры неизвестны (не успели изучить), но наверняка она была низкой, как у всех крупных зверей.

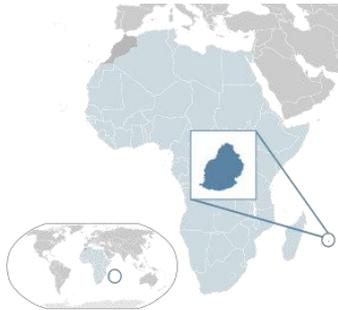
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Стеллерова\\_корова](https://ru.wikipedia.org/wiki/Стеллерова_корова)

Биологические причины вымирания обычно менее заметны...

## Птица додо (маврикийский дронт) (*Raphus cucullatus*)



Источник: <http://www.zoopicture.ru/dront/>



Источник: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Маврикий>

Птица подсемейства дронтов, эволюционно родственники современных голубей.

Эндемик острова Маврикий в Индийском океане.

Последнее прижизненное наблюдение – 1662 г.

### Антропогенные причины вымирания:

- Перепромысел
- Завоз сельскохозяйственных животных (в частности, свиней)

### Биологические причины вымирания:

- Узкий ареал (островной вид!)
- Малая подвижность (не летали, а только бегали по земле)
- Крупный размер (высотой около 1 м)
- Низкая скорость размножения (в кладке было одно яйцо).

Хотя в современных условиях антропогенные факторы играют первостепенную роль в вымирании, биологические свойства видов также сохраняют значение при определении риска вымирания. Для оценки риска вымирания важно иметь в виду не только внешние воздействия, но и биологические характеристики видов.