

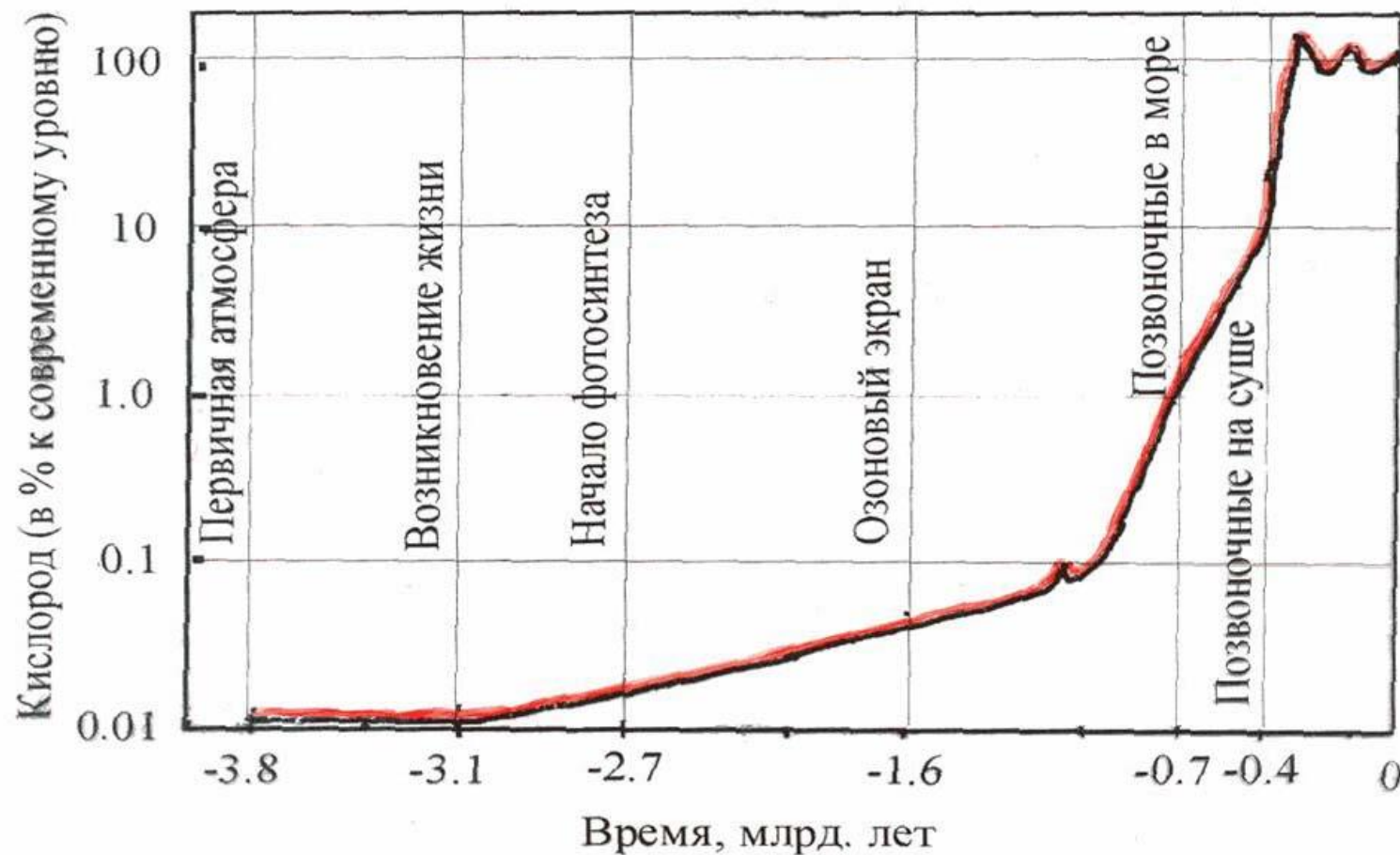
Глобальная экология и глобальная безопасность

Лекция 7. Рост численности населения Земли и его возможные ограничения

(С) Аржанников А. В.

- Зарождение и развитие человечества
- Рост народонаселения от возникновения человеческой общности
- Демографический переход
- Первичная продукция биосферы и ее распределение по экосистемам
- Производство продуктов питания и водные ресурсы
- Феноменологическая модель численности населения
- Об устойчивости развития человечества на данном этапе

Изменение содержания кислорода в атмосфере в ходе геологической истории



Состав первичной атмосферы: водород, аммиак, водяные пары, метан, углекислый газ.

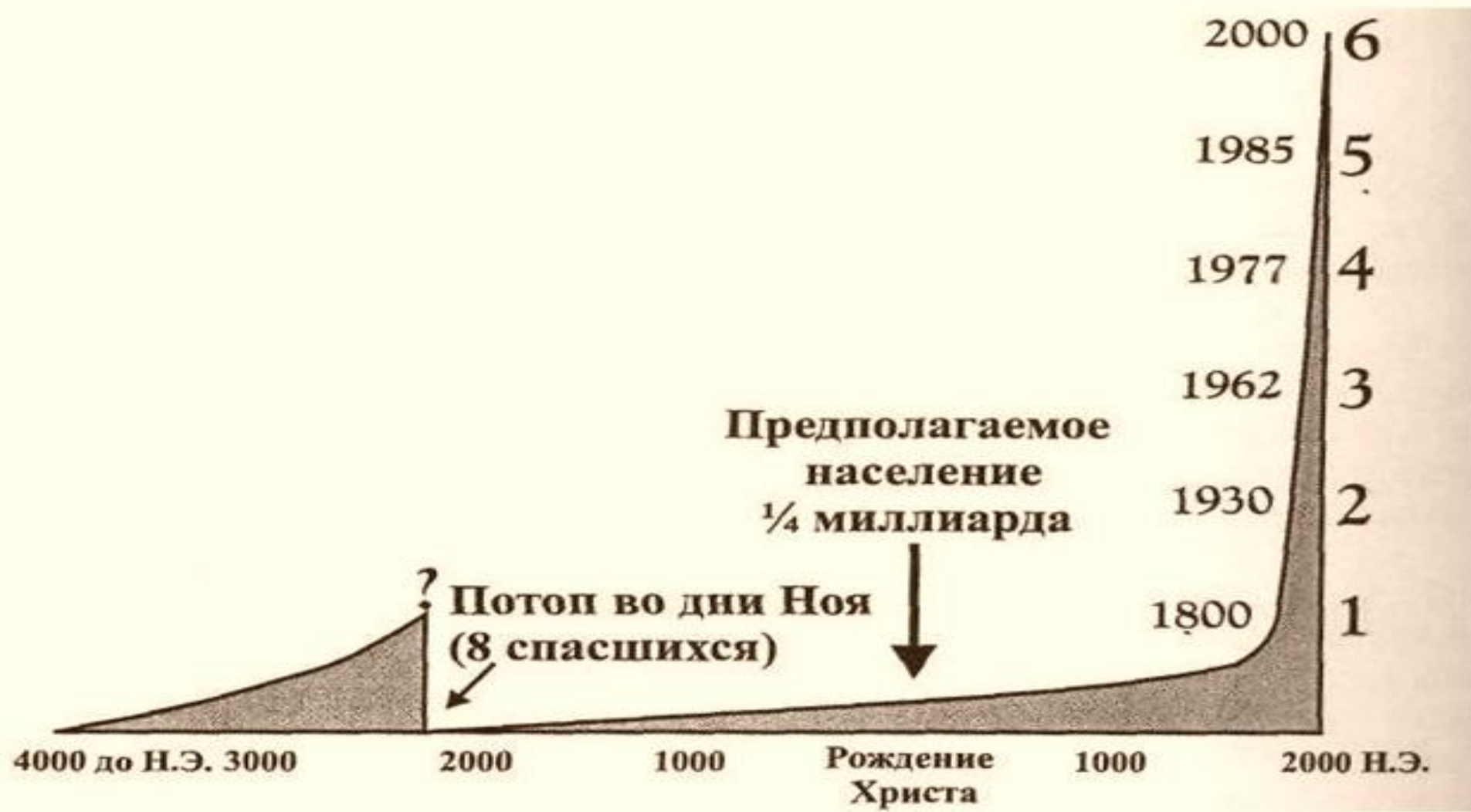
Развитие человеческой популяции

Таблица 4. Развитие человечества в логарифмическом масштабе. Оледенения: 1 — Вюрм 10–54 тыс. лет, 2 — Рисс 200–250 тыс. лет, 3 — Миндель 400–500 тыс. лет, 4 — Гюнц 600–800 тыс. лет, 5 — Дунай 800–2000 тыс. лет. Последние данные указывают на более сложную последовательность оледенений [5]. Заметим, что для далекого прошлого оценки численности известны только по порядку величин, тогда как датировка известна сравнительно лучше.

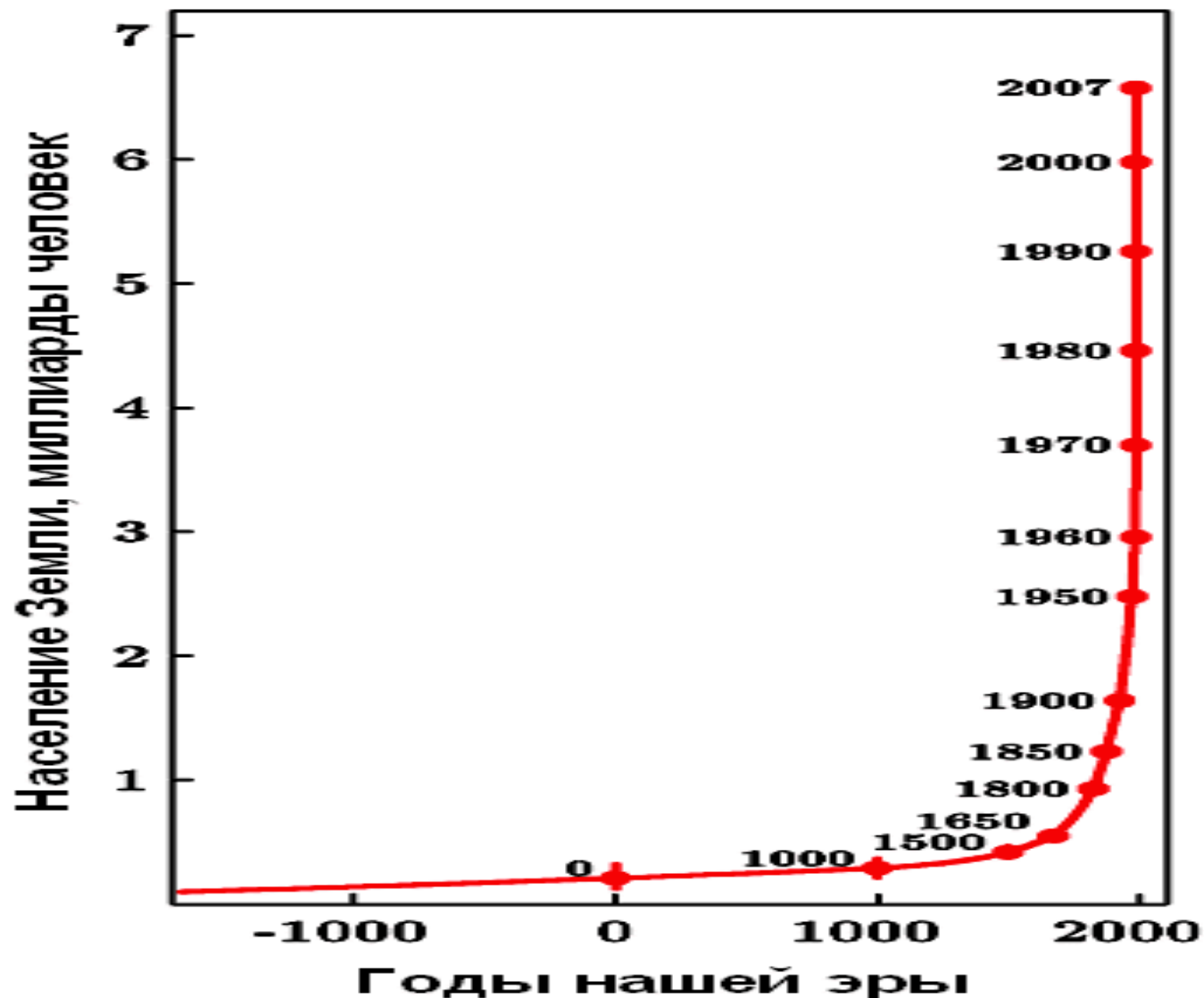
Геология		Демография и антропология							История и техника	
Период	Период оледенения	Эпоха	Век	θ	T (даты)	N	Период	ΔT (годы)		
ГОЛОЦЕН	1	С	ИСТОРИЯ		2175	13×10^9	Стабилизация	125	Переход к 14×10^9 человек, изменение возрастного состава, урбанизация	
					2050	$10,5 \times 10^9$				
					2007	7×10^9	Мировой демографический переход	42		← T_1
				II	1965	$3,5 \times 10^9$		42		
		В		10	1840	Новейшая	125			
				9	1500	10 ⁹	Новая	340		
				8	500 н.э.		Средние века	1000		
				7	2000 до н.э.	10 ⁸	Древний мир	2500	Падение Рима ← Рождение Христово Греция, Будда, письменность	
				КАМЕННЫЙ ВЕК	6	*9000 до н.э.		Неолит	7000	Египет, Китай, Индия Одомашнивание животных Керамика, бронза микролиты
					5	29000	10 ⁷	Мезолит	20000	Заселение Америки
4	80000		Мустье		51000	<i>Homo Sapiens</i> речь, овладение огнем				
3	220000	10 ⁶	Ашель		140000					
2	600000		Шелль		380000	Заселение Европы, Азии				
ПЛЕЙСТОЦЕН	2 3 4 5			1	1600000	10 ⁵	Олдувай	1000000	Рубила <i>Homo Habilis</i>	
				0	4400000	(1)		2800000	Отделение гоминид от гоминоидов в Африке	

Рост численности населения на Земном шаре

creation.xpictoc.com



Рост населения Земного шара в новейшей истории



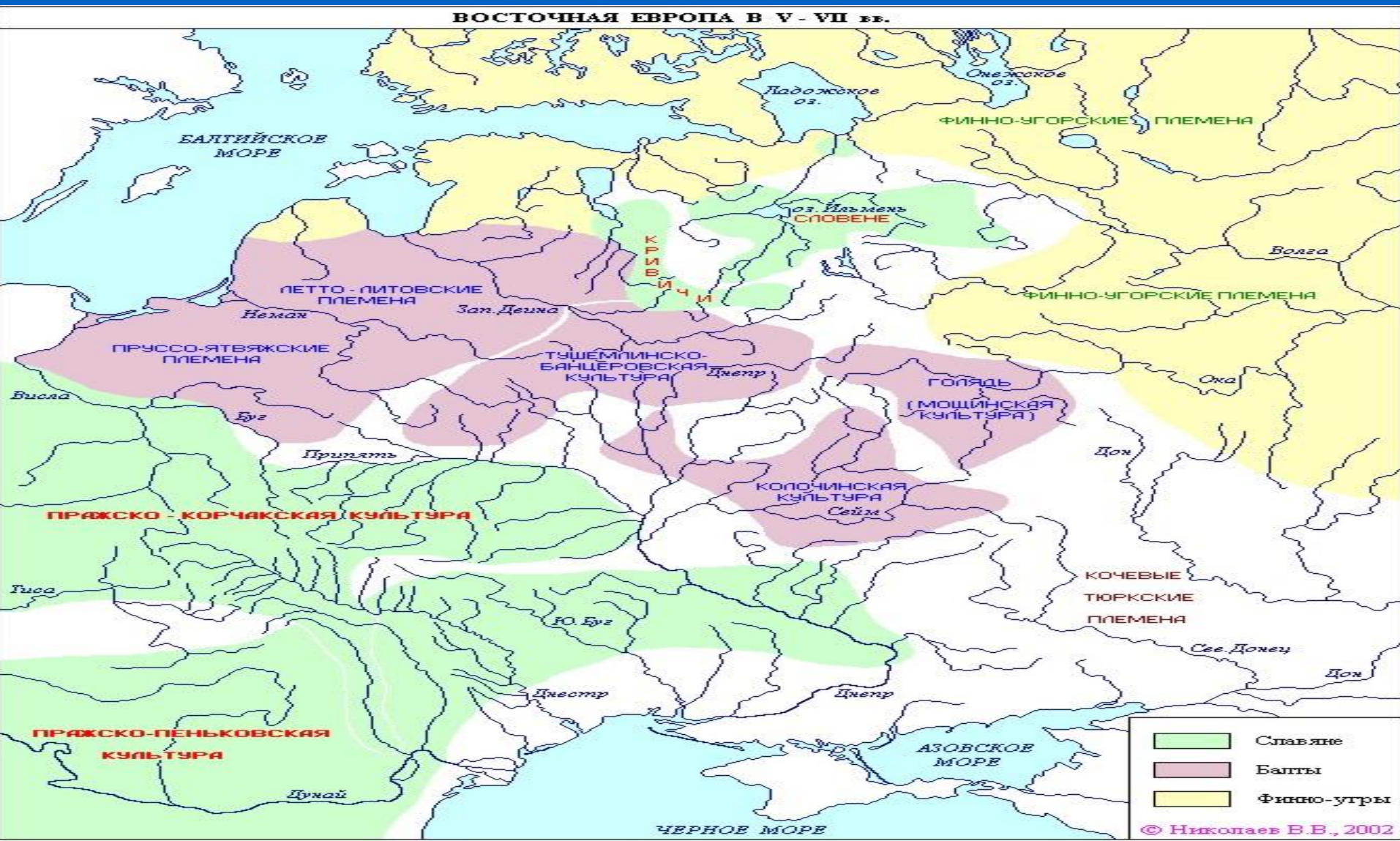
Масштабы перемешивания этносов евразийского континента

Движения этносов с востока на запад

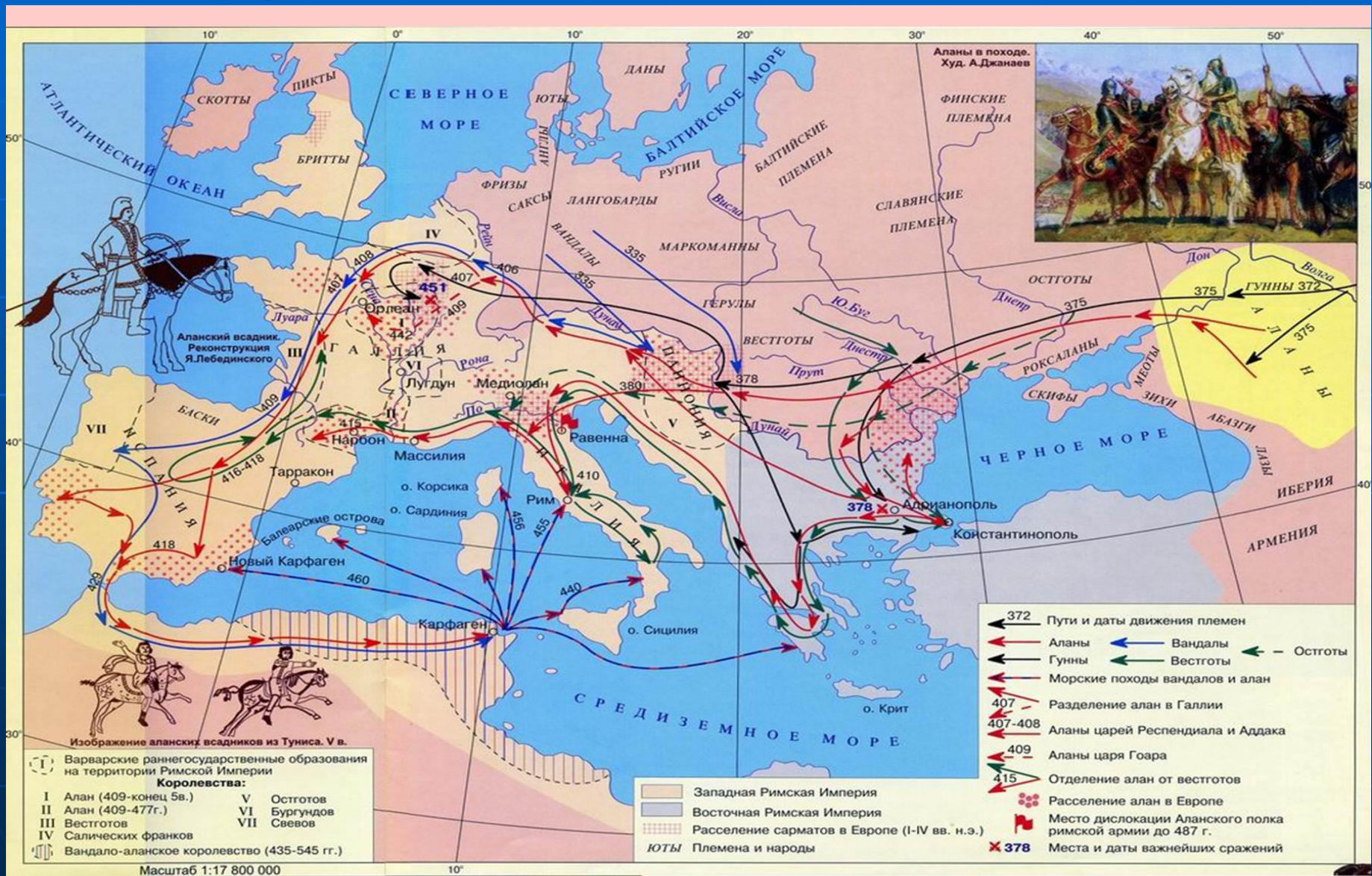
Экспансия Хунну: 2-ой век СЭ –
5-ый НЭ



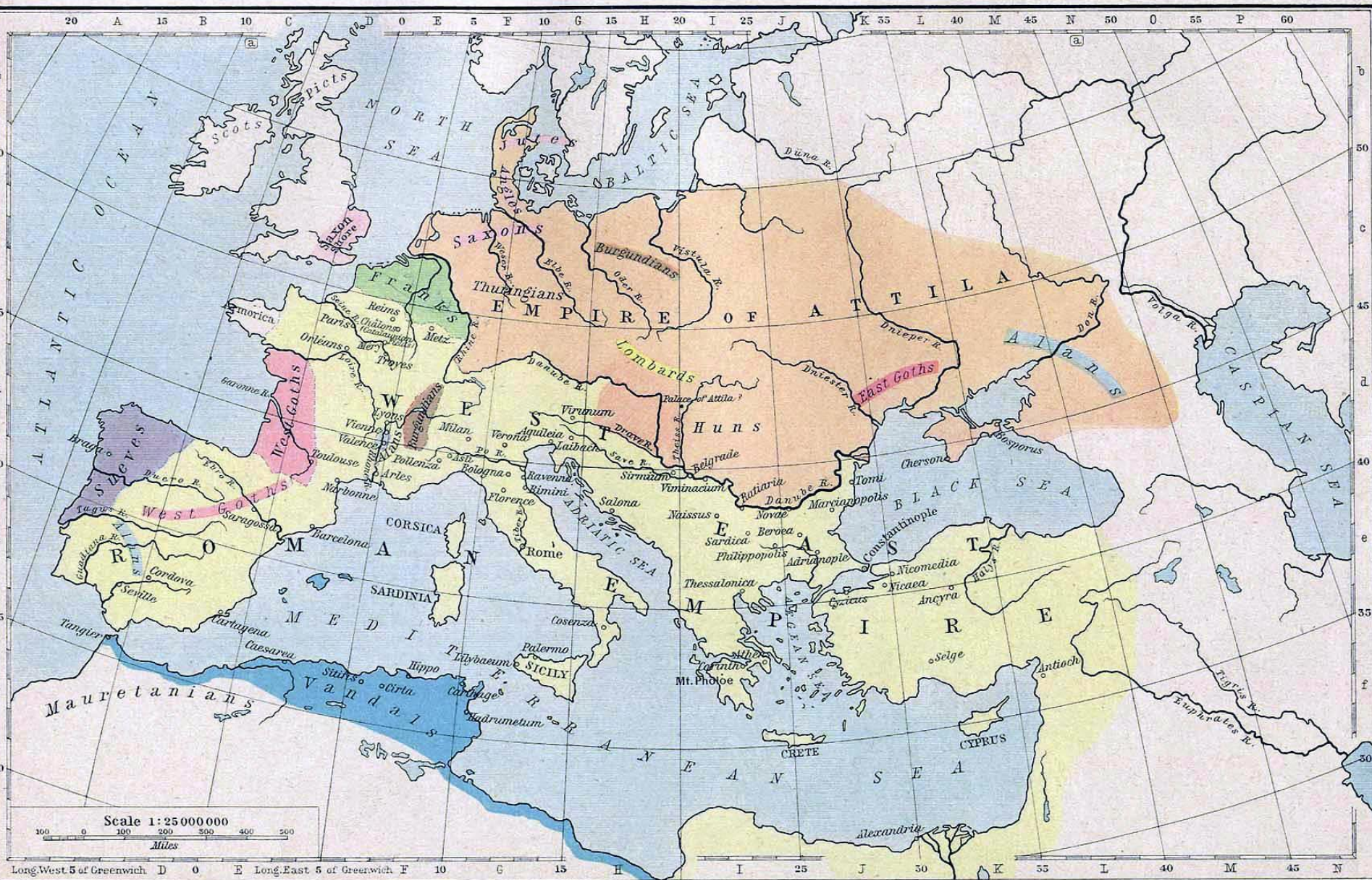
Картина распространения этносов в Восточной Европе (5 - 6 века НЭ)



Завоевания гуннов и аланов на рубеже 4 – 5 го веков НЭ



Империя Атиллы (5-ый век НЭ)



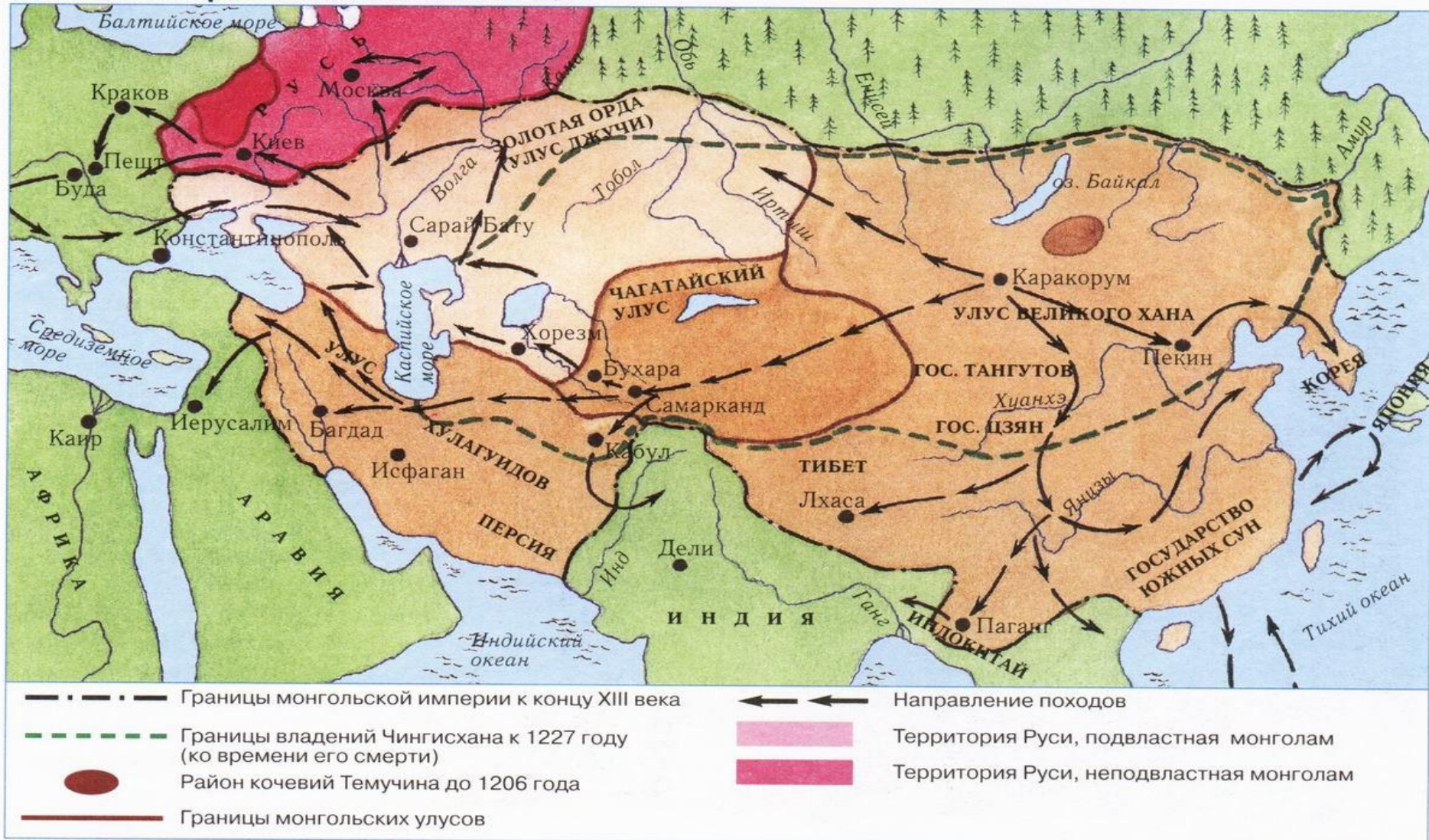
Завоевания Чингисхана и его сыновей

МОНГОЛЬСКИЕ ЗАВОЕВАНИЯ В XIII ВЕКЕ



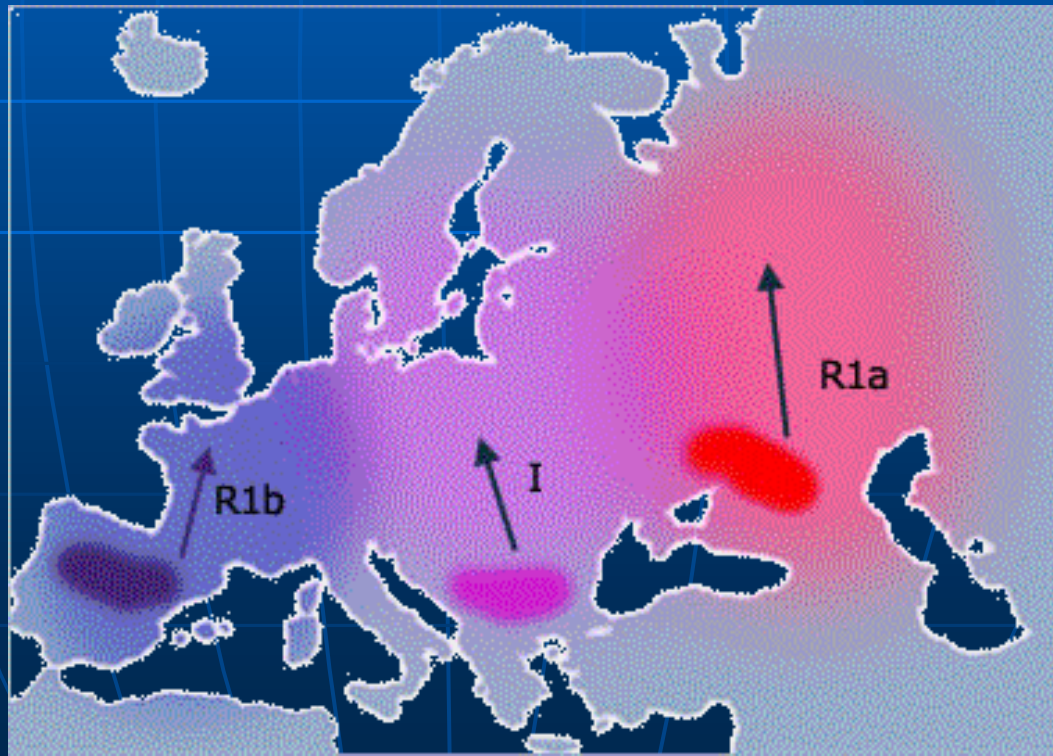
Империя Чингисхана (Тэмуджина) в 13-ом веке

Монголо-татарские завоевания. XIII век

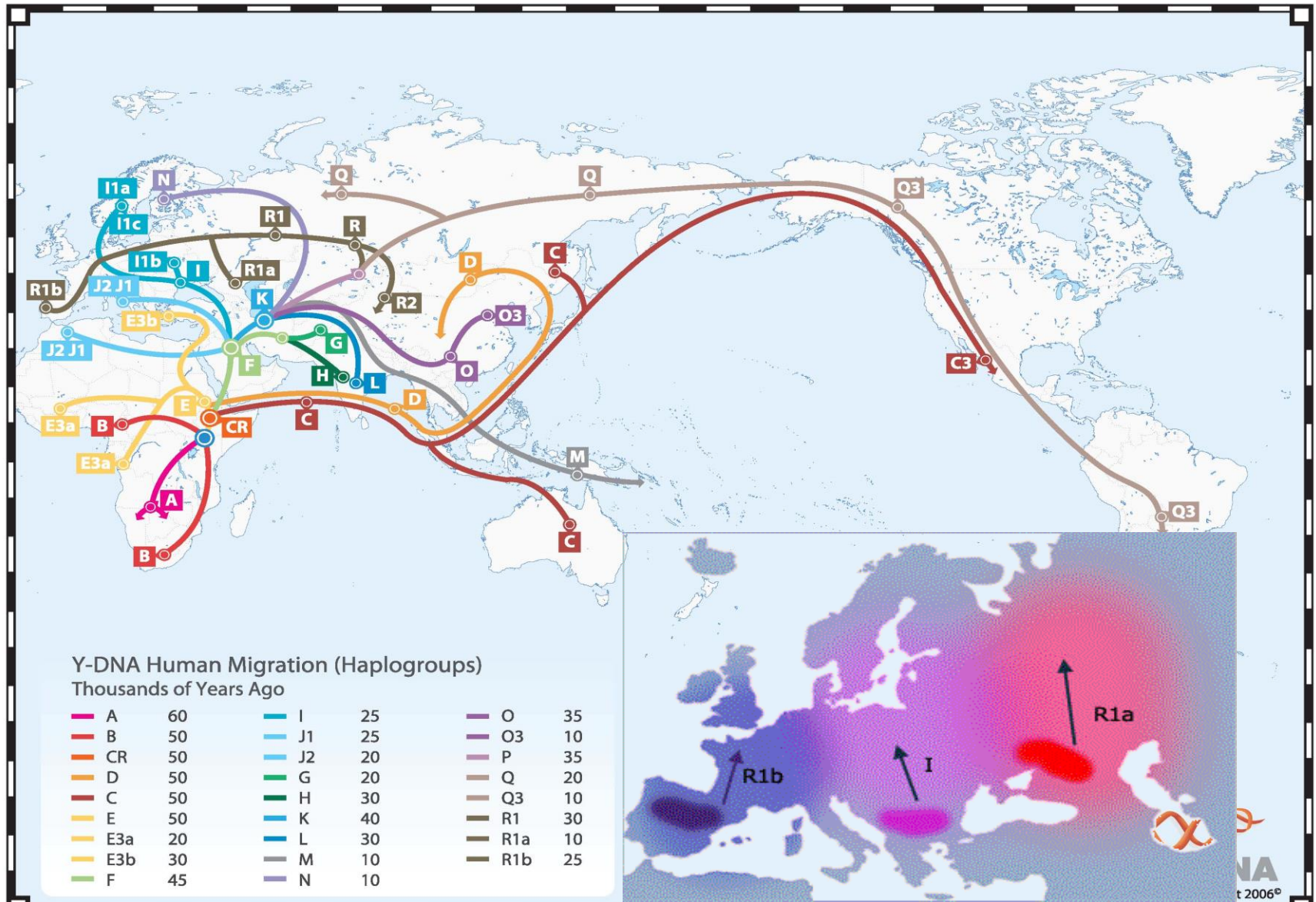


Распространение популяции человека .

Генетическая общность людей в
различных регионах евразийского
континента



Распространение популяции человека

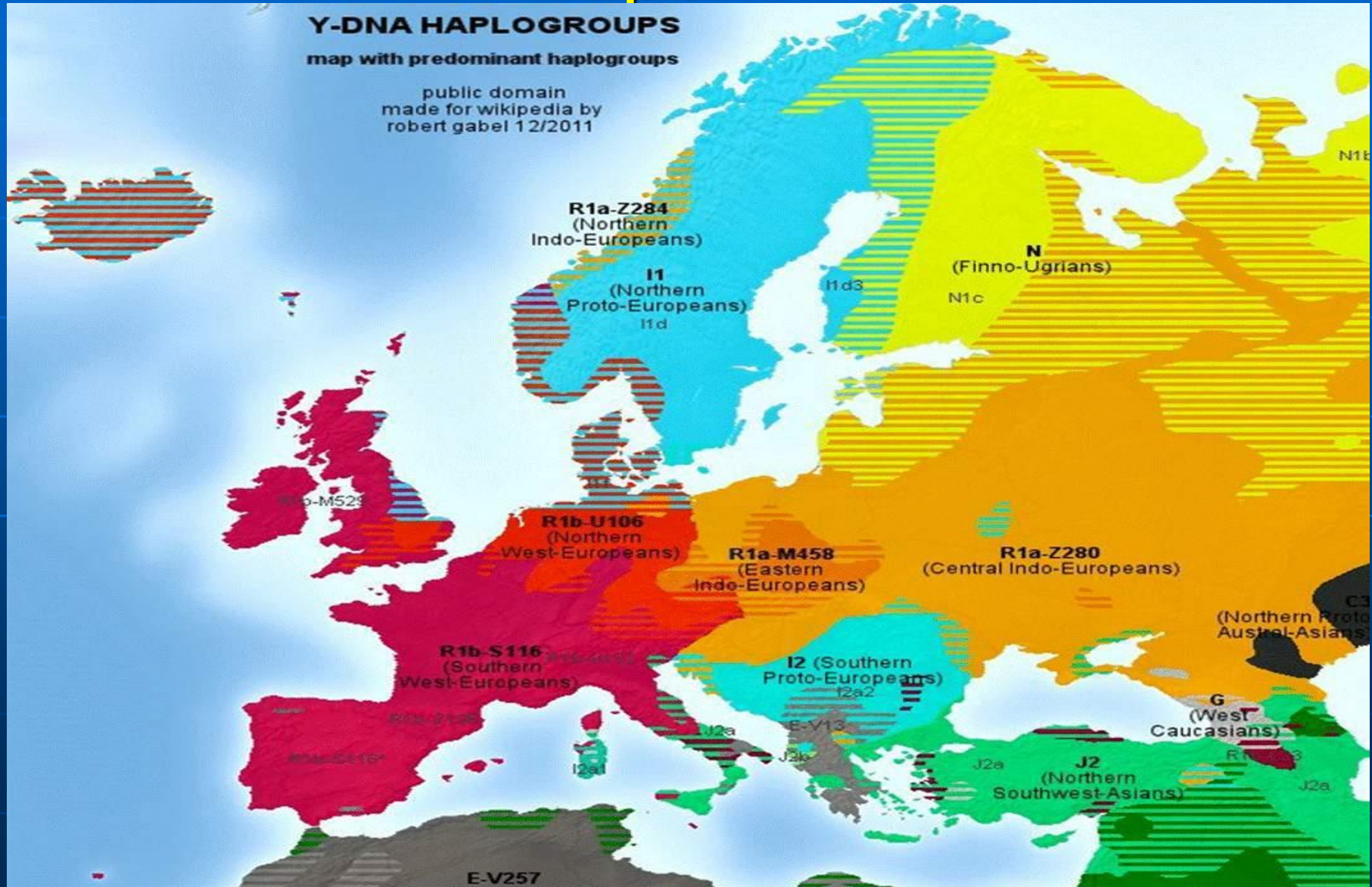


Генетическая общность этносов Европы

Y-DNA HAPLOGROUPS

map with predominant haplogroups

public domain
made for wikipedia by
robert gabel 12/2011



Генетическая общность этносов Европы

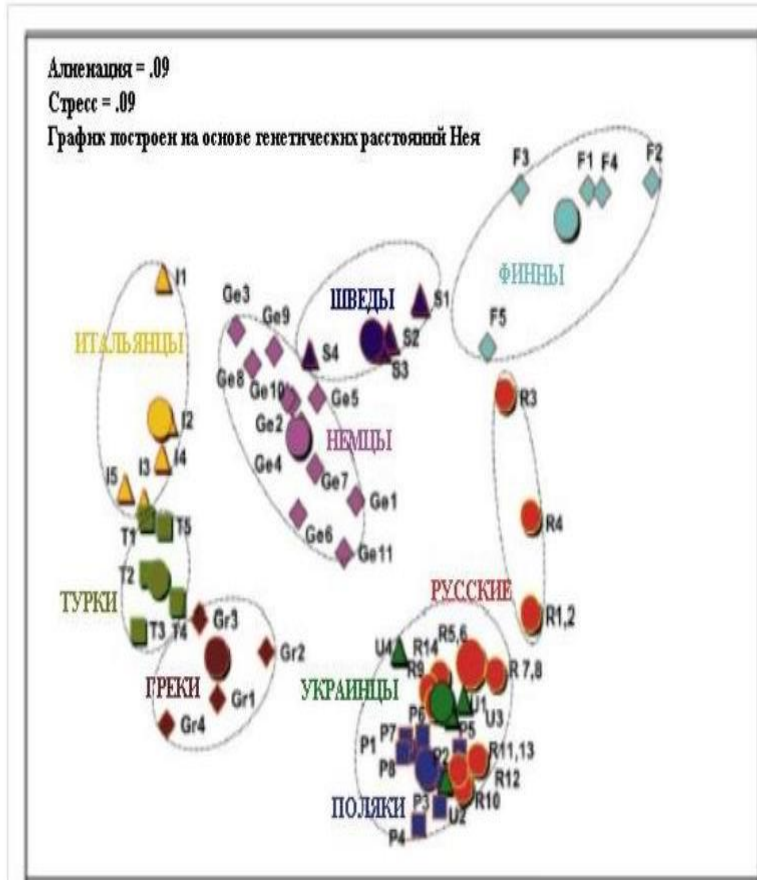
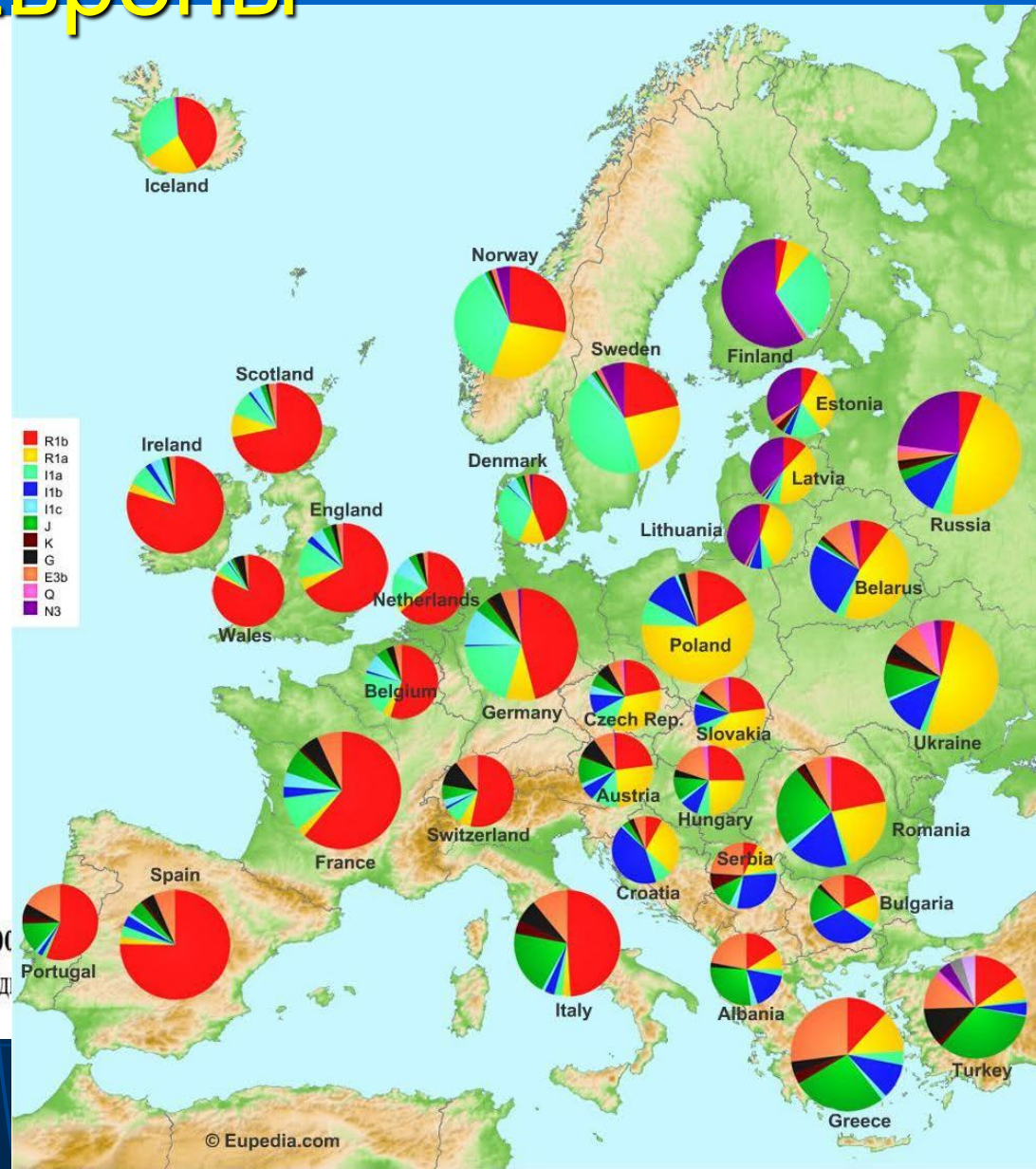


Рис.2. Генетические взаимоотношения европейских популяций по Y-хромосоме. Популяции, относящиеся к одному народу, показаны однотипными значками од



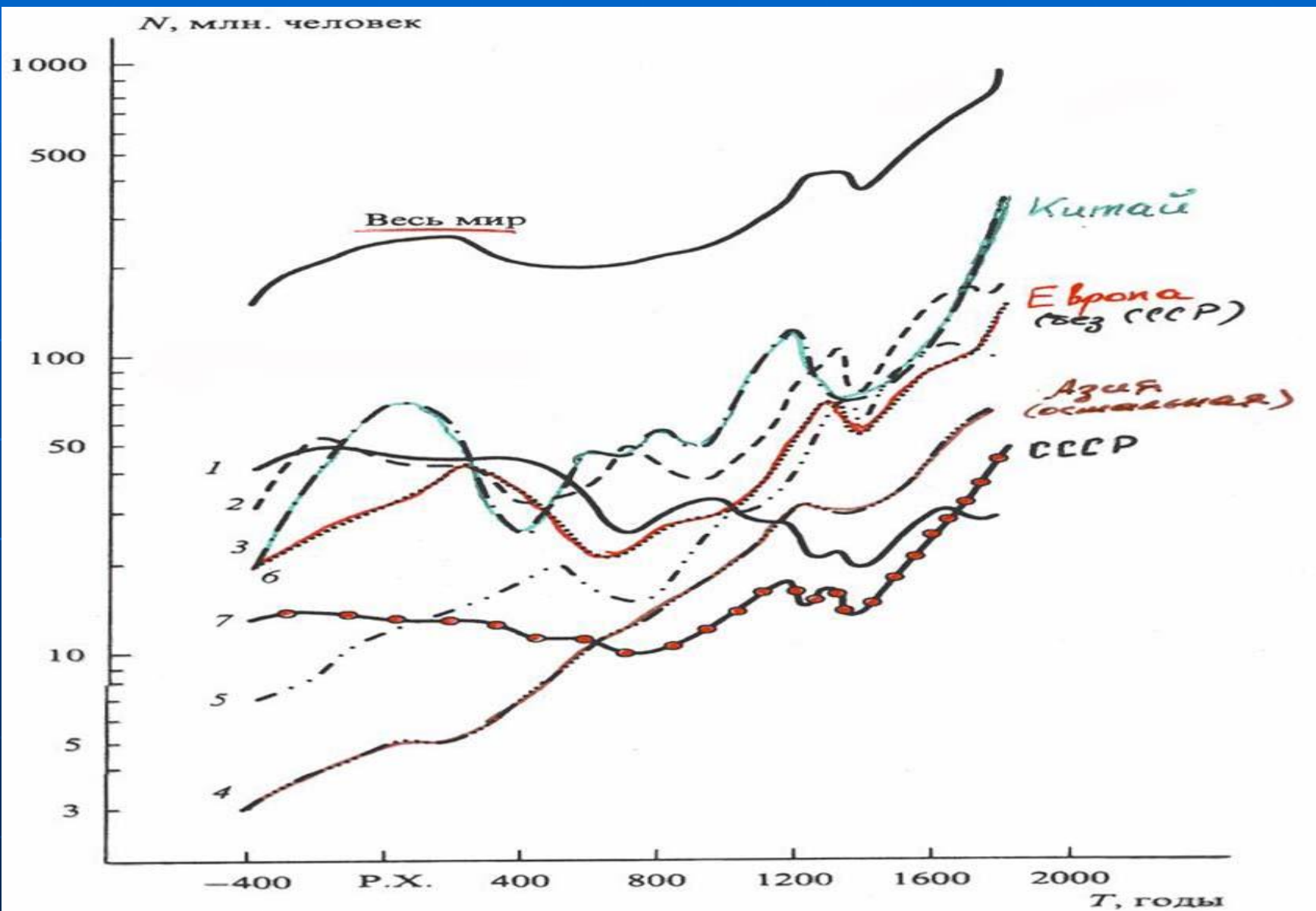
Генетическая общность алтайских этносов



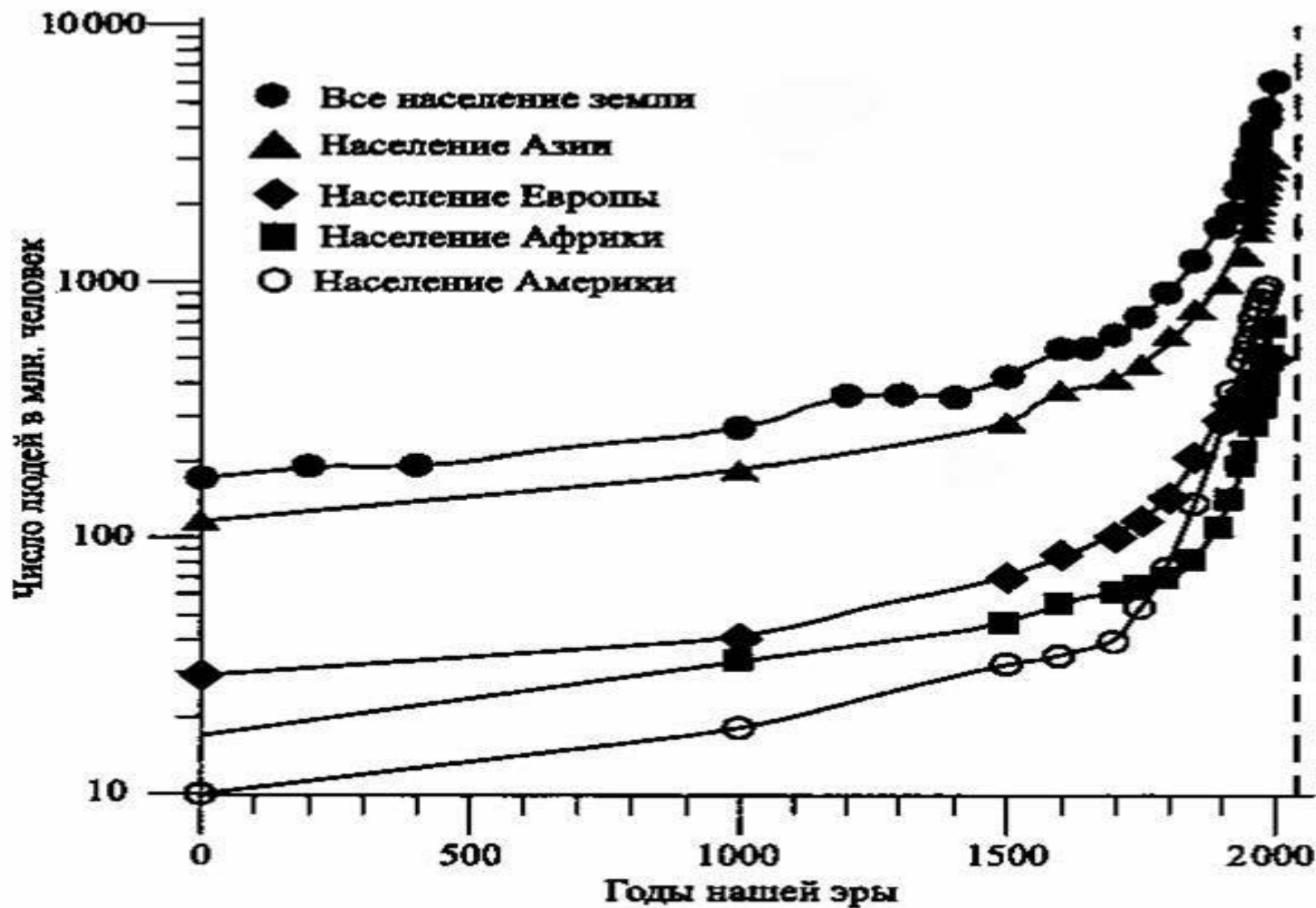
Balaganskaya O.A. Полиморфизм Y-хромосомы у тюркоязычного населения Алтая, Саян, Тянь-Шаня и Памира в контексте взаимодействия генофондов Западной и Восточной Евразии // Автореферат кандидатской диссертации по биологическим наукам. М., МГНЦ РАМН, 2011. С.10. Nations.narod.ru (с)

Рост населения Земного шара

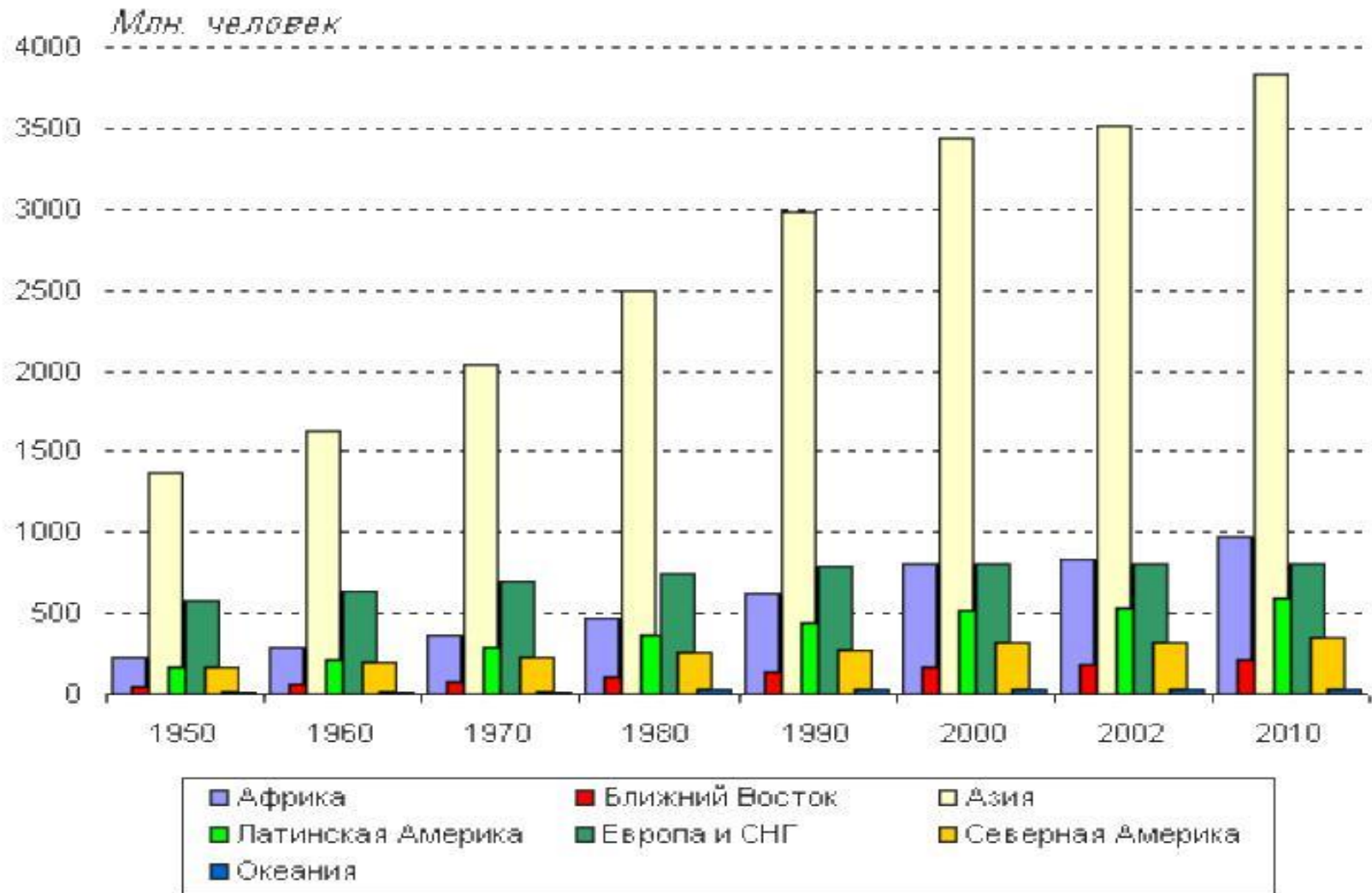
Рост населения Евразии



Рост численности населения в нашей эре



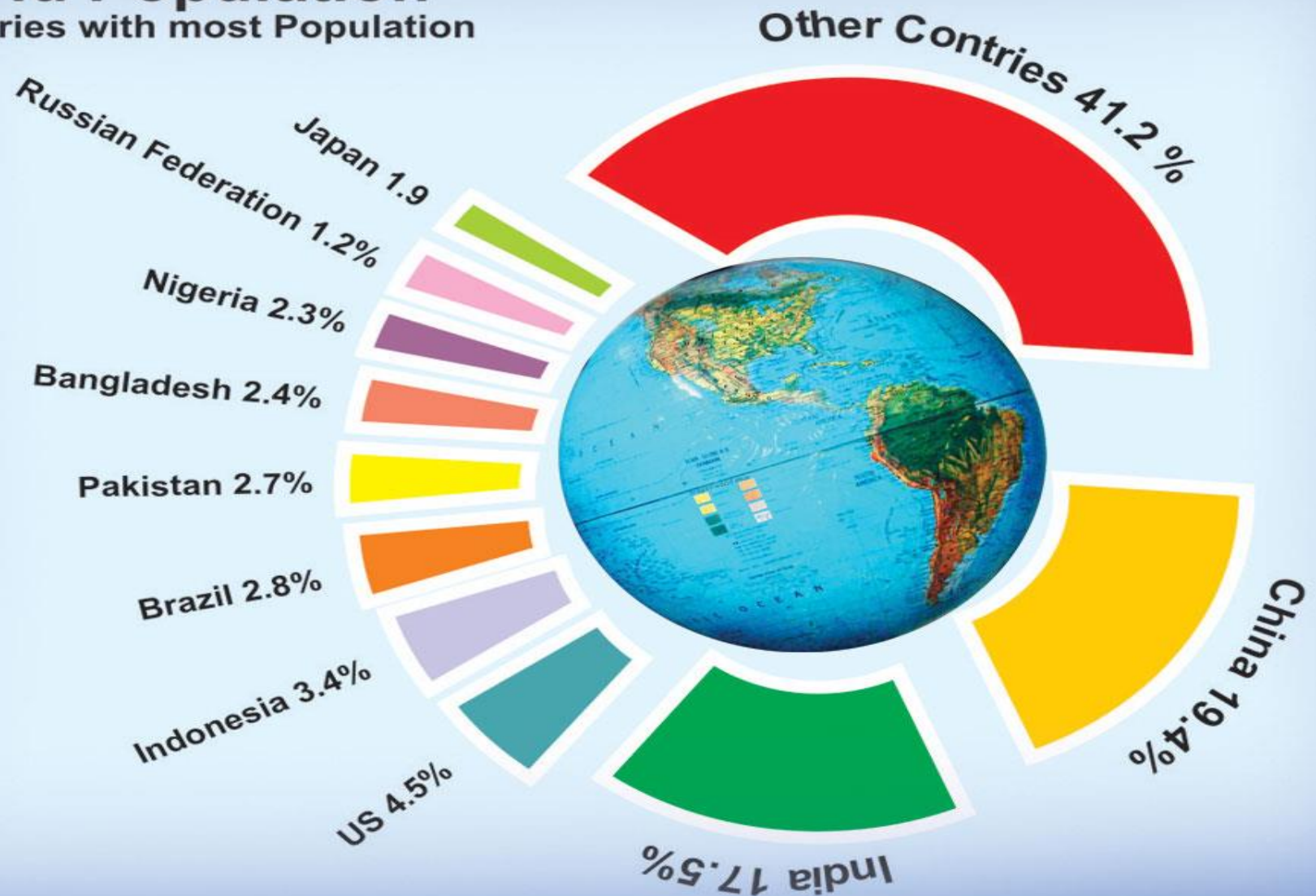
Вклад различных материков в рост численности населения на Земле



Доля населения различных стран в численности населения на Земле

World Population

Countries with most Population



Распределение плотности населения по континентам

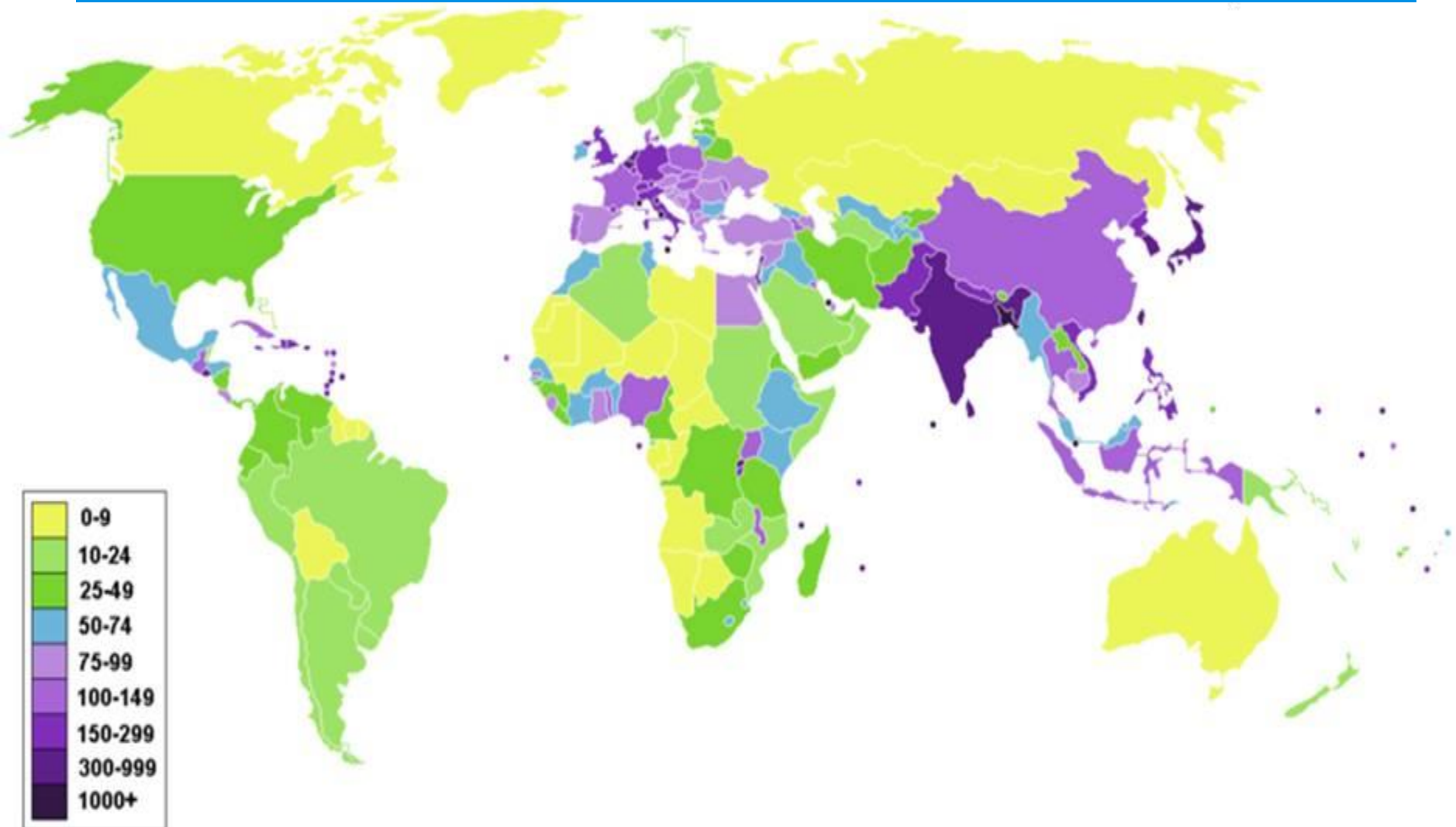
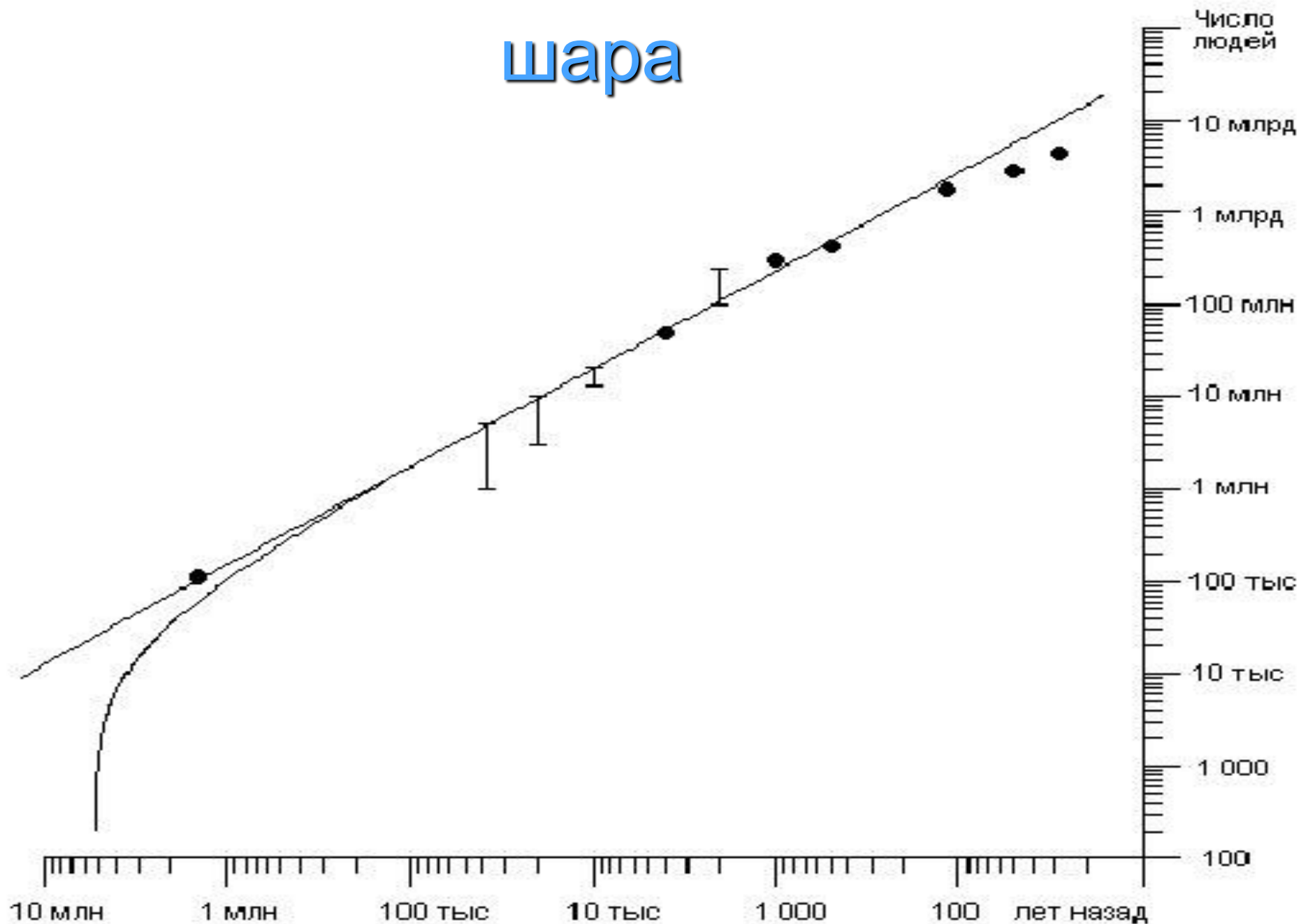


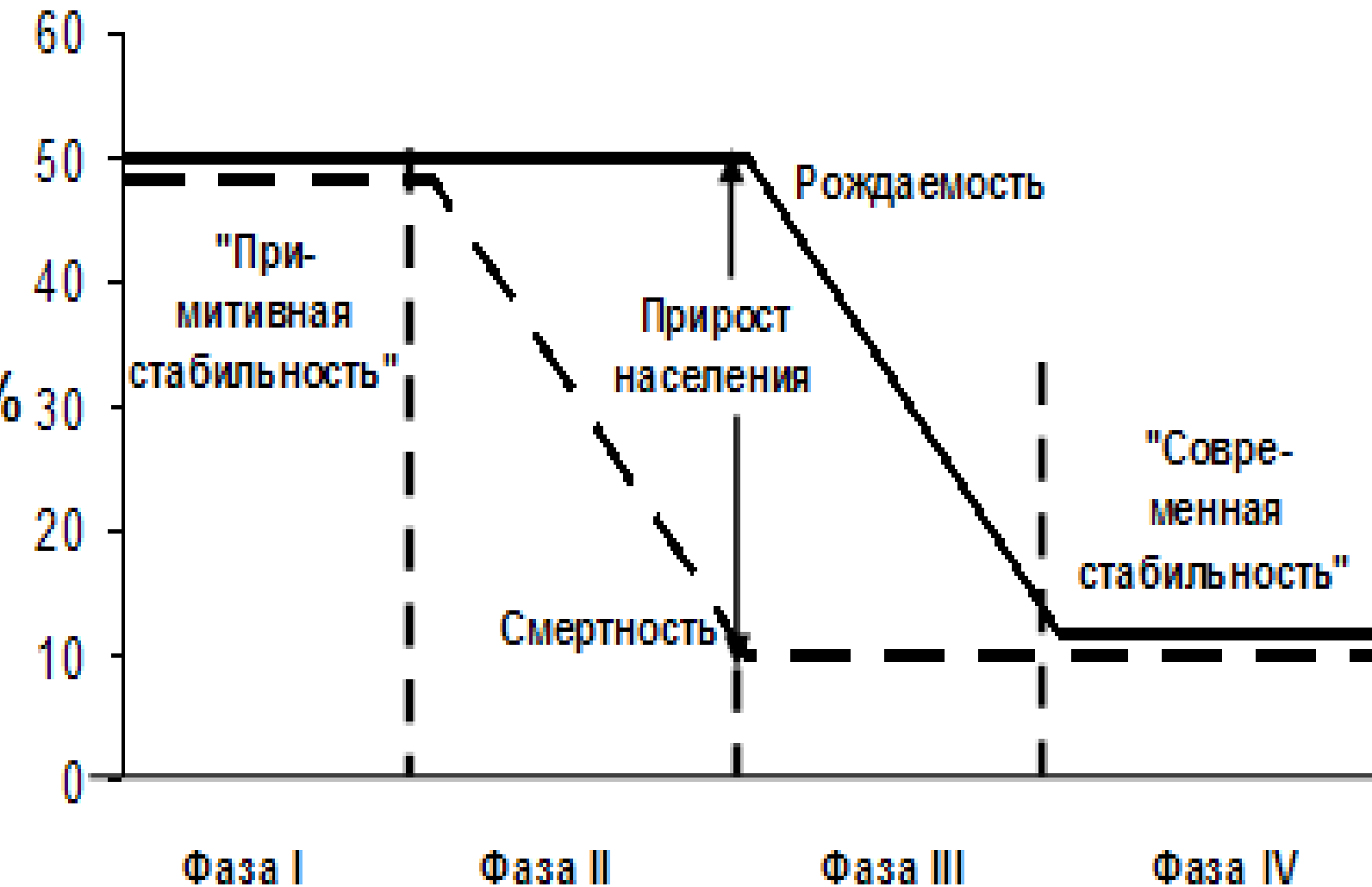
Таблица 19 ПЛОТНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ПО РЕГИОНАМ МИРА

Регионы мира	Плотность населения (чел./км ²)
Мир в целом	40
Зарубежная Азия	105
Зарубежная Европа	90
Африка	22
Латинская Америка	21
США и Канада	15
Россия	9
Австралия и Океания	2

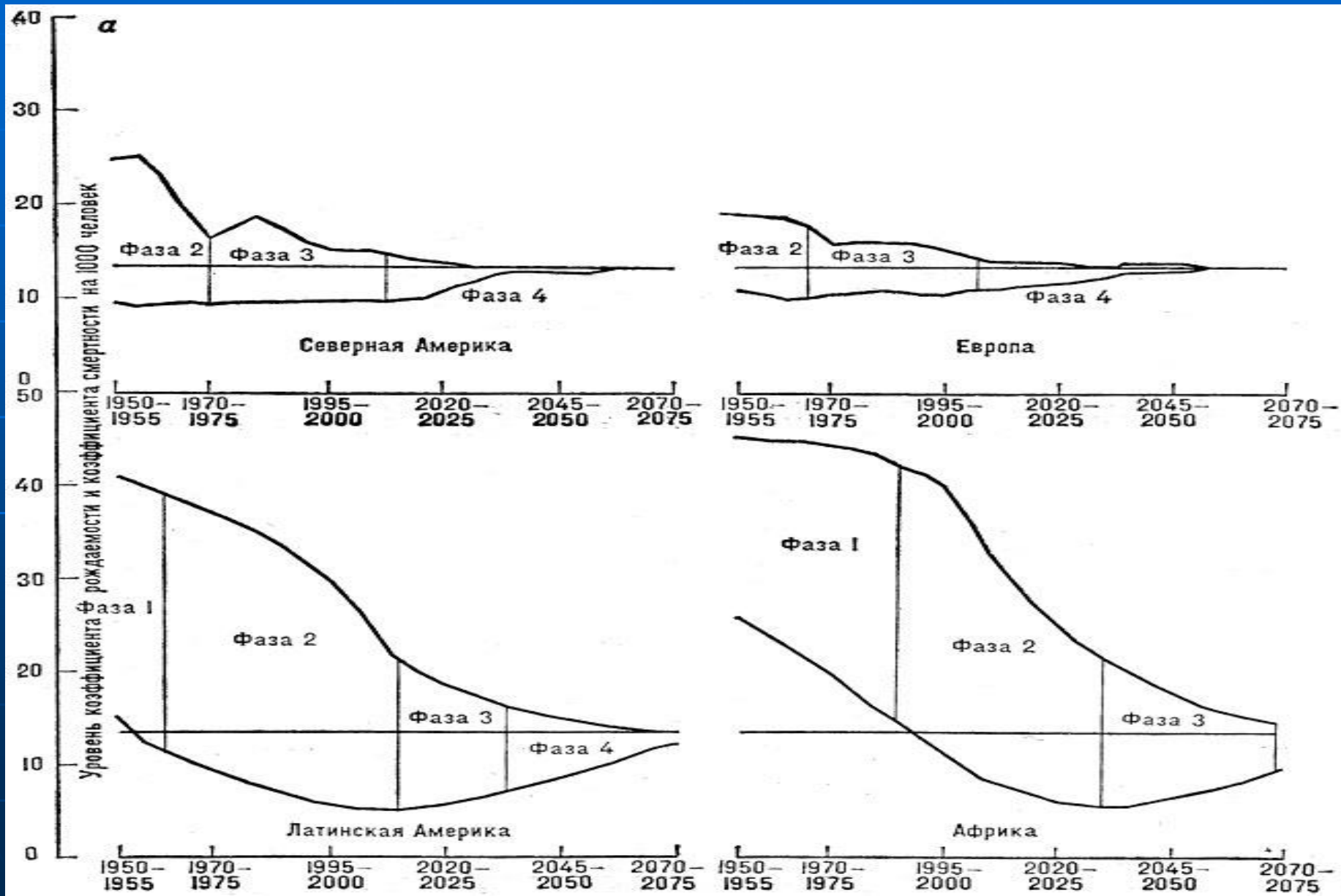
Численность населения Земного шара



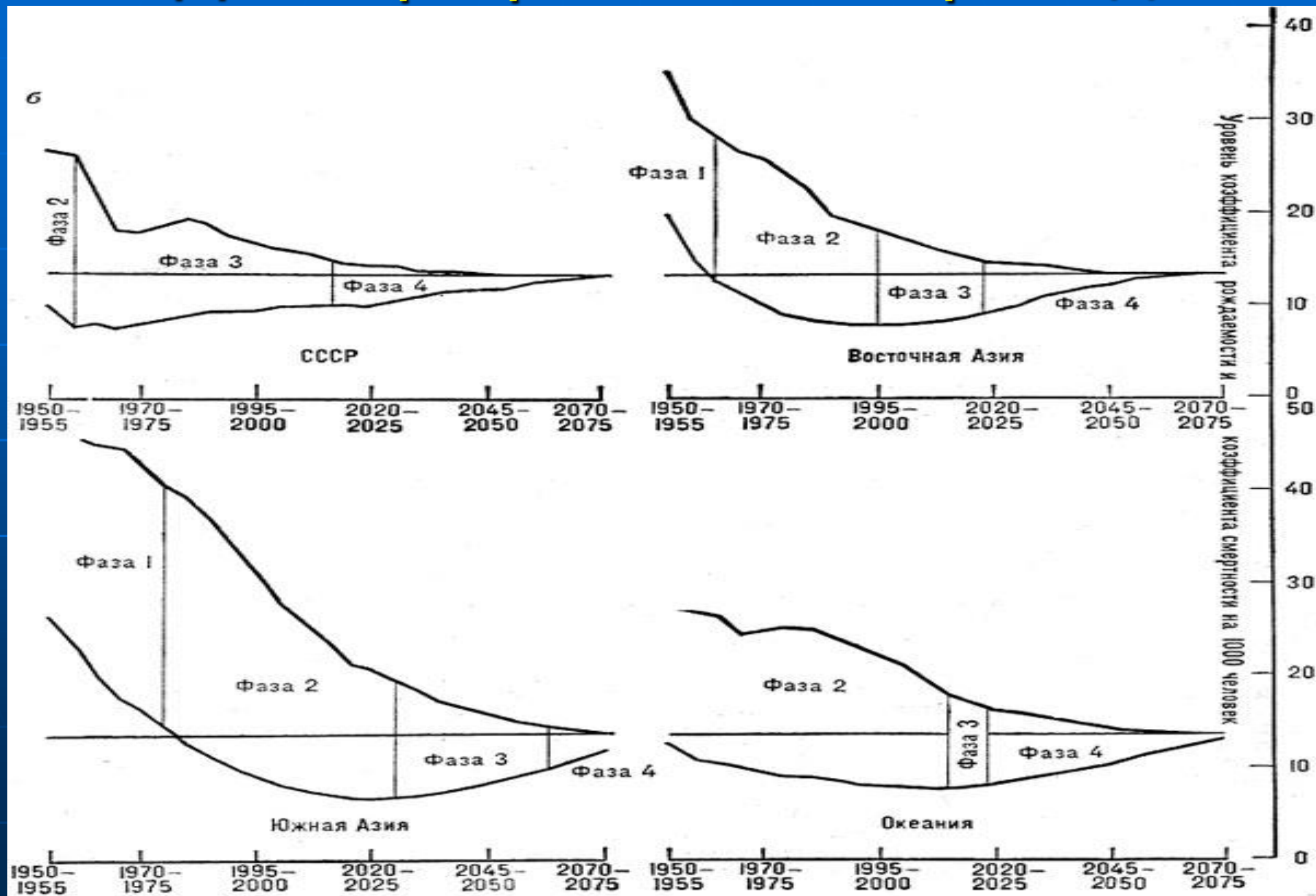
Понятие демографического перехода



Демографический переход

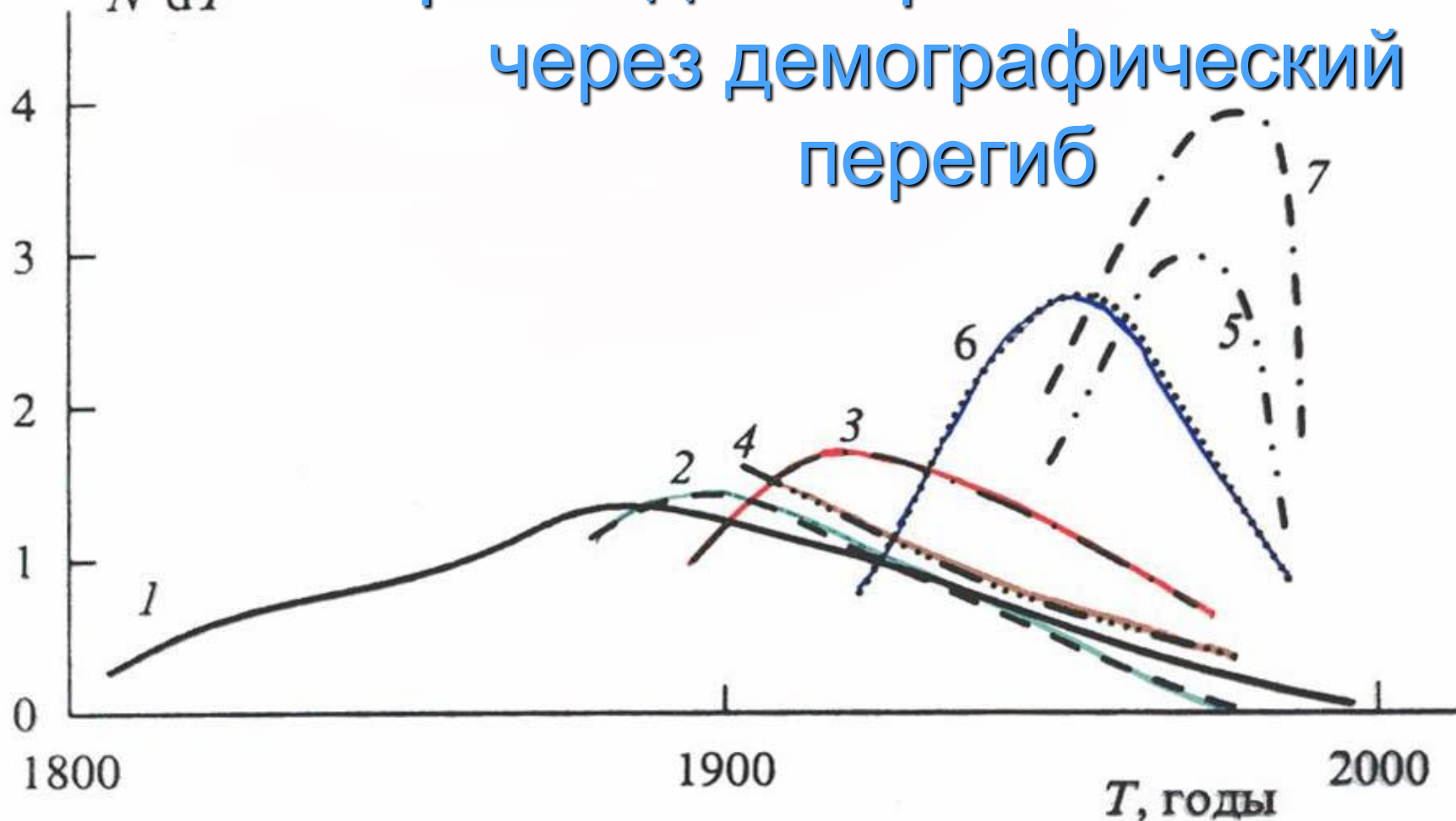


Демографический переход

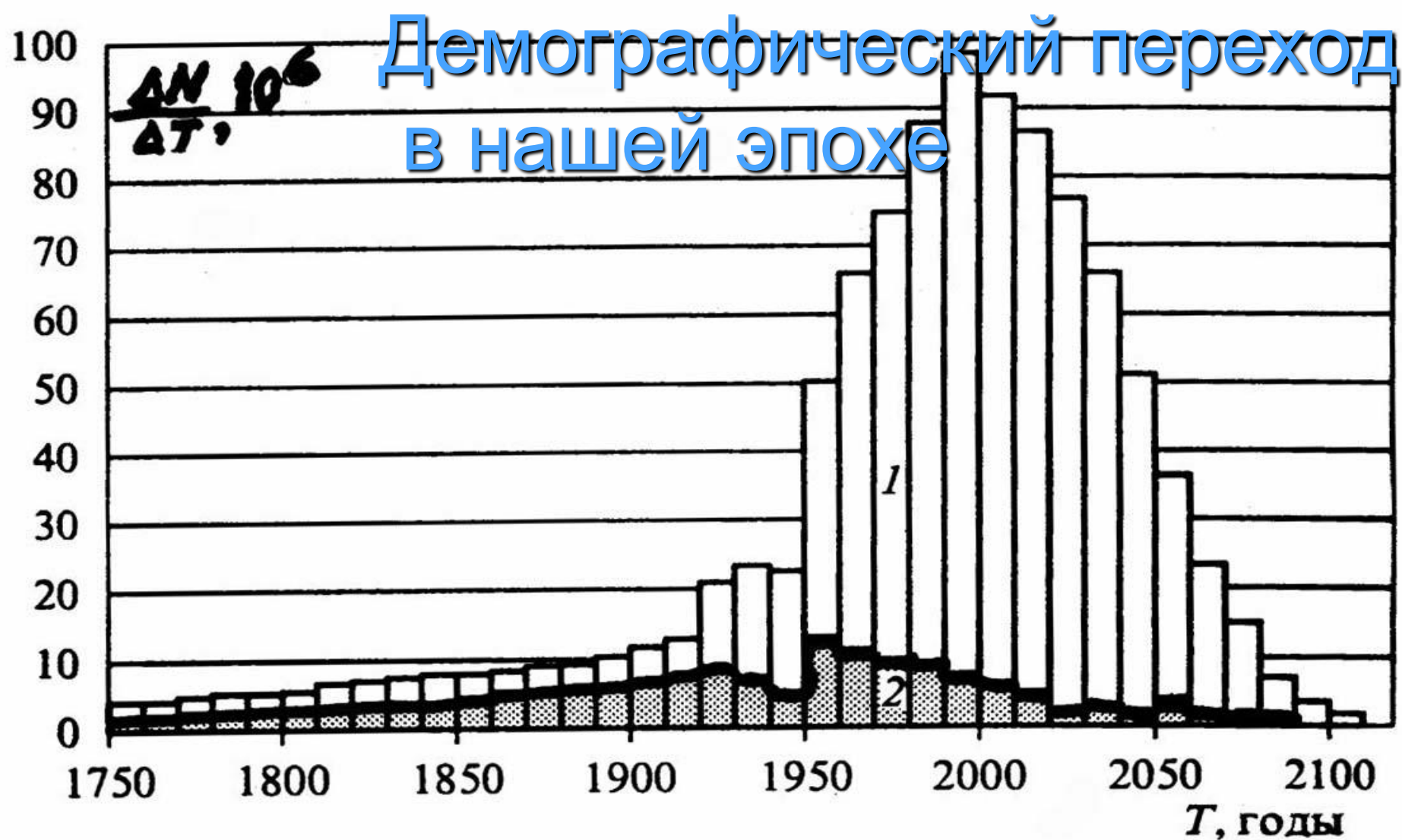


$$\frac{1}{N} \frac{dN}{dT}, \%$$

Прохождение роста населения через демографический перегиб



Прохождение населения стран через демографический переход
 1 — Швеция, 2 — Германия, 3 — СССР, 4 — США, 5 — Маврикий, 6 — Шри Ланка, 7 — Коста Рика



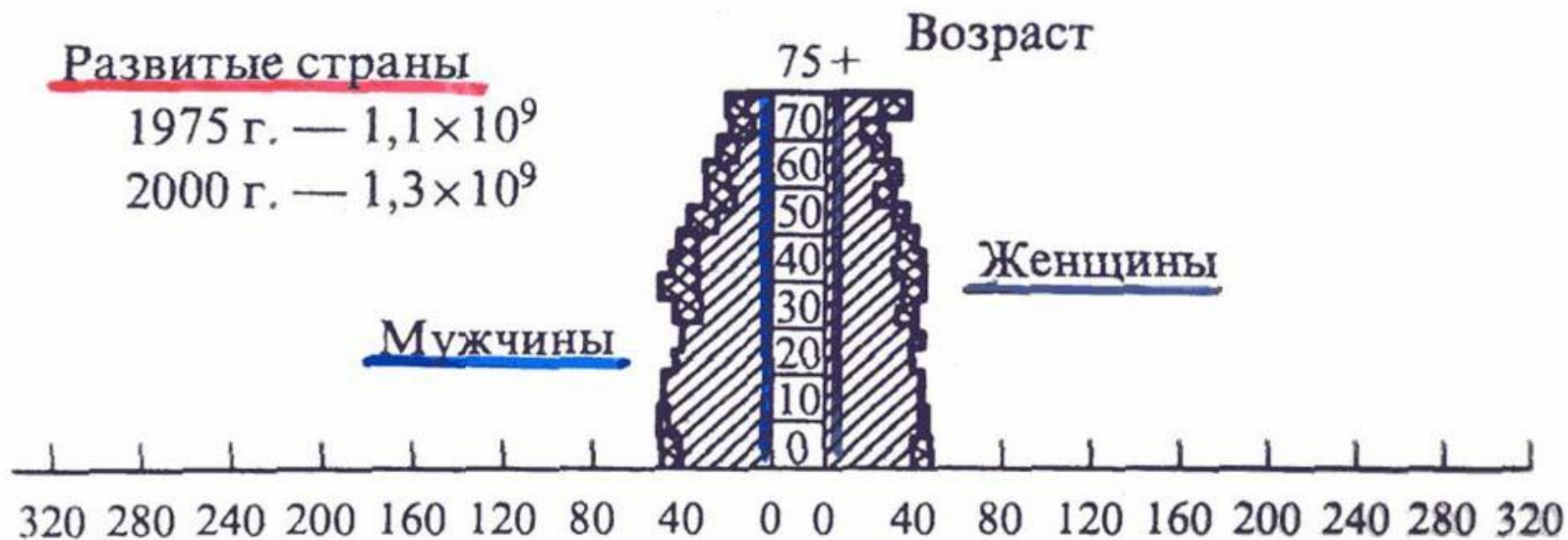
Демографический переход. Прирост населения мира с 1750 г. до 2100 г. осредненный за декады. *1* — развивающиеся, *2* — развитые страны

Состав населения в двух типах стран

Развитые страны

1975 г. — $1,1 \times 10^9$

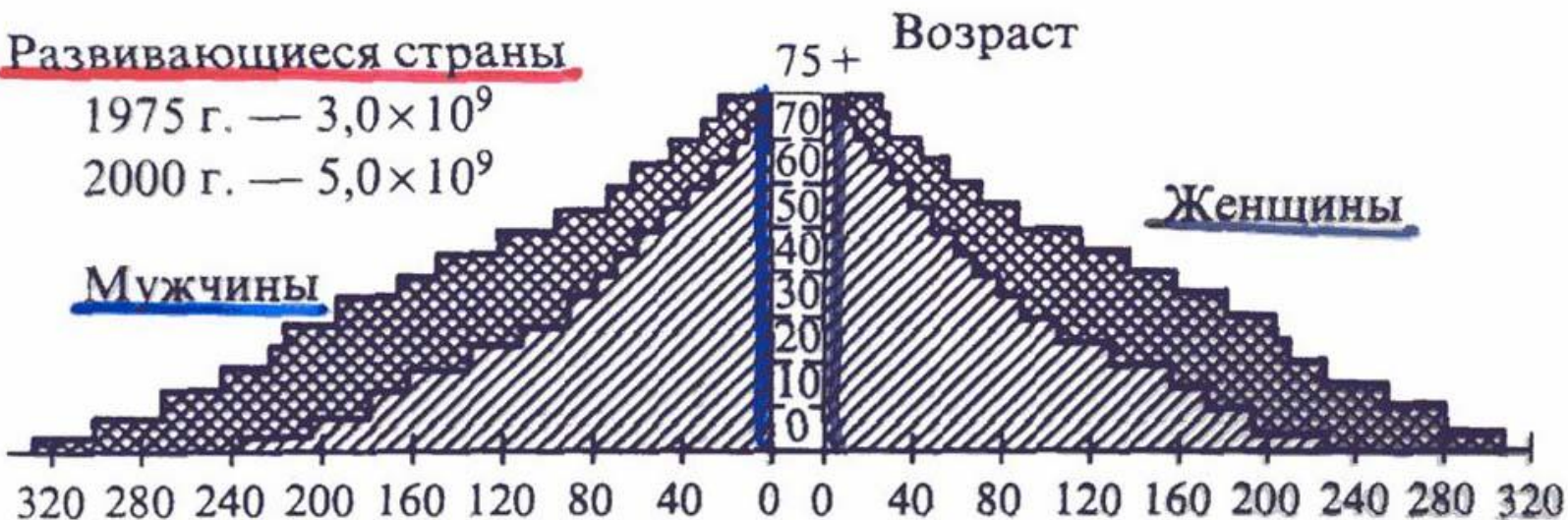
2000 г. — $1,3 \times 10^9$



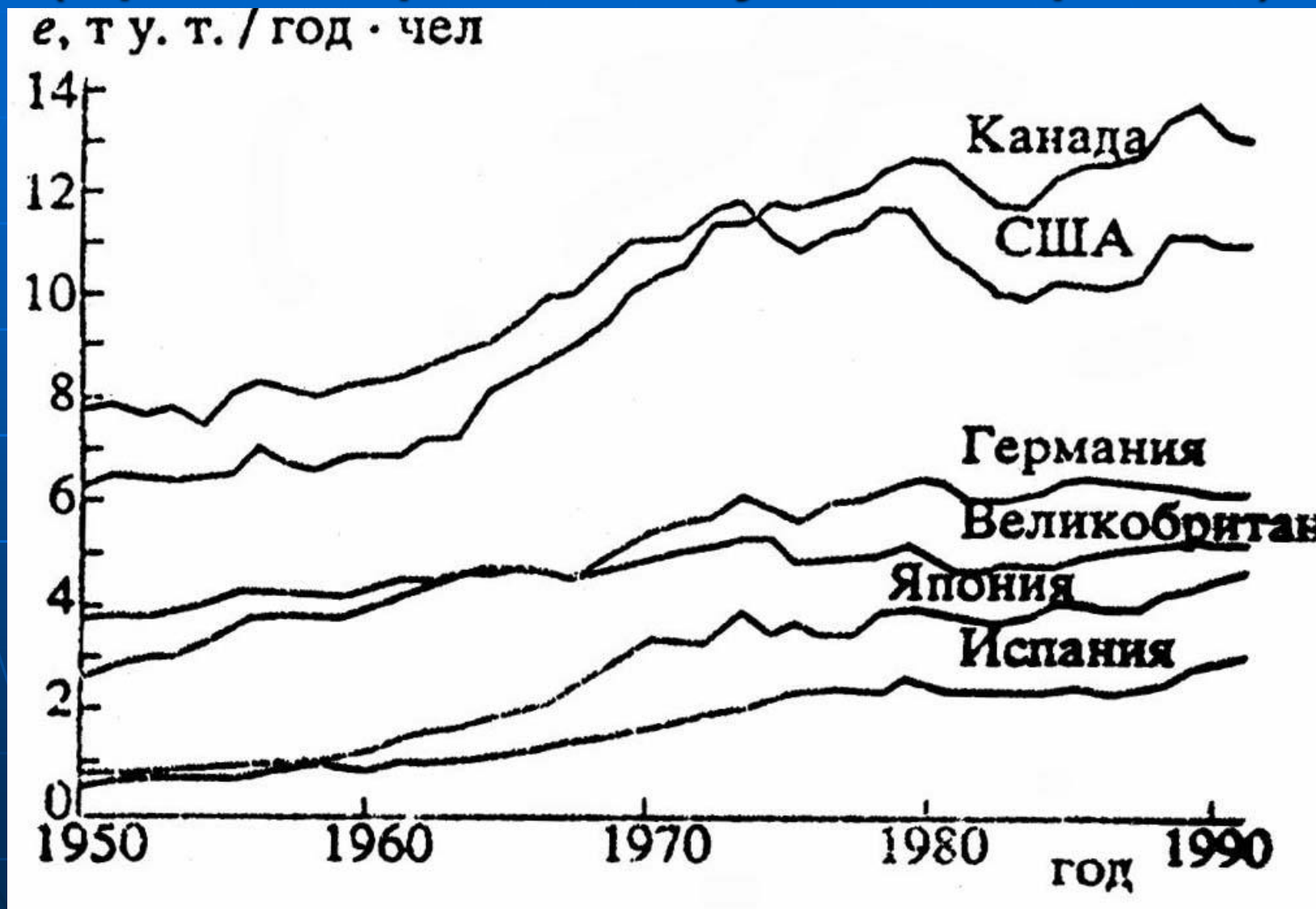
Развивающиеся страны

1975 г. — $3,0 \times 10^9$

2000 г. — $5,0 \times 10^9$



Потребность в энергоресурсах (ориентир на ведущие страны)



Потребность в пищевых продуктах и водных ресурсах для обеспечения растущего населения Земного шара

Калорийность биомассы различного происхождения

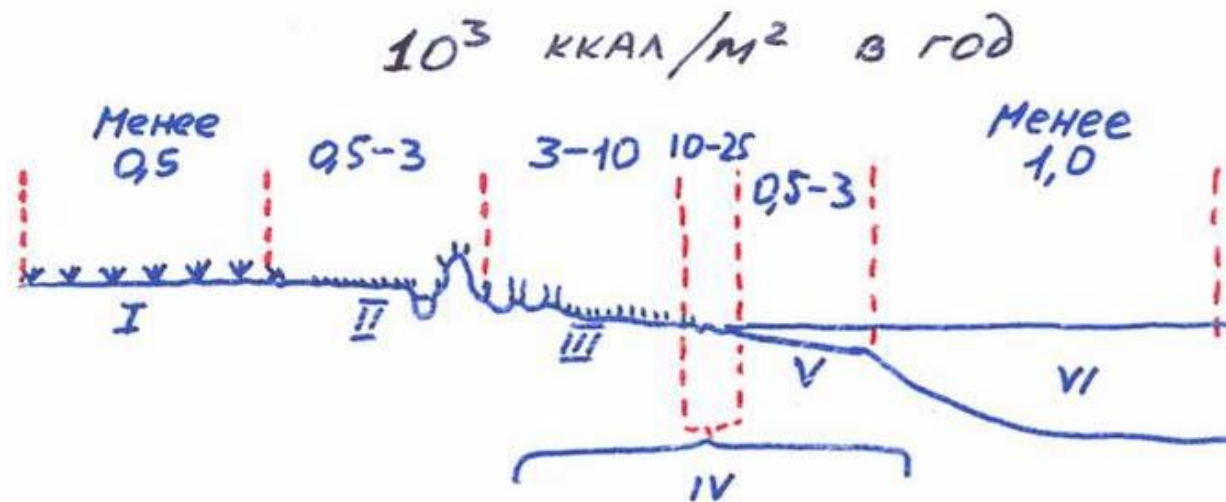
БИОМАССА	ккал/г сухой массы	<u>ПОТРЕБНОСТЬ В ПИЩЕ</u>
Наземные растения (целиком)	4,5	<u>Человек — 40 ккал/кг</u>
Только семена	5,2	<u>живой массы</u>
Водоросли	4,9	<u>(около 3000 ккал в</u>
Беспозвоночные (кроме насекомых)	3,0	<u>день для 70 кг)</u> !
Насекомые	5,4	Мелкая птица или
Позвоночные	5,6	млекопитающее —
		1,0 ккал/г живой массы
		Насекомое — 0,5 ккал/г ж.м.

≈ 2 ккал/г живой массы — калорийность биомассы в целом

1 г угля ≈ 7,0 ккал

Углеводы	4	} ккал/г сухой массы
Белки	5	
Липиды	9,2	

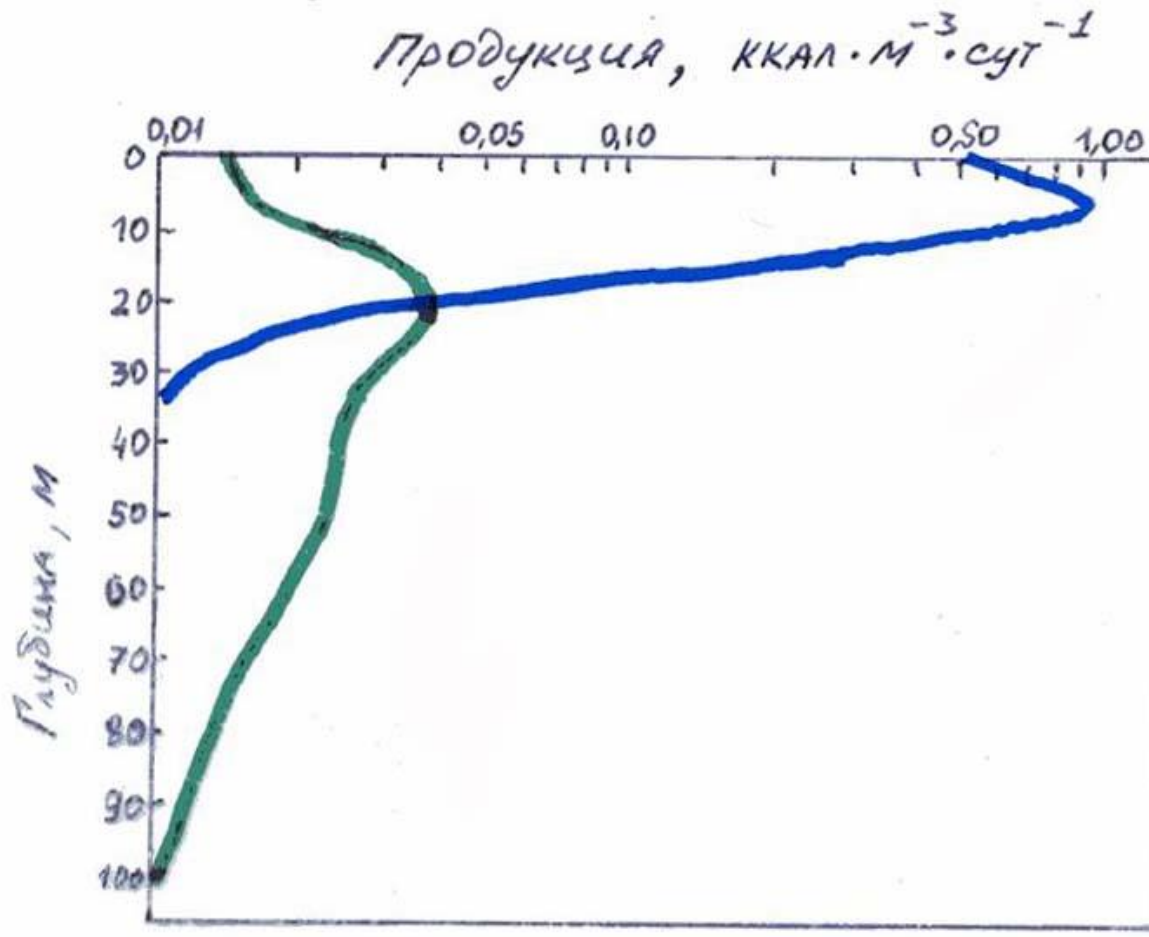
Удельная наработка первичной продукции по различным ареалам Земного шара



На всем Земном шаре в естественных природных условиях может производиться продукция **масштаба $10*18$ ккал в год**

- I – пустыни;
- II – луга и пастбища, степи, глубокие озёра, горные леса;
- III – влажные леса, мелководные озера, влажные луга и пастбища, БОЛЬШАЯ ЧАСТЬ АГРОСИСТЕМ;
- IV – некоторые эстуарии, источники, коралловые рифы, агросистемы с вводом доп. энергии;
- V – воды континентального шельфа;
- VI – океаническая область

Продуктивность океанических вод



Оценка для северо-восточной части Атлантического океана

— прибрежные воды
Продукция $P = 11 \text{ ккал} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{сут}^{-1}$;
Биомасса $B = 40 \text{ ккал} \cdot \text{м}^{-2}$

— открытый океан
 $P = 1 \text{ ккал} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{сут}^{-1}$;
 $B = 2 \text{ ккал} \cdot \text{м}^{-2}$

(!)

Океан $\tau = B/P = 2-4 \text{ сут}$

Лес $\tau = B/P = 9 \text{ лет}$

Масштаб времени, необходимый для производства продукции в двух принципиально различных средах

Оценка валовой продукции различных экосистем и в целом по Земному шару

ЭКОСИСТЕМА	$S, 10^6 \text{ км}^2$	ВАЛОВАЯ ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ, $\text{ККАЛ} \cdot \text{М}^{-2} \text{ В ГОД}$	ОБЩАЯ ВАЛОВАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ, $10^{16} \text{ ККАЛ В ГОД}$
<u>Морские</u>			
Открытый океан	326	1000	32,6
Прибрежные воды	34	2000	6,8
Районы апвеллинга	0,4	6000	0,2
Эстуарии и рифы	2,0	20000	4,0
<u>Промежуточный итог</u>	<u>362,4</u>	<u>—</u>	<u>43,6</u>
<u>Наземные</u>			
Пустыни и тундры	40	200	0,8
Луга и пастбища	42	2500	10,5
Сухие леса	9,4	2500	2,4
Бореальные хвойные леса	10	3000	3
Возделываемые земли (с небольшими субсидиями)	10	3000	3
Влажные леса умеренной зоны	4,9	8000	3,9
<u>Механизированное (субсидируемое) сельское хозяйство</u>	<u>4</u>	<u>12000</u>	<u>4,8</u>
Влажные тропические и субтропические леса	14,7	20000	29
<u>Промежуточный итог</u>	<u>135</u>	<u>—</u>	<u>58,4</u>
<u>Итог и среднее (колонка 2) для биосферы (без учета ледниковых шапок) округлено</u>	<u>500</u>	<u>2000</u>	<u>$100 \cdot 10^{16}$</u>

Удельная выработка съедобной части чистой первичной продукции

Уровень сельского хозяйства	Сухое вещество, кг/га в год	Поток энергии, ккал/м ² в год
Собирательство	0,4-20	0,2-10
с/х без энергетических (топливных) затрат	50-2000	25-1000
с/х, основанное на зерновых культурах, со значительными энергетическими затратами	2000-20000	1000-10000
Теоретически возможный МАХ в культуре водорослей или др. организмов при энергетических затратах	20000-80000	10000-40000

Соотношение между различными видами пищи, собираемыми человечеством для потребления

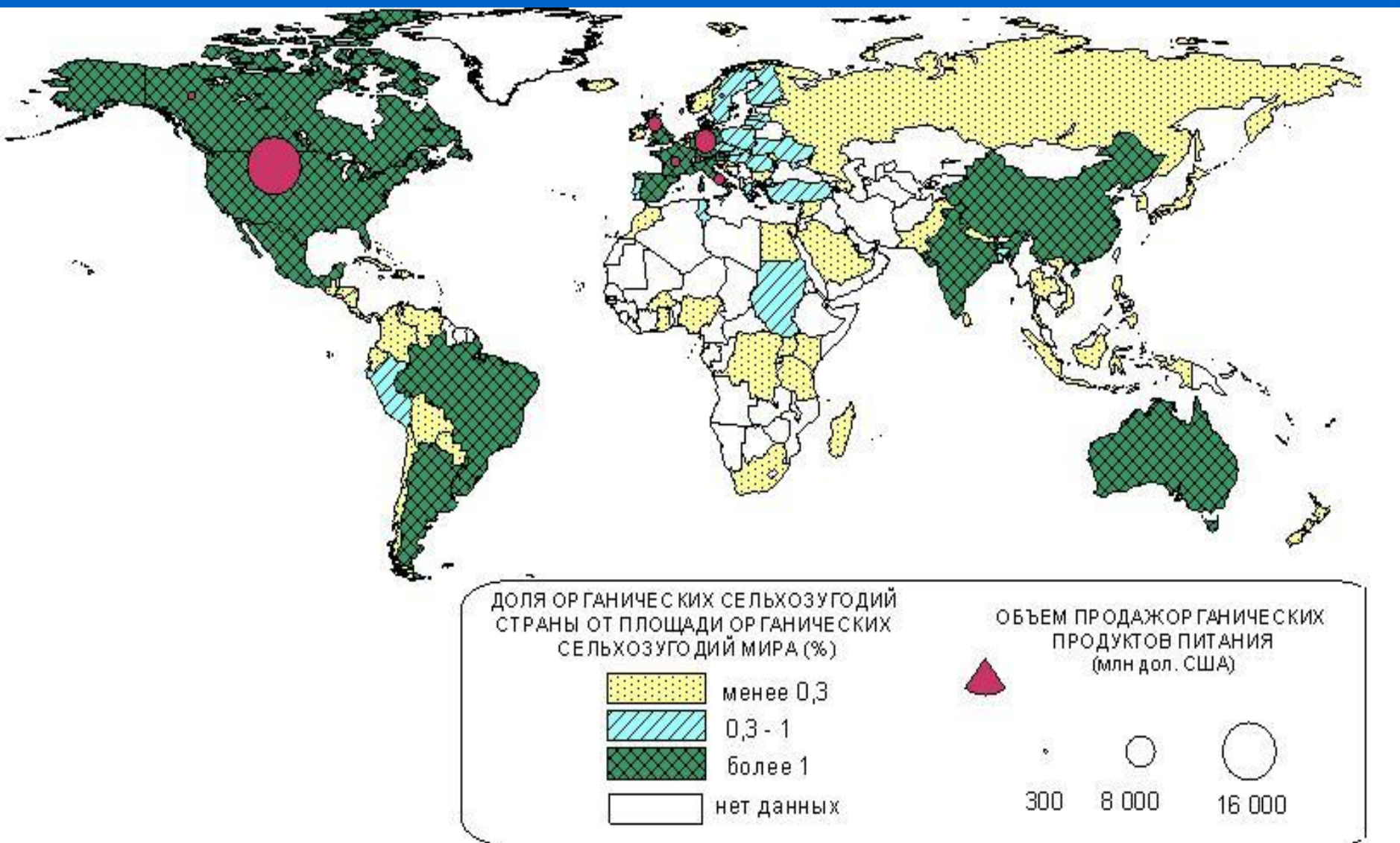
1978 г.	Всего, млн. т	Доля от суммы, %	Растительна я, %	Животная, %
Суша	3300	98	78	22
Океан	73	2	0,9	99,1
всего	$3373 = 6746 \cdot 10^{12}$ ккал			

В 1980г. 4,3 млрд. человек каждому $\approx 10^6$ ккал/год $\Rightarrow$ надо $4,3 \cdot 10^{15}$ ккал; есть в среднем на человека 700 ккал в сутки.
Сейчас вся собираемая пища $\approx 0,5\%$ общей первичной продукции биосферы

Домашний скот потребляет $\approx$ в пять раз больше чем все человечество (в среднем 4,7 скотины на одного человека)

$4,3 \cdot 10^9$ чел./ $14 \cdot 10^9$ га суши $\Rightarrow$ 1 чел./2,25 га суши (+ скот $\Rightarrow$ 1/0,67 га)

Производство и потребление продуктов питания в мире



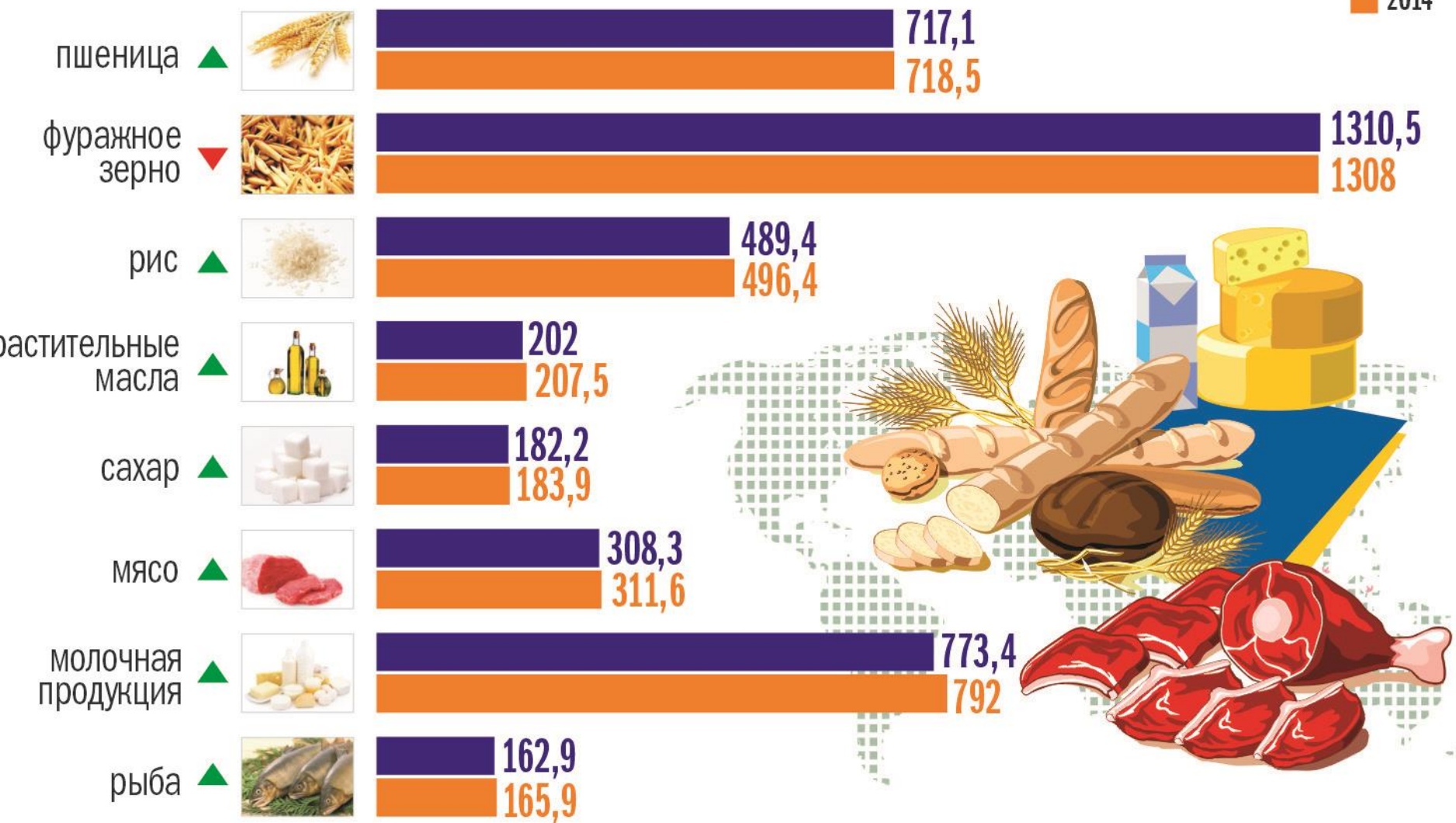
Производство и потребление органических продуктов питания (2006г.)

Масштаб 1 : 25 000 000

Производство продуктов питания в мире

Производство основных культур и продуктов питания в мире, млн т

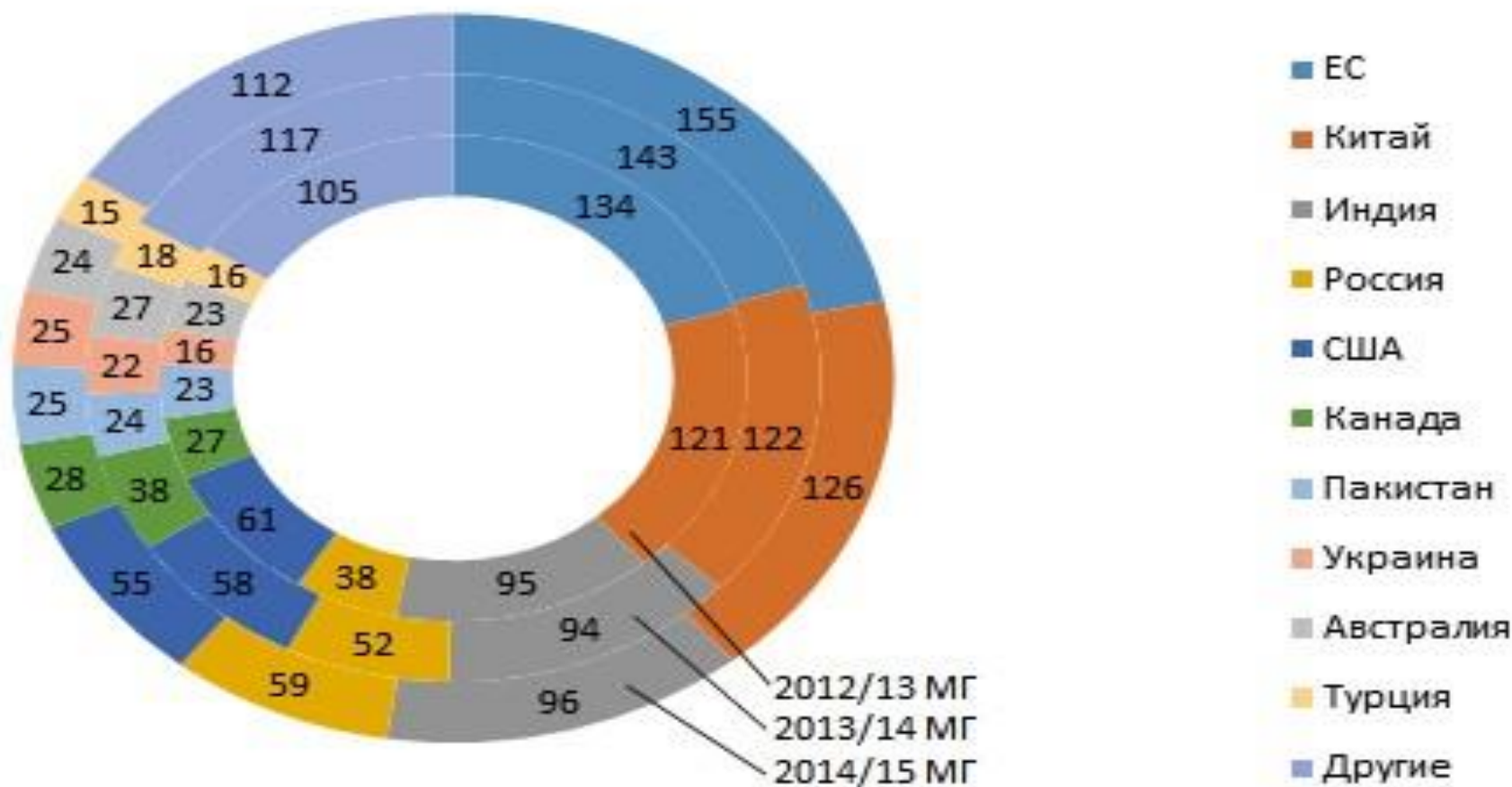
■ 2013
■ 2014



Производство пшеницы

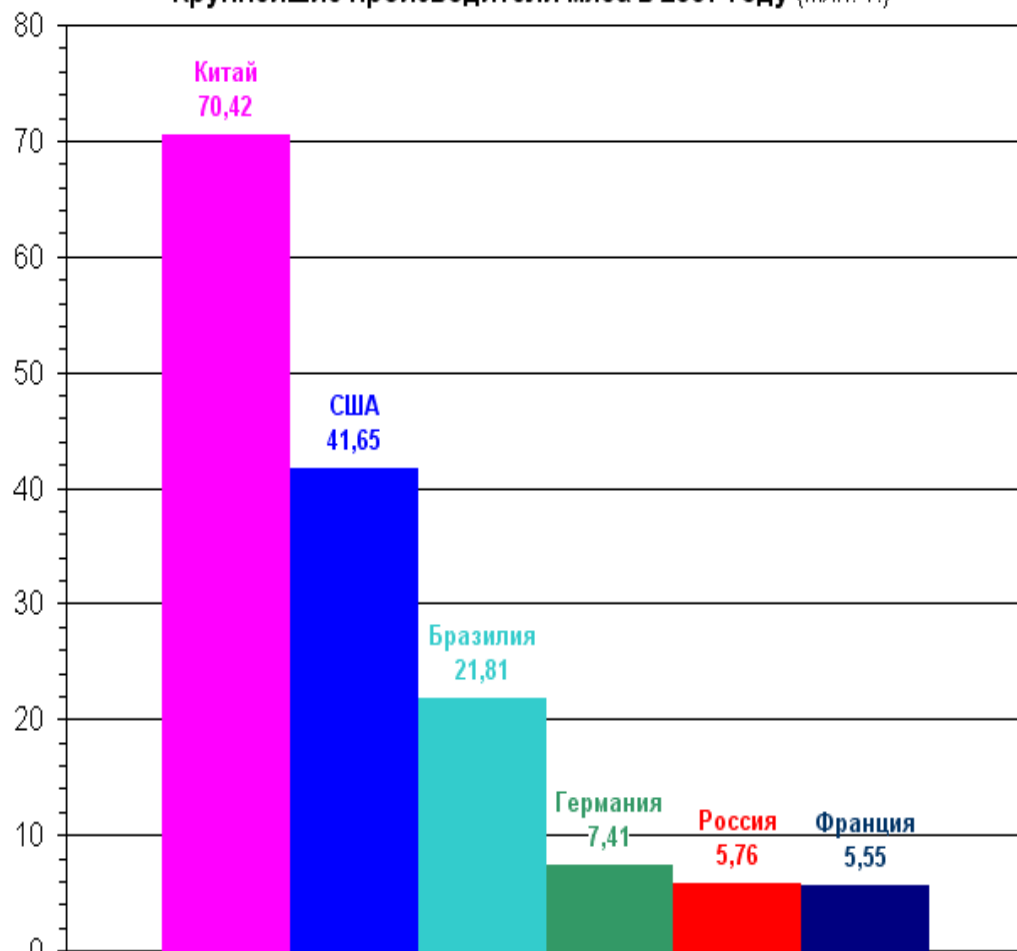
ТОП-10 стран-производителей пшеницы в мире, млн.тонн

В 2019 году Россия вышла на первое место в мире

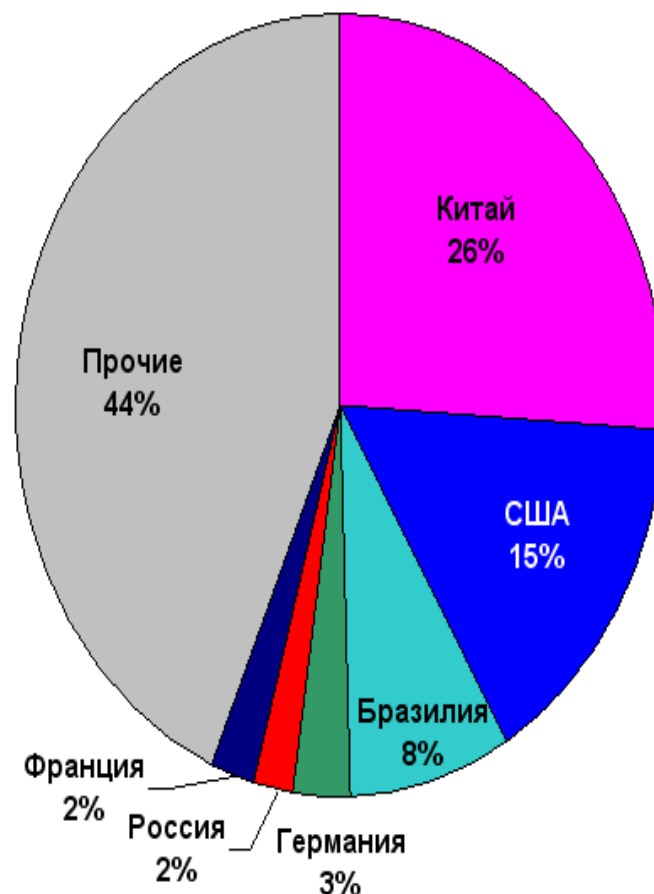


Производство мяса

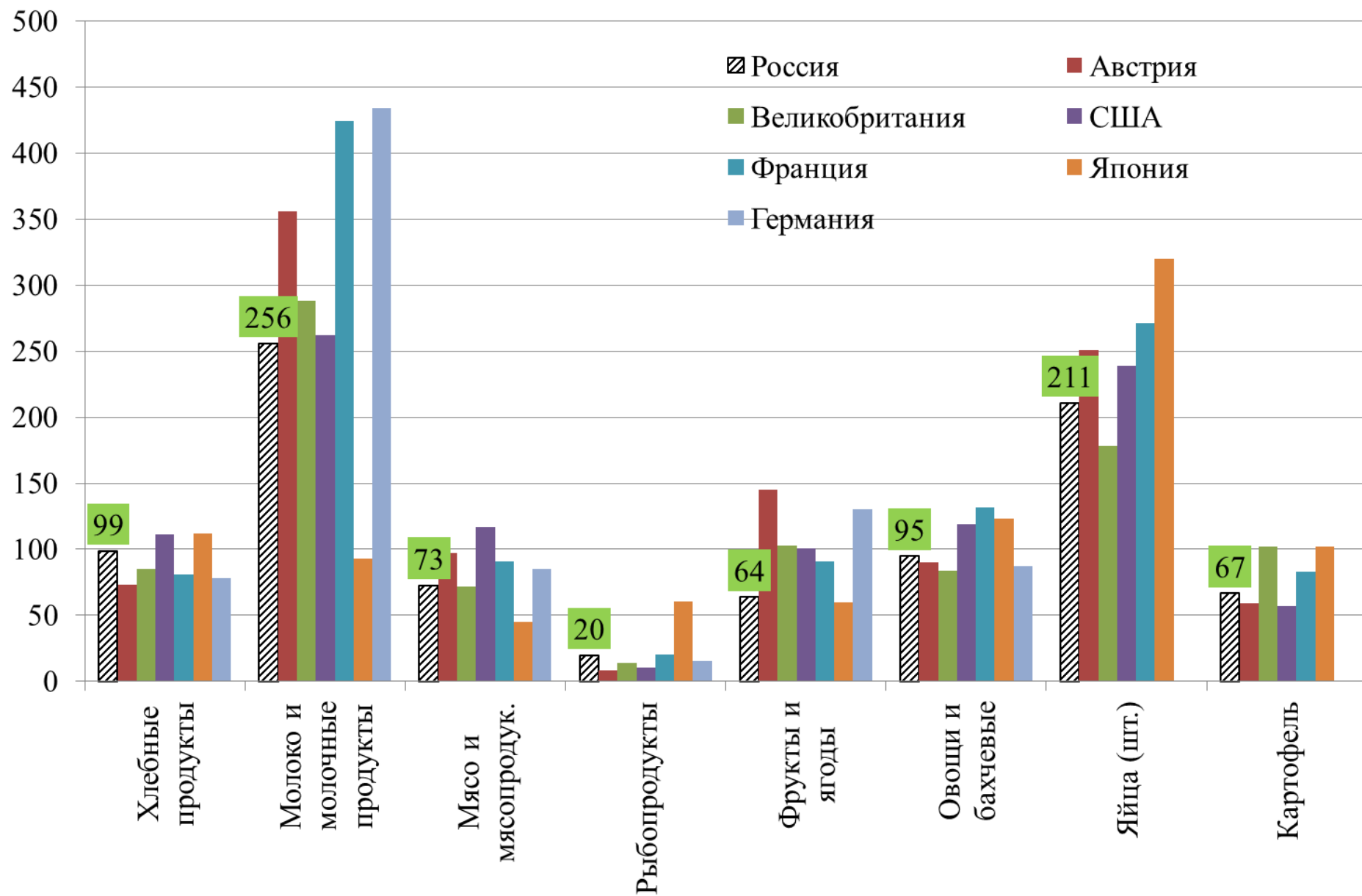
Крупнейшие производители мяса в 2007 году (млн. т.)



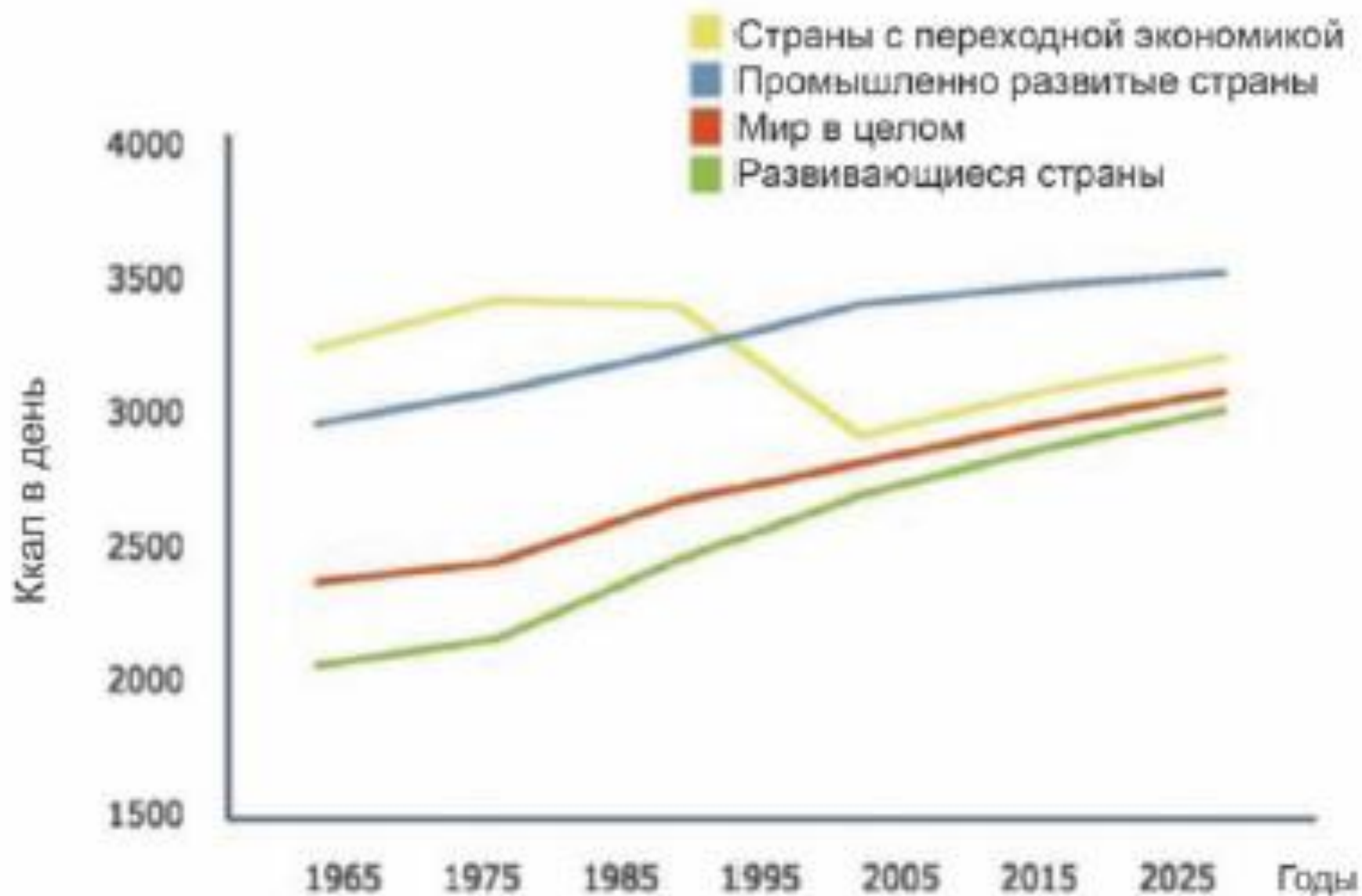
Мировое производство мяса в 2007 году



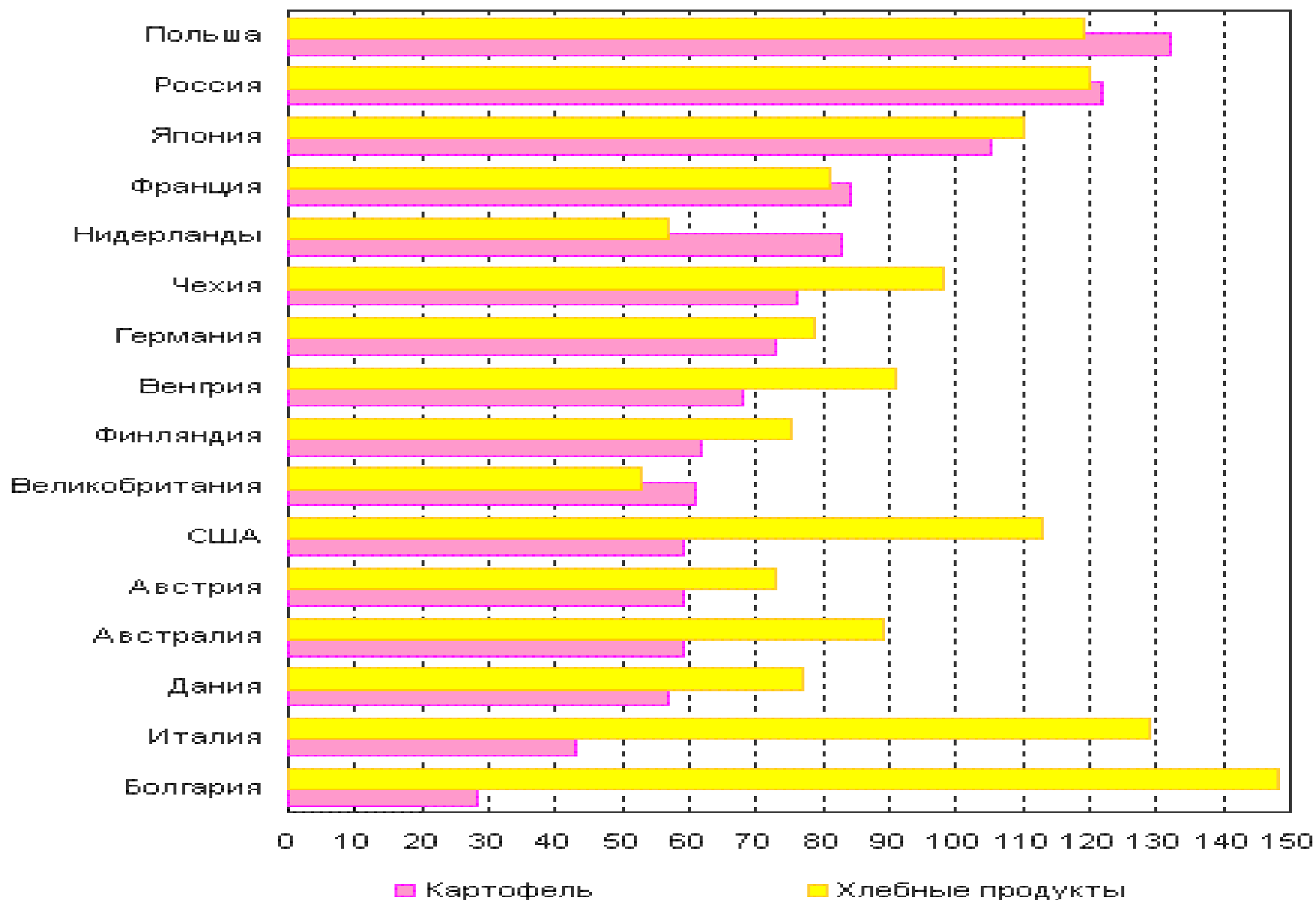
Производство пищевой продукции в ведущих странах и России



Потребление пищи в различных странах



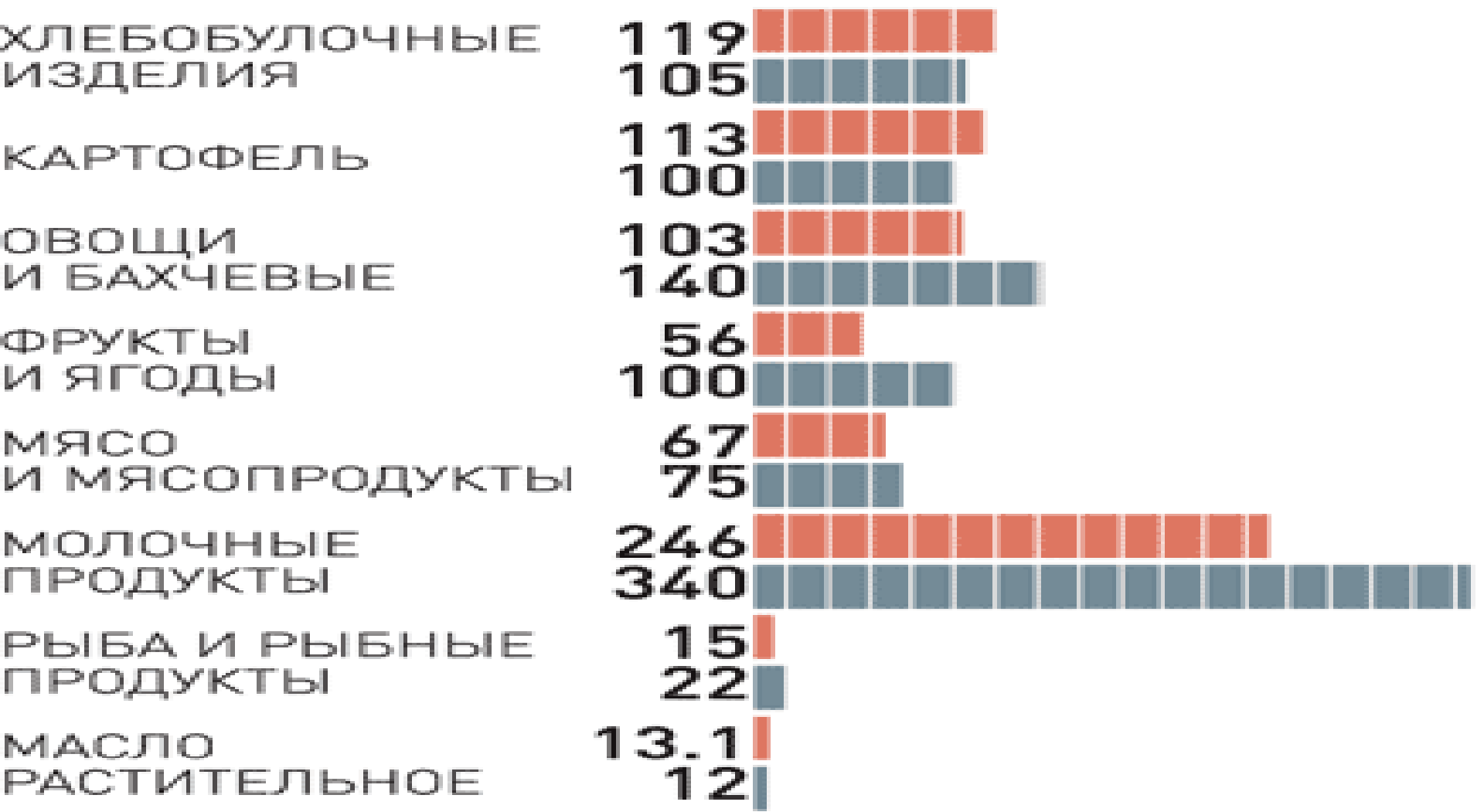
Потребление картофеля и хлебобудовых продуктов



Среднедушевое потребление продуктов питания в России (кг/год)

Источники: Росстат, Минздравсоцразвития РФ

● реальное потребление ● научные рекомендации



Обеспеченность от собственного производства

Обеспеченность продуктами собственного производства в России

ПОКАЗАТЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА МЯСА И МЯСОПРОДУКТОВ



Производство птицы
на убой в живом весе, млн т



2011
2012
Планы на 2020 г.



Производство свинины
на убой в живом весе, млн т



Всего производство скота и птицы,
в том числе КРС, на убой, млн т



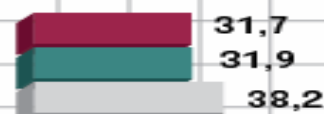
Обеспеченность мясом
и мясопродуктами в России, %



ПОКАЗАТЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА



Производство
товарного молока, млн т



2011
2012
Планы на 2020 г.

Обеспеченность молоком
и молочными
продуктами в России, %



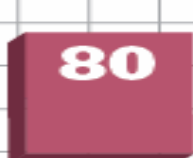
ИСТОЧНИК: ДАННЫЕ МИНСЕЛЬХОЗА РФ

ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫЙ МИНИМУМ

Сколько должно быть отечественной продукции, %



зерно



сахар



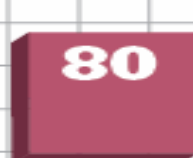
растительное
масло



мясо
и мясопро-
дукты



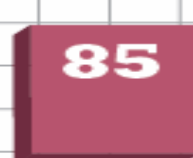
молоко
и молочные
продукты



рыбная
продукция



картофель



соль
пищевая

ИСТОЧНИК: ДОКТРИНА ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Расход воды при производстве продовольствия



2-3

литра воды человек выпивает в день



2000-5000

литров воды требуется для производства ежедневной пищи для одного человека



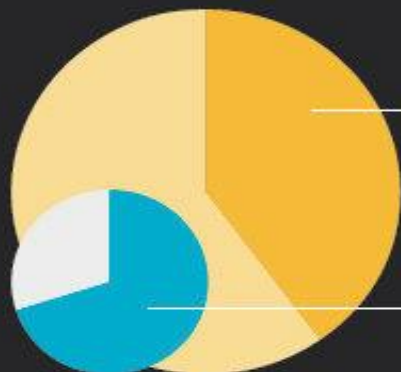
15 000

литров воды — суммарный расход воды при производстве 1 кг говядины



1500

литров воды — суммарный расход воды при производстве 1 кг пшеницы



40%

в глобальном производстве продовольствия занимают сельскохозяйственные культуры

70%

водозабора пресной воды идёт на орошение сельскохозяйственных культур



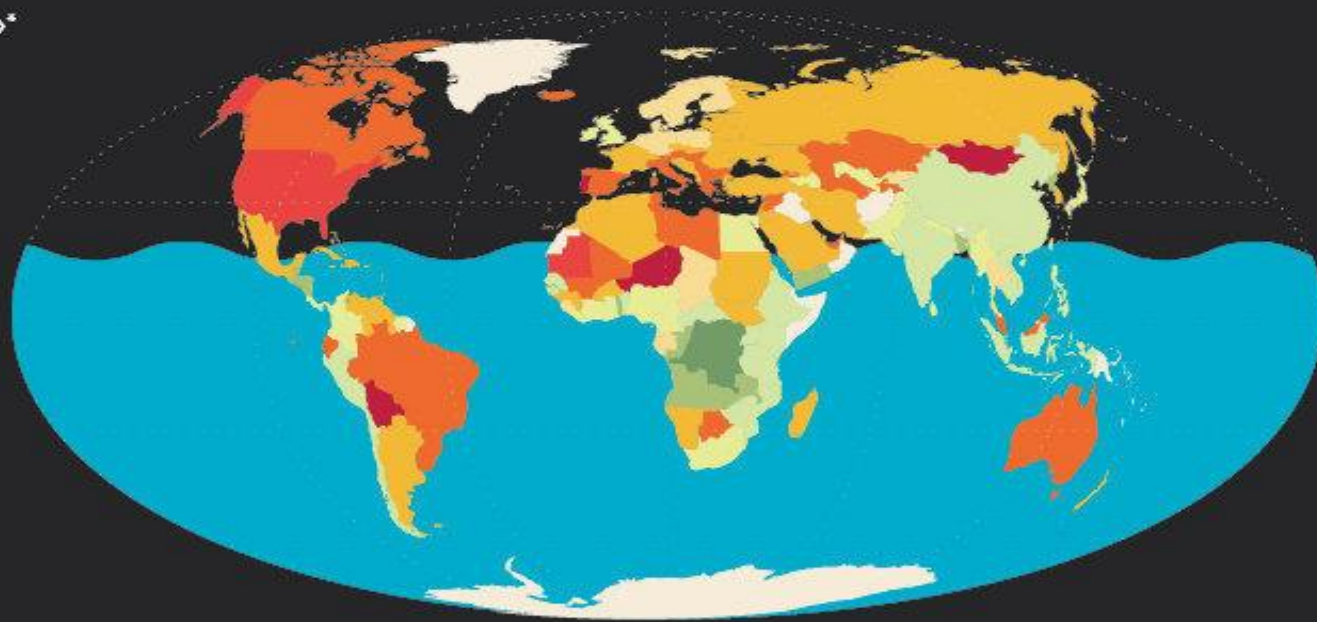
По прогнозу, продовольственная потребность человечества к 2050 году вырастет на 70%

Национальный «водяной след»*

Средний расход воды на душу населения, м³/год:

500-750	1500-2000
750-1000	2000-2500
1000-1200	2500-3000
1200-1385	>3000
1385-1500	Нет данных

*Общий объем пресной воды, расходуемой на производство товаров и услуг, потребляемых жителями страны



Потребление водных ресурсов

Область потребления Объемы потребления

Сельское хозяйство

69%

Промышленность

21%

Коммунальное
хозяйство

6%

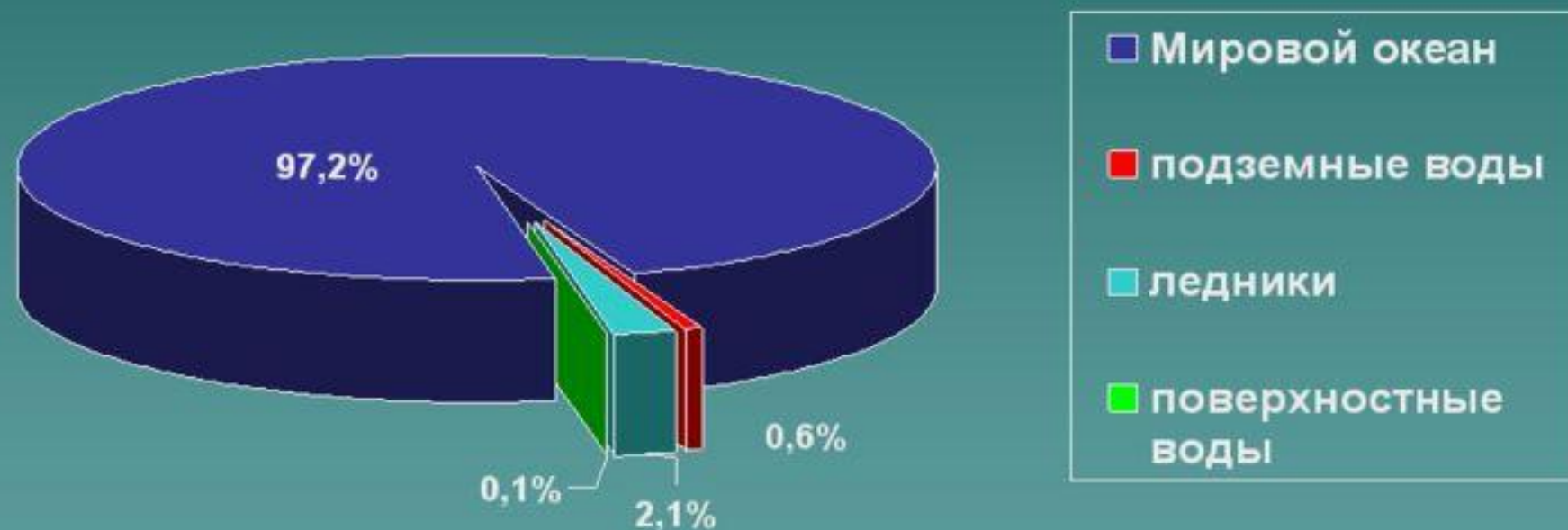
Водохранилища

4%



Водные ресурсы мира

Распределение воды в гидросфере

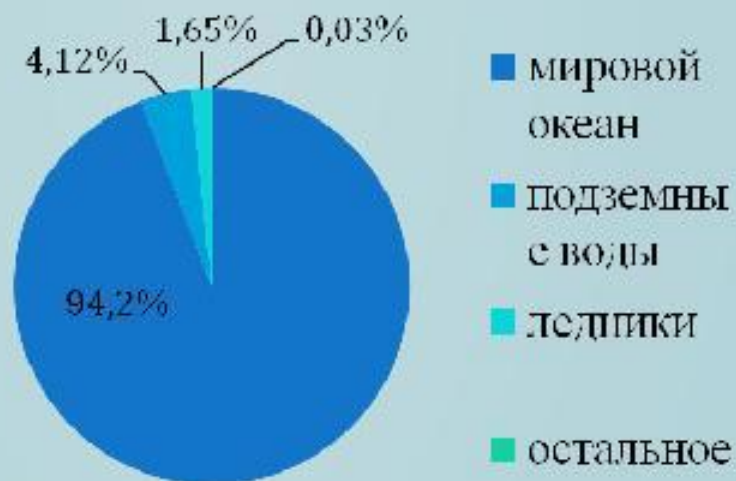


На пресные воды приходится около 2,5 %
общего объёма гидросферы



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДНЫХ МАСС В ГИДРОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

Части гидросферы	Объем, тыс. км ³	% от общего объема
Мировой океан	1 370 323	94,2
Подземные воды	60 000	4,12
Ледники	24 000	1,65
Озера	230	0,016
Почвенная влага	75	0,005
Пары атмосферы	14	0,001
Речные воды	1	0,0001
Вся гидросфера	1 454 643	100,0



Водные ресурсы Земного шара

- ▶ Солёная вода (97,2 % от общего запаса)
- ▶ Пресная вода (2,8 %, возможная для использования – 0,3%)

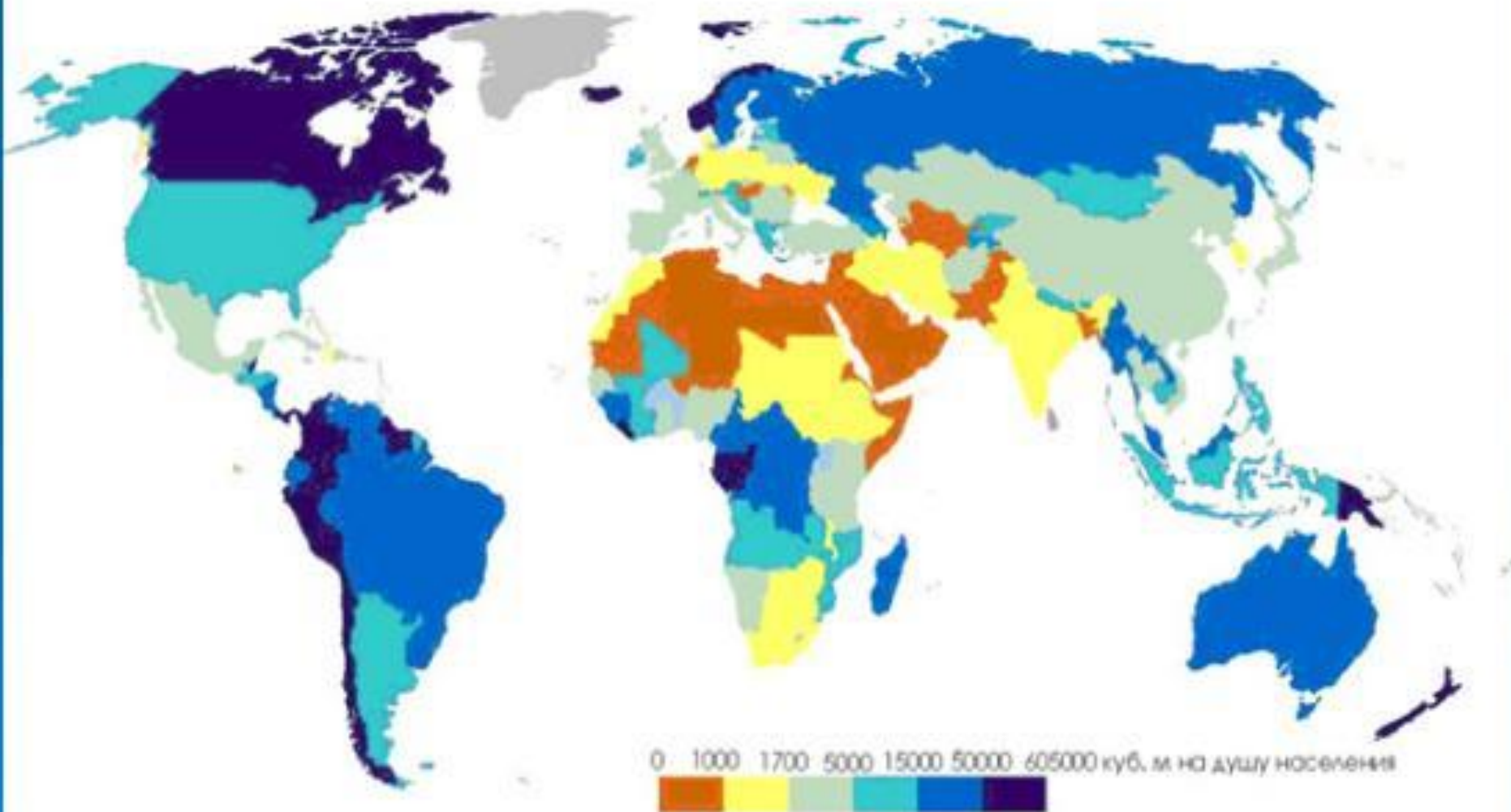
Части гидросферы	Часть от общ. объема пресн. воды, %	Объем пресн. воды, км3
1.Ледники	85	24 000 000
2. Подземные воды	14	4 000 000
3. Озера	0,6	230 000
4. Почвенная влага	0,3	75 000
5. Пары атмосферы	0,05	14 000
6. Речные воды	0,004	1132,76
Итого	100	28320132,76

Водные ресурсы Земного шара



- Из всех водных ресурсов Земли, только 2, 5% приходится на пресную воду**
- большая часть пресной воды 70% сосредоточено во льдах полярной зоны, ледниках
 - 20% всей пресной воды на планете находится в озере Байкал, еще 20% в Больших озерах в Мичигане
 - Все реки содержат только приблизительно 0.006% пресноводных запасов планеты
 - Важный источник воды – подземные воды
 - Крупными резервуарами пресной воды являются болота. По некоторым оценкам в болотах содержится воды столько же, сколько и в озерах

Доступность ресурсов пресной воды по странам мира на 2000 г.
(сток рек и подземные воды)



Источник: World Resources 2000-2001, People and Ecosystems: The Fraying Web of Life.
World Resources Institute (WRI), Washington DC, 2000.

Водные ресурсы мира

Крупнейшие водохранилища мира

<i>№ п/п</i>	<i>Название водохранилища</i>	<i>Страна</i>	<i>Объём воды (км³)</i>
1.	Виктория	Кения, Танзания, Уганда	204,8
2.	Братское	Россия	169,3
3.	Кариба	Замбия, Зимбабве	160,3
4.	Насер	Египет	157,0
5.	Вольта	Гана	148,0

Водные ресурсы мира

Распределение водных ресурсов по регионам мира (тыс. км³)

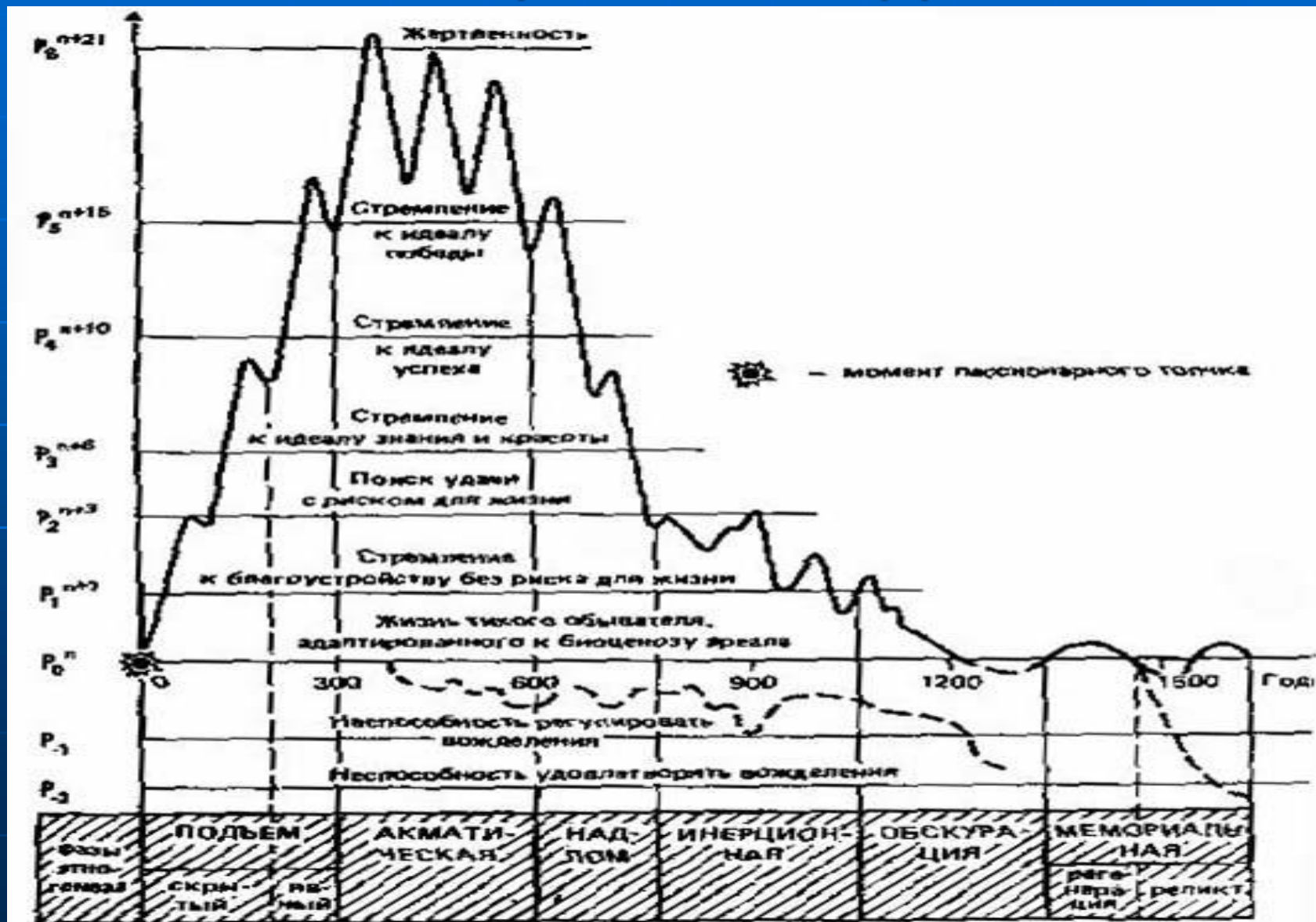


Крупнейшие страны мира по запасам пресной воды (тыс. км³)



Временной масштаб в развитии цивилизаций

Цикл развития этнической общности людей

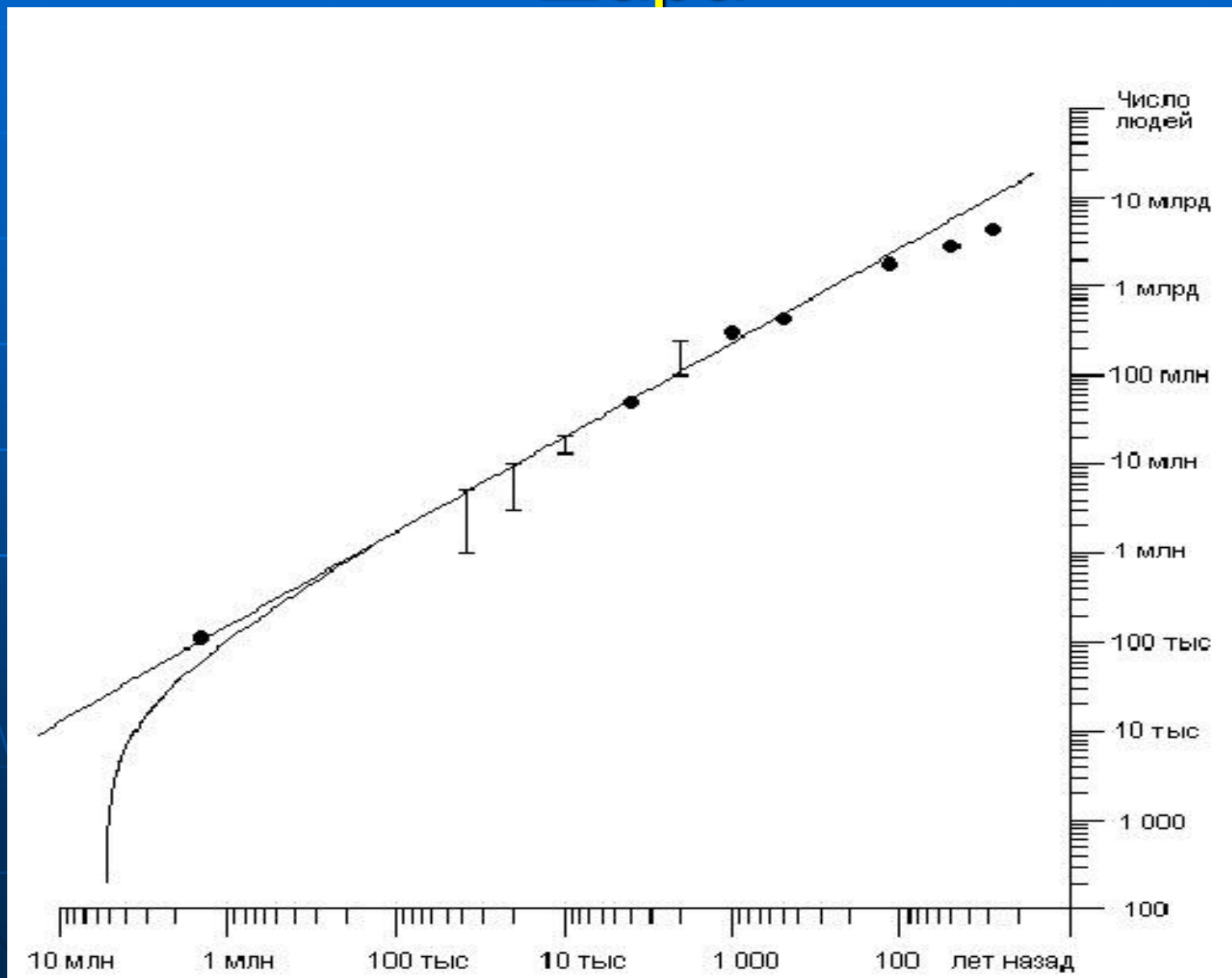


Рост численности населения на Земном шаре

creation.xpictoc.com



Численность населения Земного шара



Прирост численности населения Земного шара

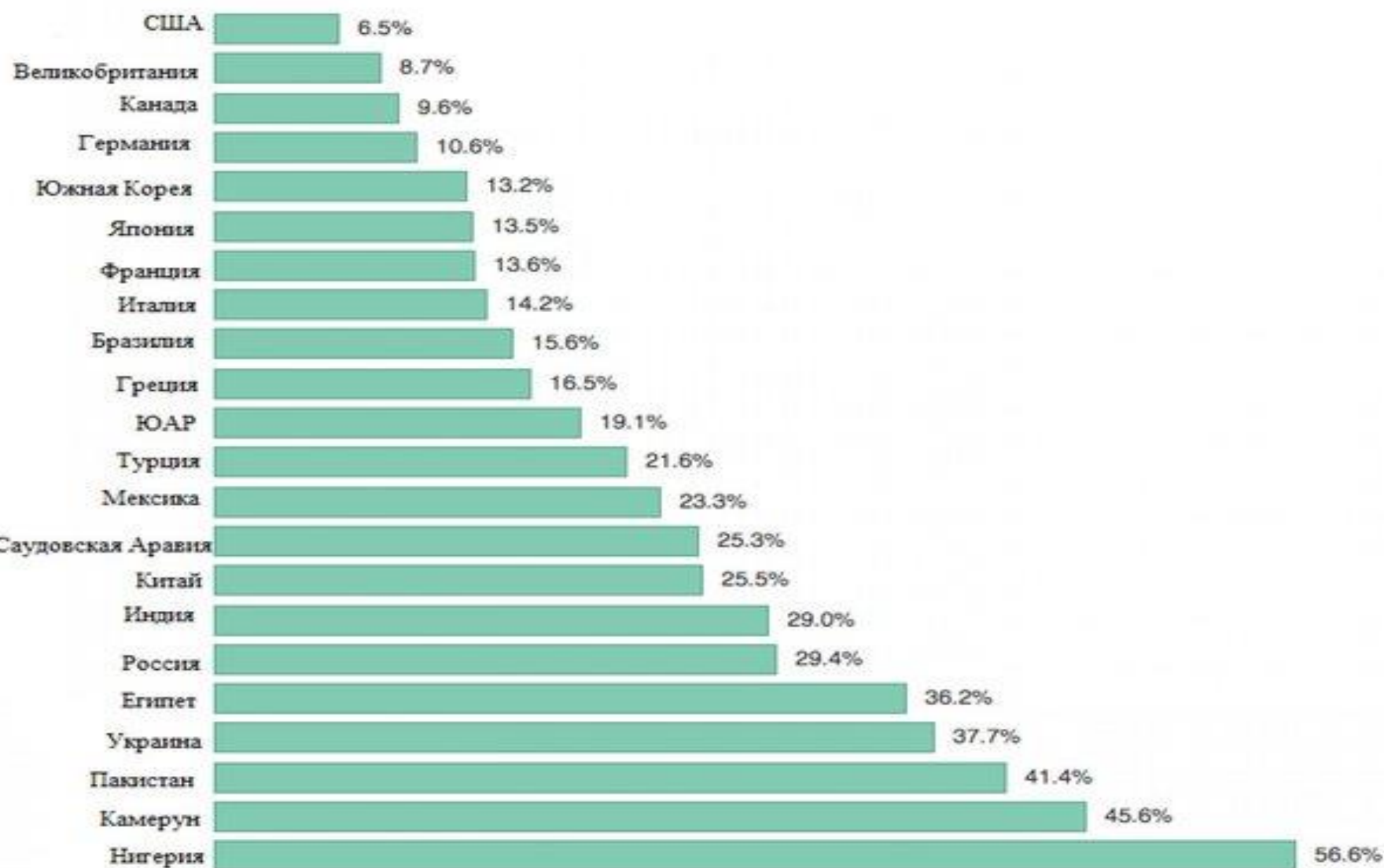
Годы	Население, млн. чел.	Прирост за 10 лет, млн. чел.	Темп роста, % в год
1900	1630	50–80	0,6
1950	2520	180	1,7
1960	3020	500	1,8
1970	3700	680	2,0
1980	4450	750	1,7
1990	5290	840	1,5
2000	6060	770	1,3

Прирост численности населения Земного шара

Регионы мира	1900	1950	2000	Рост за 20 в. (число раз)	1995–2000 (прирост ‰)
Мир в целом	1630	2522	6055	3,7	13,3
Развитые страны	555	813	1188	2,1	2,7
Зарубежная Европа	351	443	577	1,6	0,3
Россия	72	102	145	2,0	-0,5
Сев. Америка	80	172	309	3,9	8,5
Австралия и Япония	53	96	157	3,0	0,4
Развивающиеся страны	1075	1709	4867	4,5	15,9
Азия	900	1321	3563	4,0	13,8
Африка	110	221	785	7,1	23
Лат. Америка	65	167	519	8,0	15,7

Сколько тратят на продукты питания в каждой стране?

% от общего бюджета в отдельных странах, по состоянию на 2014 год.



Закономерности развития популяции в живой природе

Рассмотрим сначала развитие популяции одного вида (рис. II.3.1). Если в замкнутой системе имеется популяция только одного вида с числом особей x и количество пищи ограничено, то изменение числа особей во времени t описывается уравнением Фергюльста (или логистическим уравнением):

$$\frac{dx}{dt} = ex - hx^2.$$

Член ex описывает прирост за счет превышения рождаемости над смертностью. Член hx^2 описывает внутривидовую конкуренцию из-за пищи, места и т.п. Решение уравнения Фергюльста имеет вид:

$$x(t) = \frac{x_0 x_s}{x_0 + (x_s - x_0) \exp(-et)}.$$

Эта функция выражает рост популяции от начальной численности x_0 до насыщения $x_s = e/h$.

Если $h \ll e$ и количество пищи не ограничено, наблюдается экспоненциальный рост числа особей популяции (закон Мальтуса):

$$x(t) = x_0 \exp(et).$$

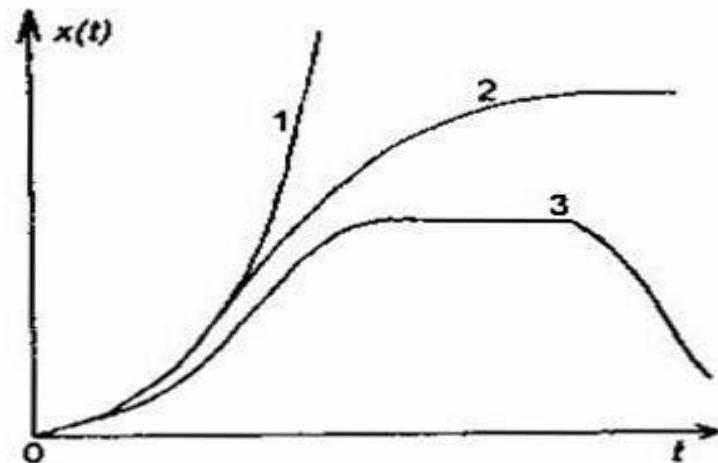
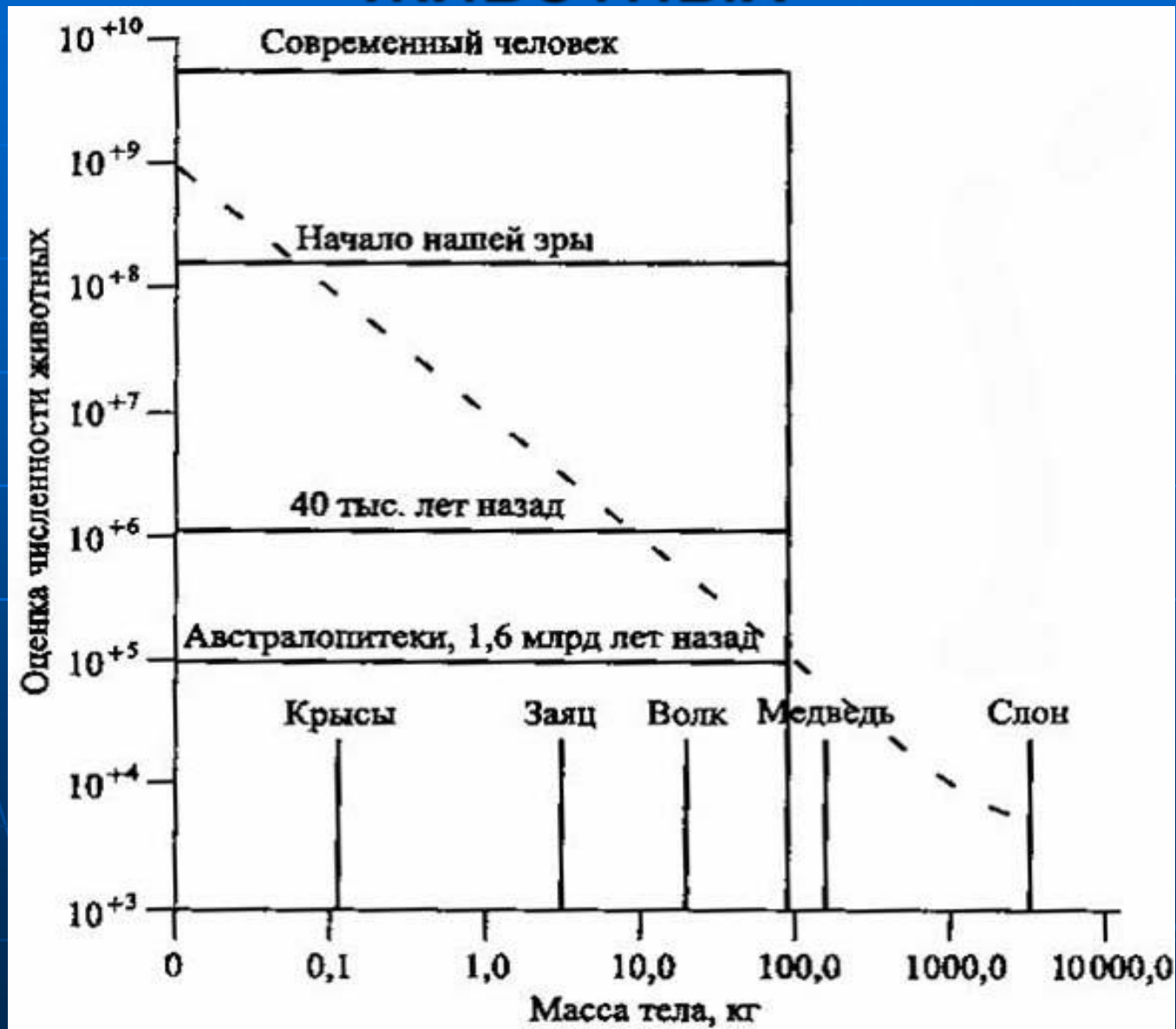
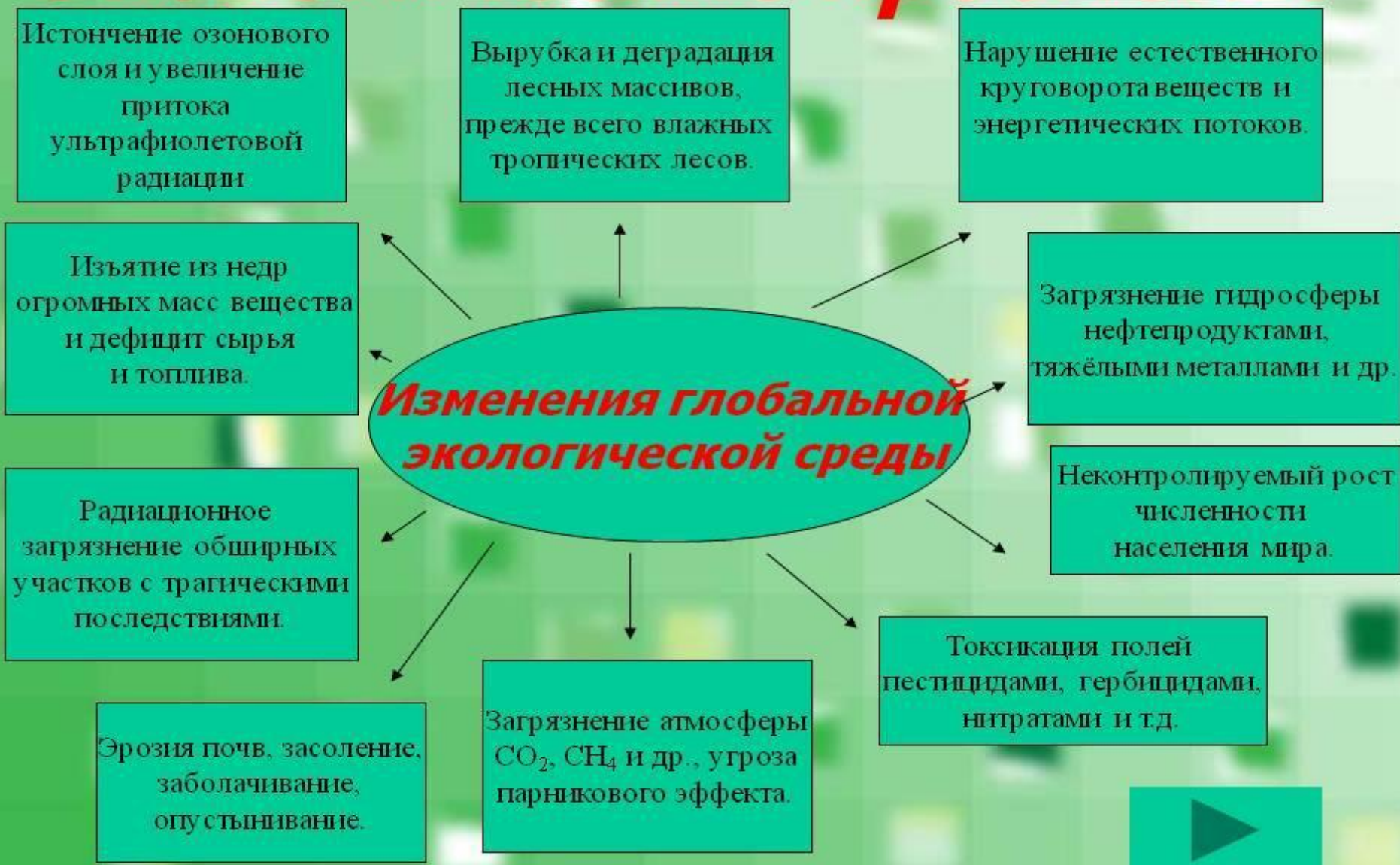


Рис II.3.1. Эволюция популяций одного вида: кривая 1 — экспоненциальный рост, 2 — логистическая кривая, 3 — развитие вида в условиях накопления яда. [12]

Численность популяций разных ЖИВОТНЫХ



Нарастание экологических проблем при росте населения



Влияние экологической ситуации на здоровье человека



Математические методы демографии

$$\frac{dN}{dt} = B - D, \quad (1)$$

где N - число людей, B - число рождений и D - число смертей в единицу времени, на микроуровне оказывается, что и число рождений, и число смертей зависят от многих других социальных параметров, и в том числе от «человеческого фактора».

Кроме того, формула (1) не учитывает перемещения людей в пространстве, а следовательно она должна быть расширена:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = B - D - \operatorname{div} \mathbf{J},$$

где вектор $\mathbf{J}$ соответствует миграционному потоку. В этом случае задача еще больше усложняется, поскольку миграционные процессы еще сильнее подвержены влиянию внешних факторов.

$$\frac{dN}{dt} = (a_1 N) - (a_2 N + b N^2),$$

где первая скобка соответствует числу рождений B , а вторая - числу смертей D в формуле (1), и a_1 , a_2 , b - положительные коэффициенты.

Гиперболический рост населения

Земли

Если проследить динамику населения на протяжении всего времени его существования, то перед нами предстанет такая картина: численность человечества растет по гиперболическому закону. Впервые этот феномен был отмечен в 1960 году фон Форрестером, Мора и Эмиотом. Они провели статистическую оценку демографических данных и обнаружили, что кривая роста населения Земли лучше всего аппроксимируется кривой

$$\frac{dN}{dt} = (a_0 N^{\frac{1}{k}})N,$$

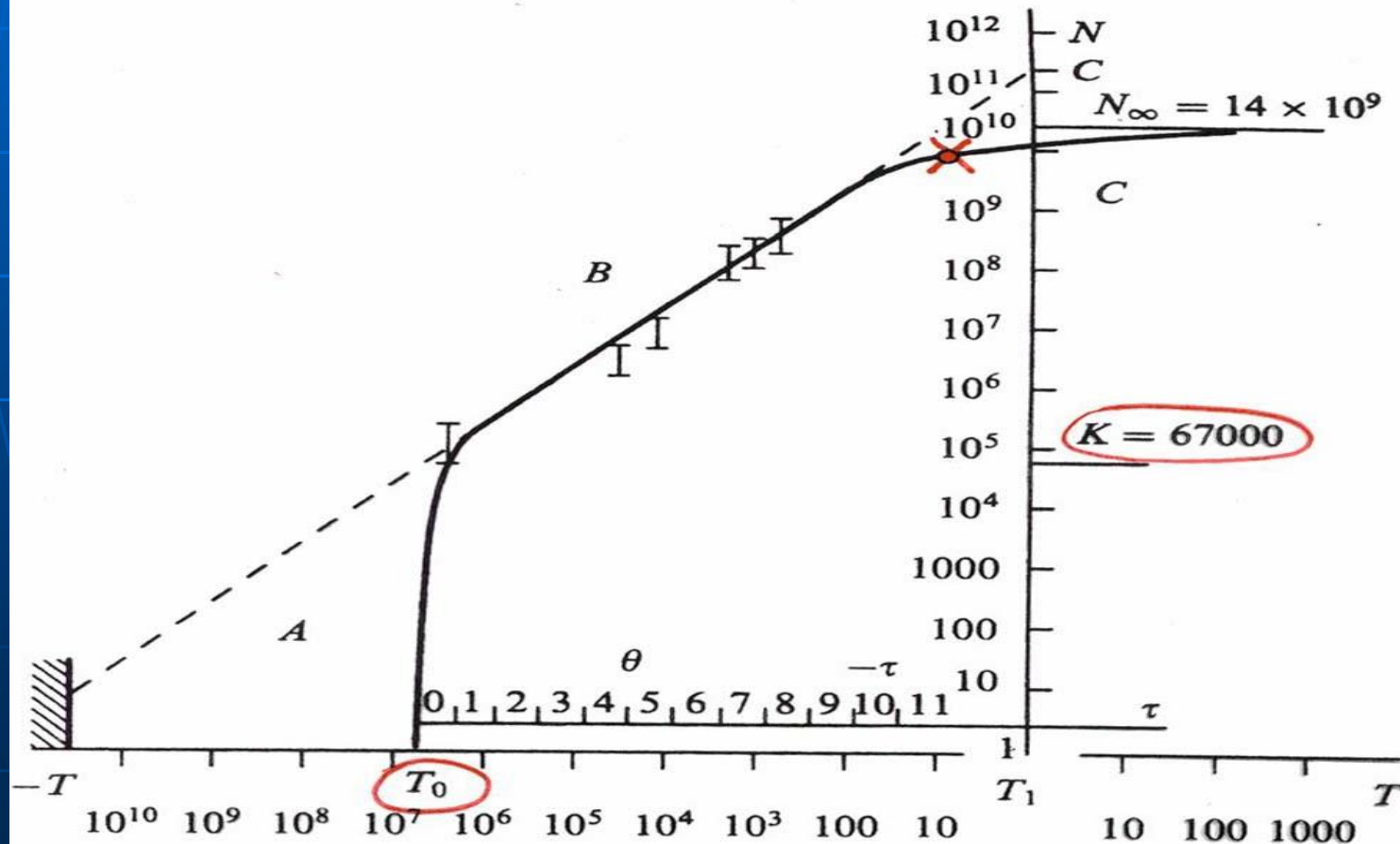
где a_0 , k - константы, которые должны быть определены из эксперимента. Собственно анализ экспериментальных данных Форстера определяет значения $a_0 = 5,5 \times 10^{-12}$ и $k = 0,99$, что дает гиперболическое уравнение для роста населения:

$$N = N_1 \left(\frac{t_0 - t_1}{t_0 - t} \right)^k,$$

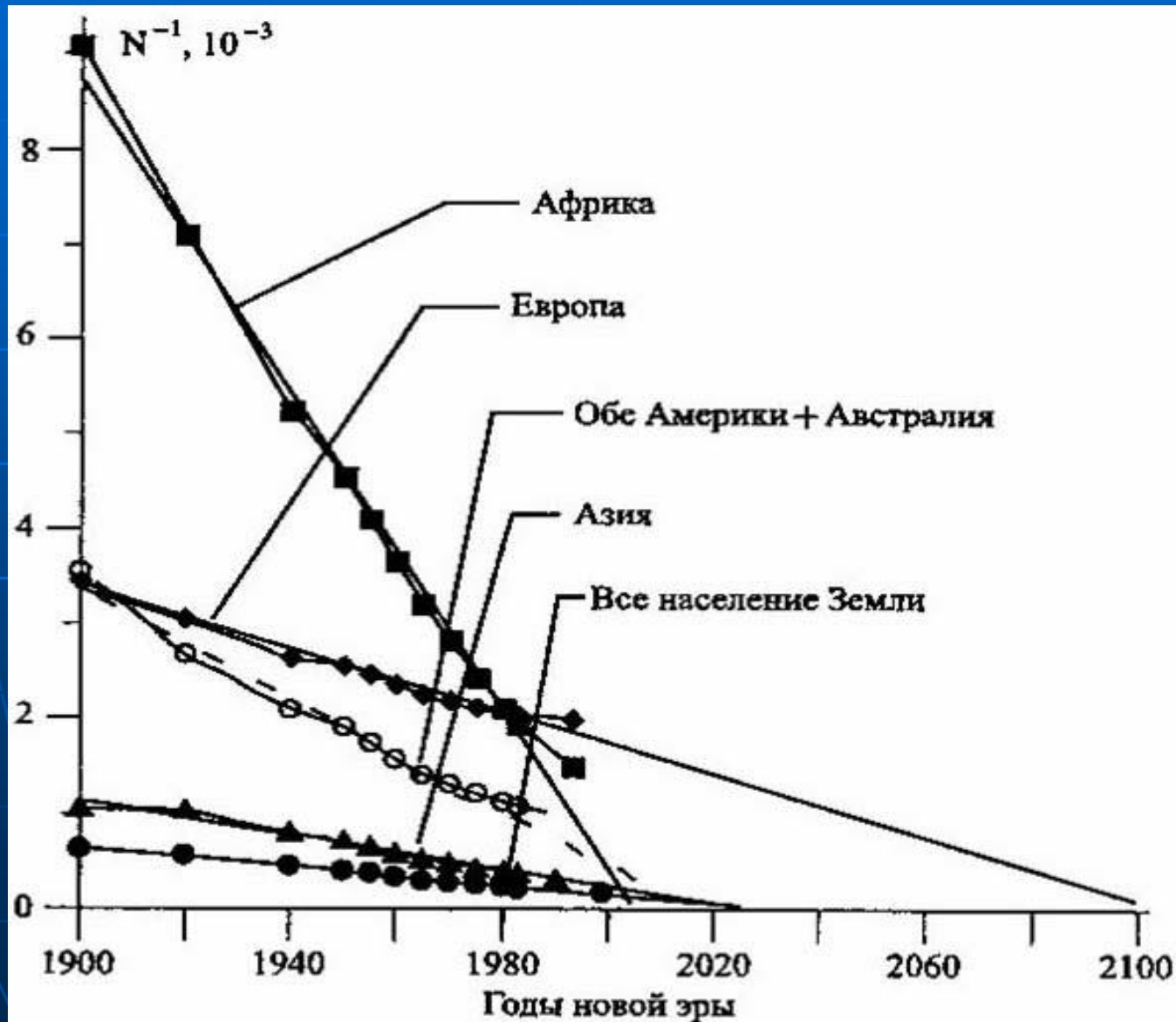
Предел в росте населения Земного шара

$$\frac{dN}{\sqrt{t}} = K \cdot \sin^2 \frac{N}{K} + \frac{1}{K}$$

$$N = K \arctg \left(\frac{1}{\sqrt{K^2 + 1}} \operatorname{tg} \frac{\sqrt{K^2 + 1}}{K^2} (T - T_0) \right)$$



Вклад различных материков в рост численности населения на Земле



ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- Генетический код народов на евразийском континенте сформировался в ходе их перемещений на многие тысячи километров
- Как следует из материалов предыдущих лекций, природные условия и энергетические ресурсы вполне достаточны для наблюдаемого темпа прироста населения на континенте
- Производство продуктов питания и доступные водные ресурсы в полной мере достаточны для народонаселения этого континента
- Ограничение на численность населения формируется социально-психологическими факторами, а не природными ресурсами и производством необходимых товаров и услуг

Численность населения Российской империи и
Российской Федерации – предмет для особого
рассмотрения

■ СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ