

Физическая экология

Занятие 13

Эволюция и демография

Экологический прогноз

Человек, как биологический вид

Человек разумный по биологической принадлежности : царство животные, тип хордовые, подтип позвоночные, класс млекопитающие, отряд приматы, семейство гоминид, род люди, вид человек разумный.

В 200 году н.э. римский богослов Тертуллиан писал: «Мы обременительны для природы, доступные ресурсы уже не соответствуют нашей численности».

Антропология — совокупность научных дисциплин, занимающихся изучением человека, его происхождения, развития и существования.

Антропология исследует физические различия между людьми, исторически сложившиеся в ходе их развития в различных естественно-географических средах.

Палеоантропология — раздел физической антропологии, изучающий эволюцию гоминид на основе ископаемых останков.

Эволюционное дерево

Гоминоиды – это семейство человекообразных существ из отряда приматов. В интервале 6 – 8 млн. лет назад произошло разделение четырех африканских семейств человекообразных обезьян: гоминид, горилл, шимпанзе и карликовых шимпанзе, или бонобо.

К **гоминидам** относят собственно людей и некоторых из их вымерших предков.

Австралопитеки, представители человека прямоходящего (*Homo erectus*), обитали в Африке от 4 до 2 млн. лет назад, одно из их семейств паронтропы (*Parontropus*) сохранялось до одного млн. лет в прошлое. Основное их отличие от шимпанзе, наиболее близкого им сохранившегося вида, состоит в прямохождении.

Человек прямоходящий широко заселял Азию в период с 1,8 млн. до 400 тыс. лет назад. Он обладал человеческими размерами тела, объемом мозга (800 – 1200) см³,

Эволюция человека

Неандерталец, в советской литературе также носивший название **палеоантроп** — вымерший или ассимилированный представитель рода людей. Первые люди с чертами протонеандертальца существовали в Европе ещё 350—600 тысяч лет назад, последние неандертальцы жили около 40 тыс. лет назад.

Человек разумный (*Homo sapiens*) появился в Африке 200 - 300 тысяч лет назад. Результаты комплексного исследования генетического разнообразия народов Африки установили, что самой древней ветвью этого вида, испытавшей наименьшее количество смешиваний, является генетический кластер, к которому принадлежат бушмены и другие народы, говорящие на койсанских языках. Они являются ветвью, которая ближе всего к общим предкам всего современного человечества.

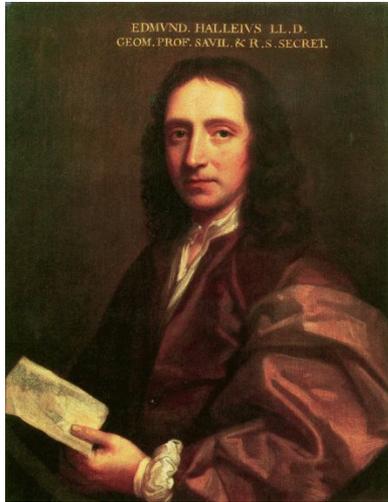
Расселение человека

Кроманьонцы — общее название ранних представителей современного человека, которые появились значительно позже неандертальцев и некоторое время сосуществовали с ними.

Приблизительно 50 тысяч лет назад они заселили Австралию и Среднюю Азию, а в Европу пришли только 40 тысяч лет назад. Оттуда они попали в Америку и распространились в южную часть континента, а Северную Америку заселили лишь 13 тысяч лет назад.

Кроманьонцы, появившиеся в Европе, вытеснили путем конкуренции более древних по происхождению неандертальцев. Последние представители неандертальцев жили в Европе еще 28 тыс. лет назад, а *Homo erectus* еще 10 тыс. лет назад продолжал населять Яву.

Основы демографии. Галлей.



Эдмунд Галлей (1656—1742) — английский астроном, математик и демограф.

Галлей внёс огромный вклад в становление демографии, как науки. В 1693 году он провел перепись населения города Бреслава и построил первую полную таблицу смертности для населения включив в неё младенческую и детскую смертность. Галлей дал определение показателей таблицы, исчислил вероятности дожития и кончины для своих современников, ввёл в науку понятие средней продолжительности предстоящей жизни.

$$N(t + 1, x + 1) = N(t, x) \cdot P(x) \leftarrow P(x) = \frac{L(x + 1)}{L(x)}$$

Основы демографии. Мальтус.



Томас Роберт Мальтус (1766—1834) — английский священник и ученый, демограф и экономист.

Мальтус предложил рассчитывать прирост населения пропорционально его численности, где N - число живущих особей, b - рождаемость, d - смертность.

$$\frac{dN}{dt} = (b - d)N$$

Естественный коэффициент рождаемости составляет (4-4,5)% в год при естественном коэффициенте смертности около 3%. Таким образом, при экспоненциальном законе роста, за 100 лет численность населения возрастает в 2,7 раза.

Логистическое уравнение.

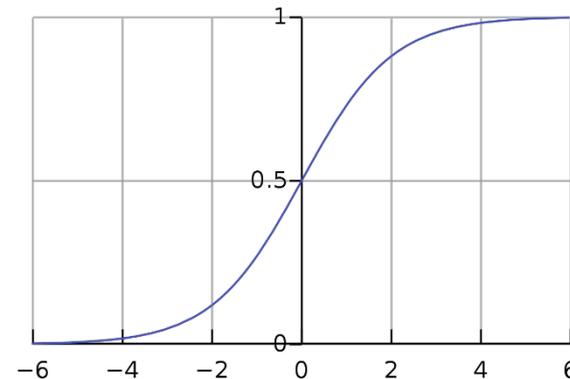
Ферхюльст

При $b > d$, по достижении определенной численности популяции, обостряется борьба за выживание. Если K максимальная численность, которую может достичь популяция в данной среде, то уравнение переписется в виде:

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

Это – уравнение Ферхюльста или логистическое уравнение. Пьер-Франсуа Ферхюльст (1804 – 1849) – бельгийский математик и демограф. Решение уравнения:

$$N(t) = \frac{K \cdot N_0 \cdot e^{rt}}{K + N_0 (e^{rt} - 1)}$$



Логистическое отображение

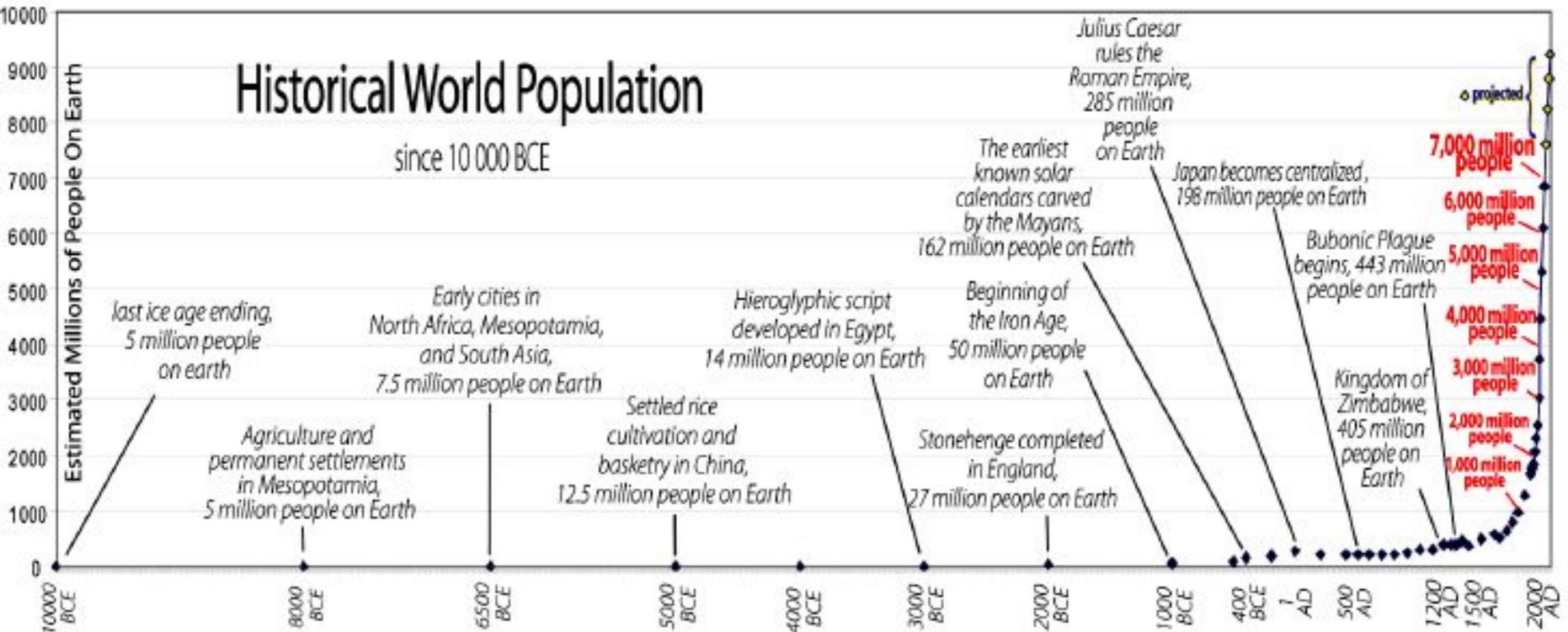
Дискретным аналогом уравнения Ферхюльста является логистическое отображение, обладающее рядом замечательных свойств. Математическая формулировка отображения имеет вид:

$$N_{n+1} = rN_n (1 - N_n),$$

Здесь N_n принимает значения от 0 до 1 и обозначает нормированную численность популяции в n -ом году, а N_0 начальную численность (в год номер 0); r – положительный параметр, характеризующий скорость роста популяции. Переход от непрерывной функции к временному ряду отражает тот факт, что наши сведения о приросте популяции, как правило, соответствуют изменениям за некоторые заданные интервалы времени, обычно годовые, т.е. имеют дискретный вид.

Эволюция популяций

Рост численности населения от 10000 лет до н.э.



Автомодельный рост

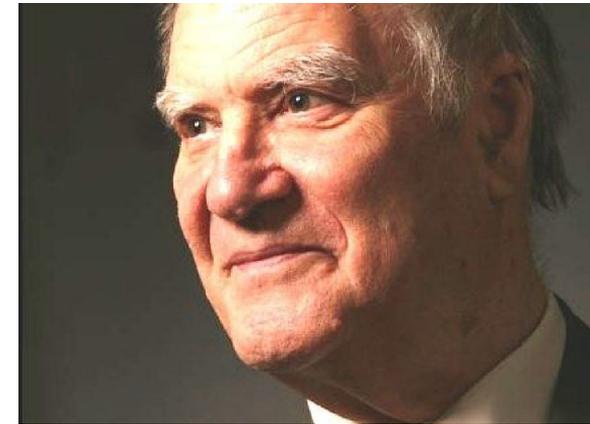
$$\lim_{\Delta N, \Delta t \rightarrow 0} \frac{\frac{\Delta N}{N - N_1}}{\Delta t} = \frac{d \ln |t - t_1|}{dt} = \alpha$$



Хейнц фон Фёрстер (1911-2002), австрийский физик, математик, один из основоположников кибернетики. Предложил закон гиперболического роста численности населения Земли

$$N(t) = 200 \cdot 10^9 \cdot (2025 - t)^{-\alpha}$$

Сергей Петрович Капица (1928-2012), советский и российский физик и просветитель. Автор феноменологической модели гиперболического роста численности населения Земли.



Капица С.П. Феноменологическая теория роста населения Земли // «Успехи физических наук». 1996. Т. 166. № 1.

Реальный рост народонаселения



Год (оценка/прогноз)	Численность (млрд)	Число лет на один миллиард
1800 (1804)	1	-
1930 (1927)	2	130 (123)
1960	3	33
1974	4	14
1987	5	13
1999	6	12
2012 (2011)	7	13
2024	8	12
2040	9	16
2062	10	22

UN, Dept. of Economic and Social Affairs, Population Division (2013). World Population Prospects: The 2012 Revision. projected populations based on the medium-fertility variant.

Модель Капицы

Внутреннюю динамику популяции можно учесть, продифференцировав формулу Ферстера и введя в скорость роста микроскопический параметр феноменологии – характерное для жизни человека время:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{C}{(t_1 - t)^2 + \tau^2}$$

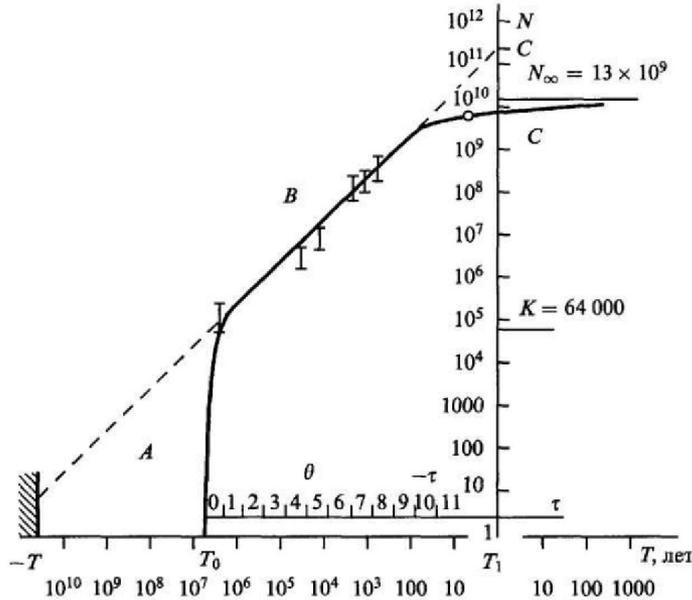
Решение может быть продолжено в предвидимое будущее за пределы особенности при t_1 :

$$N = \frac{C}{\tau} \operatorname{arcctg} \left(\frac{t_1 - t}{\tau} \right)$$

со подгоночными константами: $C = 186 \cdot 10^9$, $t_1 = 2007$, $\tau = 42$, $K = (C/\tau)^{1/2} = 67000$ - масштаб размера популяции.

Демографический переход и прогноз

Асимптотические решения описывают рост человечества в течение трех эпох. Первая — наиболее продолжительная эпоха А антропогенеза, начинается с линейного роста, переходящего затем в гиперболический режим эпохи В, которая завершается взрывным развитием и режимом с обострением С.



Скорость гиперболического роста не зависит явно от внешних условий и определяется только собственными системными характеристиками — параметрами K и t . Когда скорость прироста на протяжении поколения или характерного времени t становится сравнимой с самой численностью населения мира, самоподобие роста нарушается и возникает критический переход к другому закону роста — к стабилизирующейся численности населения Земли.

Предел роста :

$$N_{\infty} = \pi K^2 = 14 \cdot 10^9 \text{ человек}$$

Коэффициент рождаемость

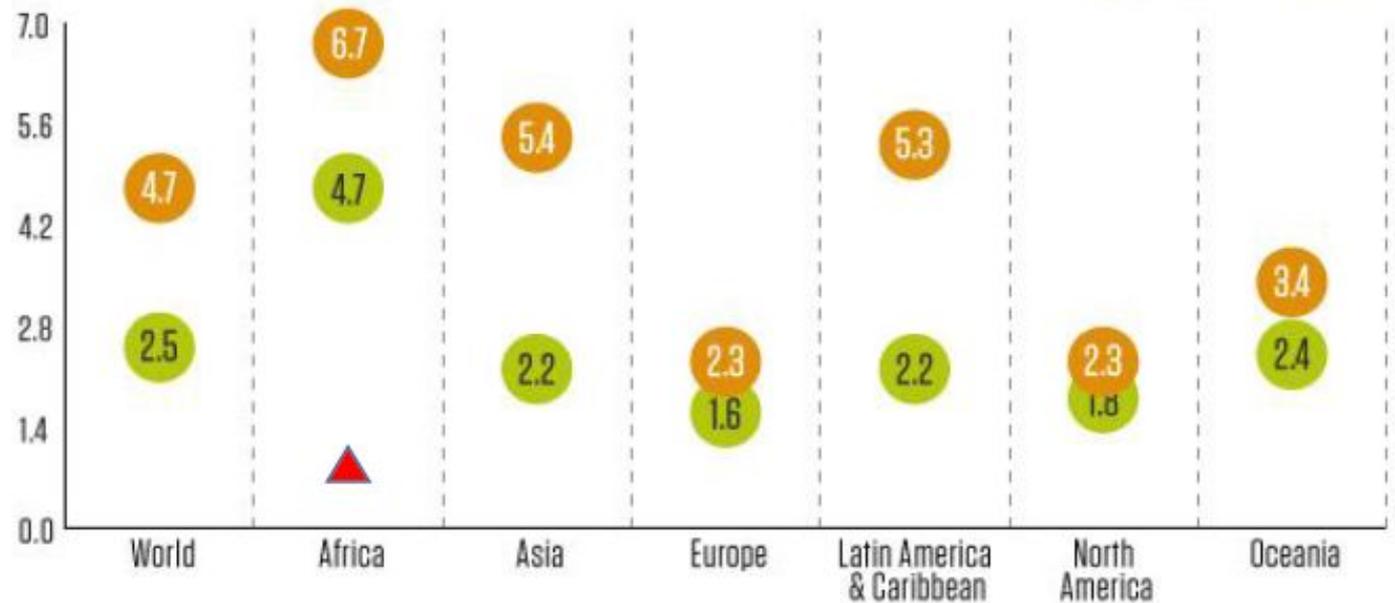
В демографии вводится понятие мультипликатора:

$$M = \frac{N(t_1 + \tau)}{N(t_1 - \tau)} = \frac{\text{arcctg}(1)}{\text{arcctg}(-1)} = 3$$

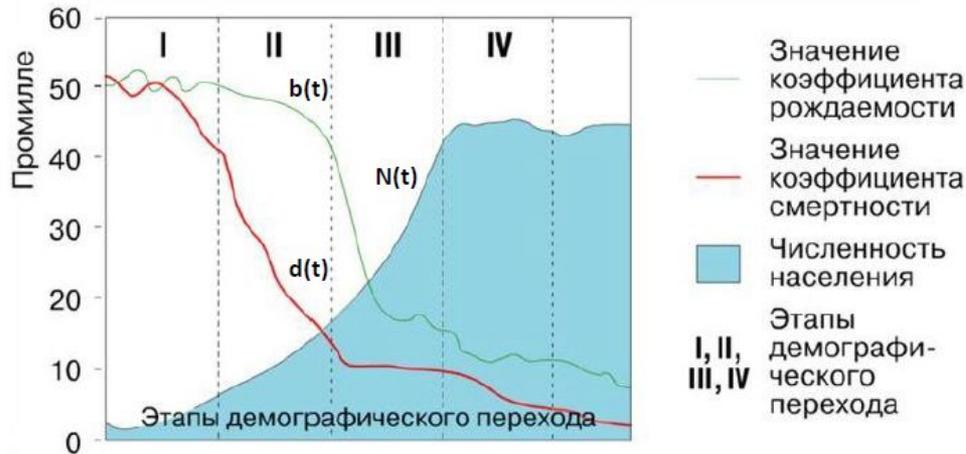
Мультипликатор по Капице

Страна	M
Китай	2,46
Индия	3,67
Франция	1,67
Мексика	7
США	1,9
Глобально	2,95

Average Number of Children per Woman



Демографический переход



$$N(t+h) = N(t) + (b - d) N(t)h (*)$$

На **первом** этапе меньшее снижение коэффициента рождаемости чем снижение коэффициента смертности, следовательно коэффициент естественного прироста максимален.

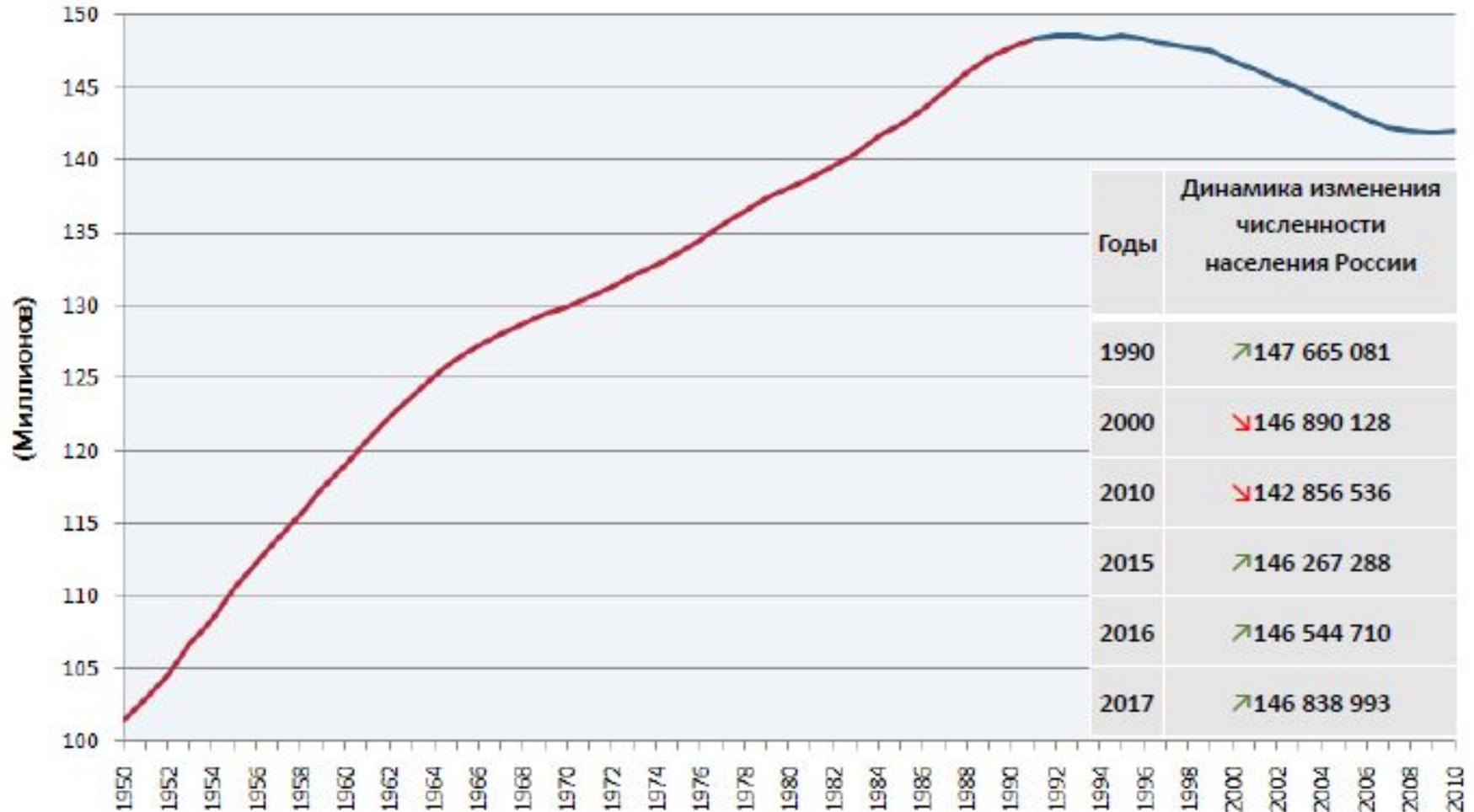
На **втором** коэффициент рождаемости снижается быстрее коэффициента смертности, что приводит к замедлению прироста населения, а также к демографическому старению населения.

На **третьем** коэффициент смертности увеличивается вследствие демографического старения, а также замедляется снижение коэффициента рождаемости.

На **четвёртом** этапе коэффициент смертности увеличивается и становится равным коэффициенту рождаемости. Процесс демографической стабилизации

Динамика населения России

Население России



2019 год – 146 781 095

Глобальные проблемы без решения

1. Энергия – Климат
2. Доминирование – Техносфера
3. Устойчивость

Потребление энергии

	1973	2008	2012
Население (млрд)	4	6,7	7
Потребление энергии (ТВт)	8,1	14,46	17,75
Потребление энергии на душу населения (кВт/чел)	2	2,16	2,54

**Потребление энергии (ТВт) - прогноз на 2020:
22,8 ТВт**

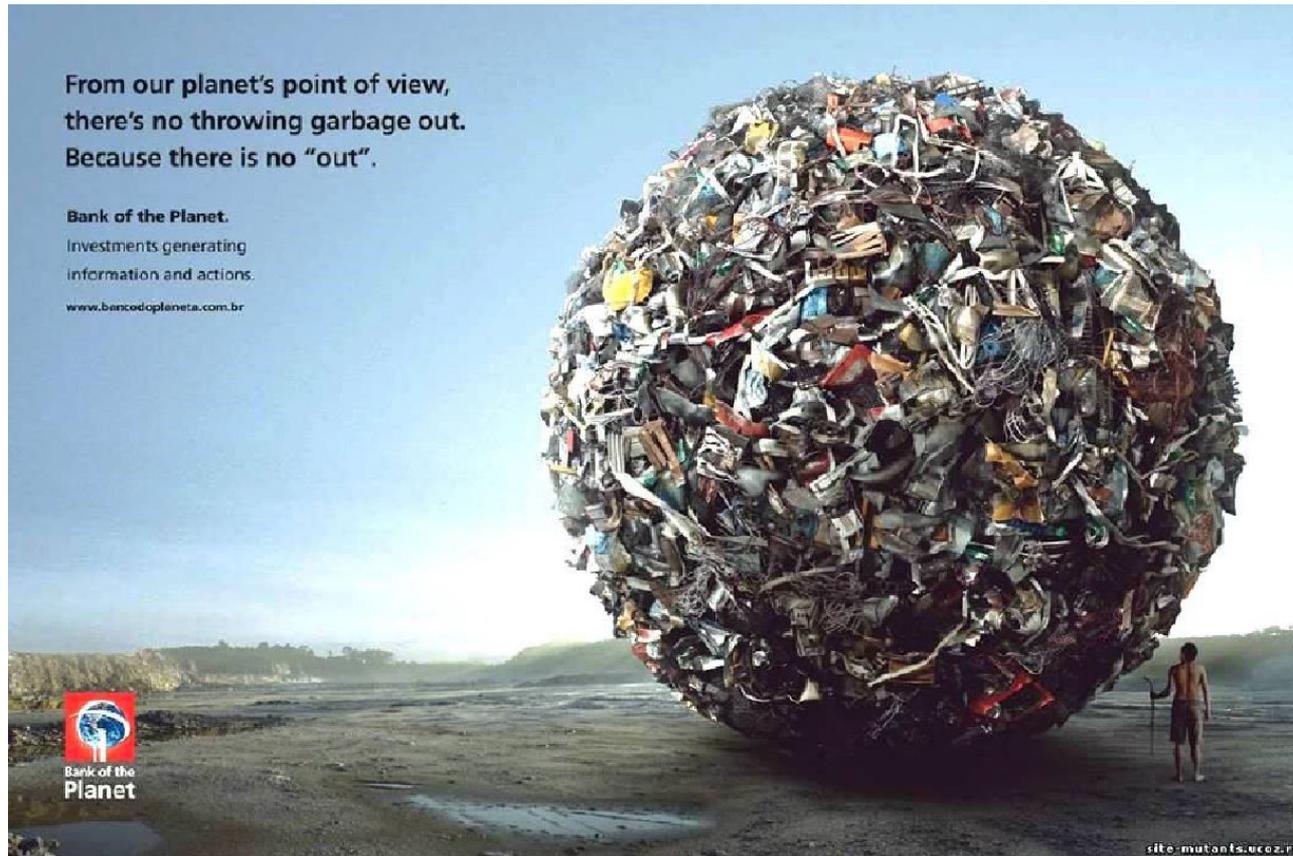
Природоохранные территории

Особо охраняемые природные территории — участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, которые имеют особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, которые изъяты решениями органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен режим особой охраны:

- Государственные природные заповедники (103)
- Национальные парки (49)
- Природные парки
- Государственные природные заказники (59)

В состав находящихся на территории России 11 объектов Всемирного природного наследия из них входят 13 заповедников, 7 национальных парков, 3 федеральных заказника

Проблема отходов



К концу 20 века **в среднем за год на одного человека** извлекалось и перемещалось **50 тонн** сырого вещества с затратами **3 кВт** мощности и **800 тонн** воды

Устойчивость: Биосфера 2

Эксперимент Биосфера 2. Главная задача: выяснить, сможет ли человек жить и работать в замкнутой среде. Финансирование 200 млн. долларов в период 1985–2007 гг. Основа эксперимента — сооружение, построенное компанией «Space Biosphere Ventures» и миллиардером Эдвардом Бассом в пустыне Сонора, имитирующее замкнутую экологическую систему.



Этапе «Миссия 1», 1991–3 гг. участвовало 8 чел., прерван - уровень кислорода упал до опасного уровня.

Этап «Миссия 2», март-сентябрь 1994 г. участвовало 4 чел., прерван из-за организационно-финансовых проблем.

Предел экологических действий?



Масштаб и темп экологических угроз определяется ростом населения Земли

Общее число родившихся на Земле за всю ее историю Number of people ever born	108,470,690,115
Численность населения в 2017 World population in mid-2017	7,536,000,000
Доля живущих в 2017 от общего числа когда-либо родившихся за всю историю Percent of those ever born who are living in 2017	6.9%