

С.П. Капица. Институт физических проблем РАН, Москва

Содержание:

1. Введение
2. Население мира как система
3. Математическая модель роста населения Земли
4. Сравнение теории с данными антропологии и демографии
5. Глобальный демографический переход
6. Трансформация темпов развития во времени
7. Окружающая среда и устойчивость развития
8. Заключение и выводы
9. Литература

1. ВВЕДЕНИЕ

Цель работы состоит в количественном и междисциплинарном исследовании роста населения Земли как эволюционирующей динамической системы. Развитая феноменологическая теория, опираясь на данные демографии и методы физики, в сочетании с представлениями антропологии и социологии, экономики и истории, открывает возможность построения опыта общей теории развития человечества и ставит ряд методологических вопросов о природе человека и роли его разума и сознания на развитие общества.

В демографии рост населения Земли обычно описывается как суммарный рост регионов или стран мира. Однако, эту же проблему можно рассматривать, исходя из представлений о росте и развитии населения нашей планеты как самоорганизующейся системы. На основе такого подхода оказалось возможным предложить математическую модель для описания мирового демографического процесса, основанную на идеях синергетики [1,2]. Такое моделирование позволяет описать рост человечества на протяжении практически всей длительности нашей истории, дать оценки времени начала развития 4 - 5 млн. лет тому назад и числа людей когда-либо живших @ 100 млрд. В рамках модели также описываются крупные периоды, выделенные историей и антропологией структуры социально-экономических и технологических циклов роста. На основе развитых представлений сделаны выводы о предвидимом будущем, когда численность населения мира стабилизируется на уровне 10 - 12 миллиардов, для которых и следует обсуждать условия устойчивого развития. В настоящее время образ все возрастающего и безудержного роста населения, если его наивно экстраполировать в будущее, приводит к тревожным прогнозам и даже апокалиптическим сценариям глобального будущего человечества. Однако, существенно то, что ныне человечество переживает демографический переход.

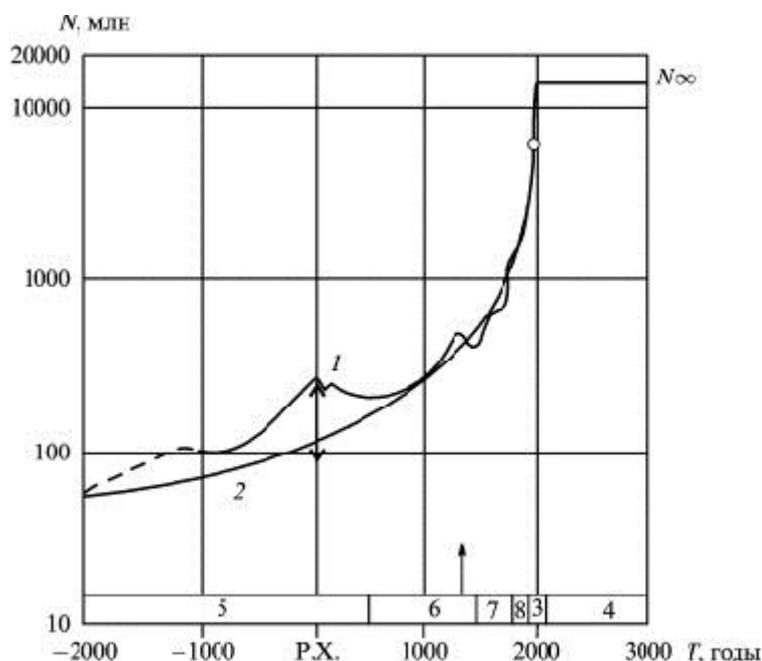


Рис. 1. Население мира от 2000 до Р.Х. до 3000 г.

Предел роста

1 - население мира с 2000 г. д.н.э. согласно Бирабену . 2 - гиперболический рост и режим с обострением, характеризующий демографический взрыв (1), 3 - демографический переход, 4 - стабилизация населения, 5 - Древний мир, 6 - Средние века, 7 - Новая и 8 - Новейшая история. - чума 1348 года. - 2000 г. Заметим, что на полулогарифмической сетке экспоненциальный рост изображается прямой, которая никак не может описать развитие человечества за сколько-нибудь значительный период времени. На графике роста по мере приближения к демографическому переходу ясно видно сжатие исторического време-

ни.

Этот общий для всех стран исторический переворот состоит в начальном резком возрастании скорости роста популяции страны, сменяющегося затем столь же стремительным ее уменьшением, после чего население стабилизируется в своей численности. Результатом этой революции станет новый режим развития человечества. Демографический переход уже пройден так называемыми развитыми странами, и теперь, всего на 50 лет позднее, он происходит в развивающихся странах. Переход сопровождается ростом производительных сил и перемещением значительных масс населения из сел в города, а при его завершении наступает глубокое изменение возрастного состава населения. Методами демографии возможно рассчитать изменения населения на одно - два поколения вперед. Для таких прогнозов мир разбивается на ряд регионов, которым предписываются определенные сценарии роста. Такое рассмотрение, при котором факторы роста сводятся к таким, казалось бы, более элементарным процессам, как рождаемость, смертность и миграция, в настоящее время и применяется, в частности, для описания демографического перехода [3,4]. Однако таким путем трудно представить развитие всего человечества за сколько-нибудь длительное время как в прошлом так и настоящем.

Альтернативой может быть только последовательно системный подход, когда все население Земли рассматривается как сложная эволюционирующая и самоорганизующаяся система. При этом важно установить в какой мере понятие системы применимо ко всему населению Земли в целом и обладает ли процесс роста исторически предсказуемым и статистически детерминированным характером. Здесь возникают и определенные методологические трудности, связанные с применением представлений и методов физики к описанию и количественному анализу основных явлений в истории человечества.

Хотя использованная математика вполне элементарна, но само ее применение к описанию общества требует методы развитые уже в современной статистической физике неравновесных систем. Так представления демографии, в первую очередь демографический переход, будут интерпретироваться с помощью понятий современной нелинейной механики и синергетики. Ее методы - науки о сложных системах - предоставляют такую возможность и могут ввести в традиционные гуманитарные области новые понятия. Масштаб же задачи таков, что в ней необходим поиск и развитие новых путей исследования этой важнейшей глобальной проблемы как опыта междисциплинарного комплексного исследования, имеющей фундаментальный смысл для наук о человеке и обществе, так и практическое значение для политики и истории.

2. НАСЕЛЕНИЕ МИРА КАК СИСТЕМА

Возможность рассмотрения населения мира как системы, как единого и замкнутого объекта, который достаточно характеризовать числом людей на данный момент, долгое время отрицался в демографии. Ряд демографов видели в населении мира только сумму населения всех стран и не рассматривали его как объективную динамическую характеристику глобальной системы [5]. Но ключевое понятие для системы - это взаимодействия. С одной стороны, система должна быть замкнутой, - т.е. быть достаточно изолированной от внешних воздействий, а с другой стороны - целостность и развитие самой системы определяться внутренними взаимодействиями. Именно взаимосвязанность и взаимозависимость современного человечества, обусловленная транспортными и торговыми связями, миграционными и информационными потоками, объединяют всех в целое и дают неоспоримые возможности рассматривать сегодня мир, как глобальную систему. Однако, в какой мере такой подход справедлив для прошлого? Мы увидим, что в рамках самой модели можно сформулировать критерий системности роста. И в далеком прошлом, когда людей было мало, а мир в значительной степени был разделен, все равно его популяции медленно, но верно взаимодействовали. Следует также подчеркнуть, что для населения Земли как замкнутой системы не следует учитывать миграцию, вносящий свой вклад в баланс населения отдельной страны или региона, поскольку в масштабе планеты эмигрировать пока просто некуда. Наконец, существенно то, что биологически все люди принадлежат одному виду *Homo sapiens*, у них одинаковое число хромосом - 46, отличное от всех других приматов, а все расы способны к

смешению и социальному обмену. [6]. Местом обитания человечества служат практически все удобные для этого части Земли, однако по своей численности мы превышаем сравнимых с нами по размерам и питанию животных на пять порядков - в сто тысяч раз. Только домашние животные, живущие около человека, не ограничены в своей численности как их дикие родственники, каждый вид которых занимает свой ограниченный ареал, свою экологическую нишу. Таким образом, человечество на определенном этапе создало свою окружающую среду и отделилось от остальной биосферы. Теперь же, когда деятельность человека приобрела планетарный масштаб, со всей остротой стал вопрос о нашем влиянии на окружающую природу, и именно поэтому очень существенно понять, какими факторами определяется рост числа людей на нашей планете. При применении понятия системы и оценке значимости взаимодействий важно установить с какой постоянной времени и какими процессами это определяется. Так, выделение этносов и народов, дифференциация диалектов и языков происходит в своем масштабе времени. Больше время заняло разделение человечества на расы. Изменение же самой глобальной демографической системы занимало в прошлом еще большие времена, и в рамках настоящего исследования это время будет оценено. Более того, будет показано, что сама его величина связана с ростом населения Земли, и чем дальше мы удаляемся в прошлое, тем это время дольше. С другой стороны, есть все основания утверждать, что на протяжении последних сотен тысяч лет человек биологически мало изменился и основное развитие и самоорганизация человечества происходили в социальной сфере при сапиентации человека, обязанное его высокоразвитому мозгу и сознанию.

3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РОСТА НАСЕЛЕНИЯ ЗЕМЛИ

Население мира в момент времени T мы будем характеризовать числом людей $N(T)$. Это будет ведущей аддитивной переменной, подчиняющей все остальные. Такое выделение главной переменной характерно для системного подхода и получило свое обоснование в синергетике [7,8]. Процесс роста будет рассматриваться на значительном интервале времени - очень большом числе поколений, когда сама длительность жизни человека не будет явно входить в расчет, равно как и распределении людей в пространстве и по возрасту и полу.

Когда рассматривается сложный, многофакторный процесс развития системы, обладающий, однако, статистической стационарностью, следует ожидать, что рост происходит динамически самоподобно. В этом случае остается неизменной пропорция между относительным изменением численности и относительным изменением времени. Поэтому, в основе модели лежит предположение об автомодельности развития, что выражается в масштабной инвариантности, скейлинге этого процесса. Смысл этой основной гипотезы состоит в том, что утверждается постоянство относительной скорости роста системы. Это своего рода принцип инерции развития системы, и в этом случае можно показать, что рост должен описываться степенным законом. Таким образом, исключаются экспоненциальный и логистический рост, имеющие внутренний масштаб времени - время удвоения. Степенной закон был обнаружен рядом авторов (Маккендрик, Форстер, Хорнер), которые, обработав данные за несколько веков, предлагали эмпирическую формулу роста:

$$N = \frac{C}{T_1 - T} = \frac{200 \cdot 10^9}{2025 - T} \quad (1)$$

где $C = 200$ миллиардов - постоянная с размерностью [человек годы], а время T выражено в годах от Р.Х. Эта формула с удивительной точностью описывает рост населения Земли в течение сотен и даже многих тысяч лет. Та же формула независимо была получена и автором. Однако мы это выражение будем рассматривать как выражение, математически и физически корректно описывающее процесс самоподобного развития, следующий гиперболическому закону. Рост, известный в физике как режим с обострением, каким нам и представляется демографический взрыв [9,10].

Несмотря на то, что выражение (1) имеет необходимые свойства и хорошо согласуется с данными демографии, тем не менее, эта формула ограничена областью, где она применима. Во-первых,

Модель роста населения земли и предвидимое будущее цивилизации

по мере приближения к 2025 году население мира будет стремиться к бесконечности и одно это обстоятельство исключало серьезное к ней отношение, хотя это уже указывало на критический характер нашего времени.

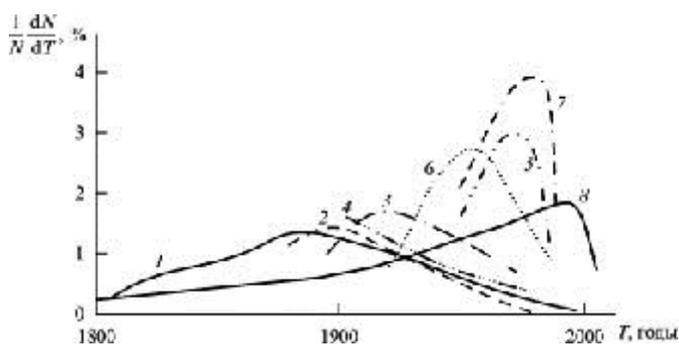


Рис. 2. Прохождение населения стран через демографический переход.

1 - Швеция, 2 - Германия, 3 - СССР, 4 - США, 5 - Маврикий, 6 - Шри-Ланка, 7 - Коста-Рика, 8 - Модель.

Во-вторых, и в далеком прошлом получается столь же абсурдный результат, поскольку при сотворении Вселенной 20 миллиардов лет тому назад должно было уже существовать 10 человек - космологов, несомненно, обсуждавших все величие происходящего!

Из теории таких процессов известно, что степенные зависимости верны только асимптотически, и область их применения во времени ограничена. С другой стороны мы увидим, что особенность при демографическом переходе представляется как неравновесный переход, наступающий при кризисе механизма роста. Демографический переход для всего населения мира см. Рис.6.

Фактор, который не учтен в (1), есть время, характеризующее жизнь человека - его репродуктивную способность и продолжительность жизни, т.е. именно те процессы, которые характеризуют быстрые, внутренние процессы в системе. Именно эти факторы в первую очередь проявляются при прохождении через демографический переход. Это можно учесть, продифференцировав (1), и затем в выражение для скорости роста, ввести, как микроскопический параметр феноменологии характерное, для жизни человека время t и таким путем исключить особенность при T_1 :

$$\frac{dN}{dT} = \frac{C}{(T_1 - T)^2} \quad (2a) \quad \text{и} \quad \frac{dN}{dT} = \frac{C}{(T_1 - T)^2 + \tau^2} \quad (2b)$$

В начальный период роста, когда N мало, то в далеком прошлом минимальная скорость роста не может быть меньше появления одного человека, вернее - гоминида, за такое же характерное время. Исключив таким, известным в физике, приемом особенности роста как в настоящем, так и в прошлом, можно регуляризовать решения для скорости роста. Интегрируя (2b), решение (1) может быть продолжено в предвидимое будущее, за пределы особенности при T_1 :

$$N = \frac{C}{\tau} \operatorname{arccctg} \left(\frac{T_1 - T}{\tau} \right) \quad (3)$$

Значения новых постоянных, определенные с точностью нескольких процентов

$$C = 172 \text{ Ч}109, T_1 = 2000, t = 45 \text{ лет и } K = \sqrt{\frac{C}{\tau}} = 62 \text{ 000} \quad (4)$$

получаются на основе сравнения (3) с демографическими данными. Полученные асимптотические решения описывают рост человечества в течении трех эпох.

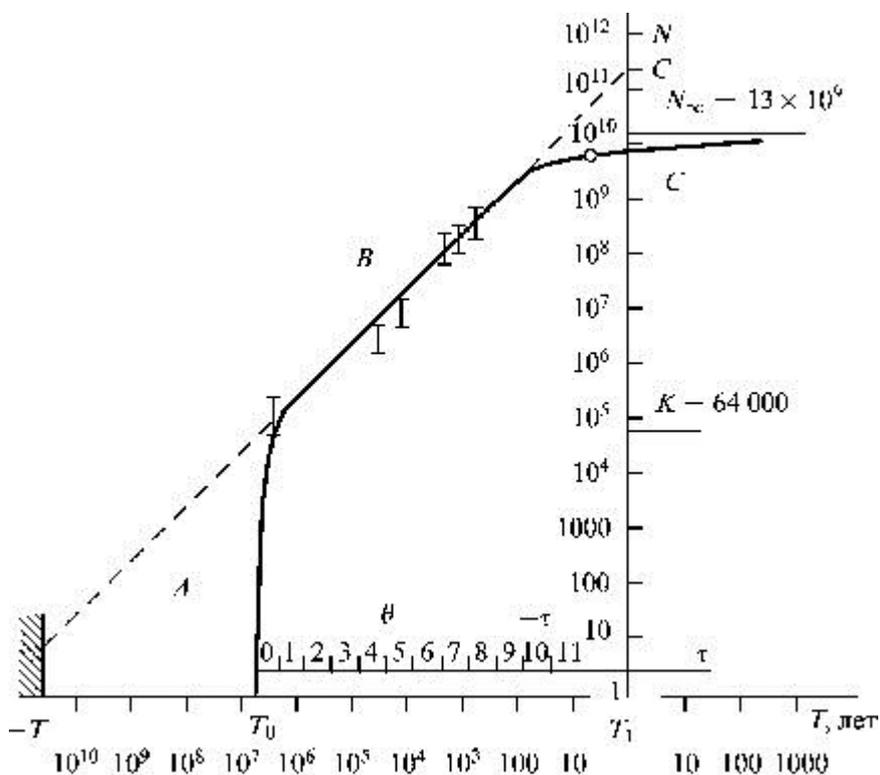


Рис. 3. Население мира от возникновения человечества до предвидимого будущего. Данные Бирабена и Коппенса. - настоящее время. .

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. В результате в течении эпохи С происходит стабилизация населения мира, отказ от роста и переход к совершенно иной парадигме развития человечества. Из-за введения t значение критического года перехода T_1 сдвигается от 2025 года к 2000 году. Само же значение $t = 45$ годам, весьма удовлетворительно

но отражает некоторую среднюю временную характеристику жизни человека, хотя это число получено из обработки демографических данных как глобальная характеристика демографического процесса, а не привнесена из опыта жизни, которому она вполне отвечает. В развитой нами теории [1] основной динамической характеристикой системы становится безразмерная константа $K = 62\ 000$. Как большой параметр нашей модели его значительная величина приводит к высокой эффективности асимптотических методов. Этот параметр определяет все соотношения в результатах расчетов и является также масштабом численности группы людей, определяющей коллективный характер того взаимодействия, которым описывается рост. Поэтому числами такого порядка характеризуется оптимальный масштаб города или района большого города, а в популяционной генетике подобными числами характеризуется численность устойчиво существующего вида. Таким образом, величина K связана с рядом явлений, в которых проявляются кооперативные свойства человека в природе и обществе. Скорость роста в эпоху В можно

$$\frac{dN}{dt} = \frac{N^2}{K^2} \quad (5), \text{ где } t = T/\tau$$

представить в виде уравнения роста: $\frac{dN}{dt} = \frac{N^2}{K^2}$ (5), где $t = T/\tau$ - время, измеренное в единицах эффективного поколения. В этом простейшем нелинейном феноменологическом уравнении скорость роста приравнивается коллективному взаимодействию, которое суммарно описывает все процессы экономической, технологической, культурной, социальной и биологической природы.

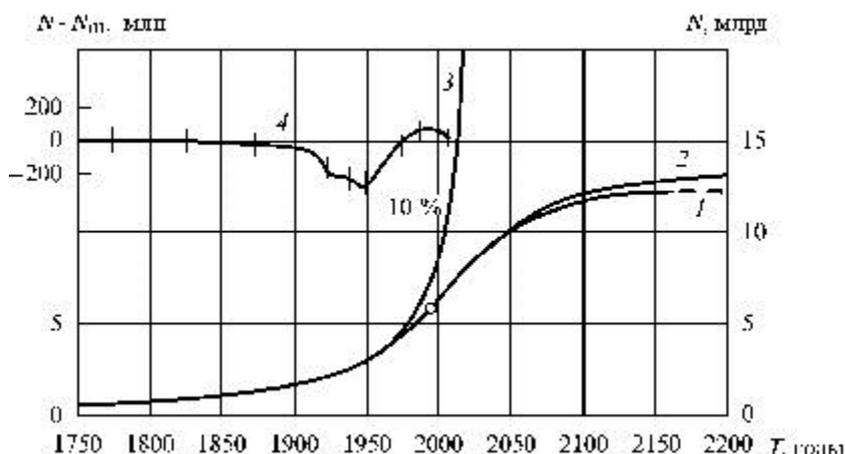


Рис. 4. Рост населения мира с 1750 по 2200 г. 1 - прогноз ПАСА [7], 2 - Модель (4), 3 - уход на бесконечность (1), 4 - разница между населением мира и расчетом по модели, увеличенная в 5 раз. Четко видны потери населения при Мировых войнах. - 1995 г.

Скорость роста всецело зависит от состояния системы в данный момент, равное квадрату населения мира, которое дает меру сетевой сложности динамической системы.

Но это можно рассматривать и как много-частичное коллективное взаимодействие между всеми составляющими, входящие в систему человечества, взаимодействие хорошо известное в физике.

Такой подход к описанию роста и развития человечества требует не только обоснования, но и известных усилий со стороны тех, кто мало знаком с такими общими методами, развитыми в теоретической физике. Подход, который может показаться отвлеченным и формальным. Трудность связана, в первую очередь, с необходимостью отказа от редукционизма - стремлением все представлять в виде результата действия элементарных факторов и прямых причинно-следственных связей. Именно взаимозависимость, нелинейность сильно связанных событий и механизмов заставляет искать системные - интегративные - принципы для описания поведения сложной системы в течение длительных промежутков времени и на большом пространстве. Заметим, что квадратичный рост не аддитивен и не линеен, и его нельзя применять для отдельной страны или региона, а только для всего населения планеты.

Смысл закона квадратичного роста состоит в том, что развитие самоускоряется, и каждый следующий шаг использует все ранее накопленное человечеством, в первую очередь информацию, которая, несомненно, играет основную роль в таком процессе. При обмене и распространении информации происходит ее необратимое умножение, в отличие от эквивалентного обмена ценностями в экономике, когда их общее число сохраняется, а сам обмен обратим. Это хорошо выражено в анекдоте о том, как два человека обмениваются идеями, и у каждого при этом прибавляется по идее!

Распространение и передача путем необратимой цепной реакции информации - технологий и знаний, обычаев и культуры, религии и, наконец, науки есть то, что качественно отличает человека и человечество в нашей эволюции. Долгое детство человека, овладение речью, его обучение, образование и воспитание, когда размножение задерживается на 20, а теперь и на 30 лет для формирования личности, ума и сознания, в значительной мере определяют единственный, специфический для человечества способ развития человека и самоорганизации общества. Механизм культурного наследования, с помощью которого происходит передача следующим поколениям приобретенных признаков, качественно отличает социальное наследование у человека от генетической эволюции у всего остального животного мира. Если биологическая эволюция происходит по Дарвину, без наследования приобретенных признаков, то социальная эволюция скорее следует идеи Ламарка. Таким путем именно коллективный опыт, пропорциональный информационному взаимодействию всех людей, и который математически выражается в виде квадратичной зависимости от их общего числа, передается как следующему поколению, так и распространяется вширь и служит основой роста при его синхронизации в пространстве. Квадратичное развитие настолько медленно в начале, что к нему следует добавить линейную часть, с тем, чтобы описать рост при малых N . Так, например, в химической кинетике вводится время инициации бимолекулярных химических реакций. В дальнейшем, в эпоху В, квадратичный рост происходит намного быстрее, чем линейного и любого экспоненциального роста, поскольку гиперболический рост ведет к бесконечности в конечное время T_1 . Мы также видим, что скорость гиперболического роста не зависит явно от внешних условий. Она определена только собственными системными характеристиками - параметрами K и t . Тогда же, 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, переход к стабилизирующейся численности населения Земли. Именно в этом следует видеть внутреннюю, системную природу демографического перехода. На основе развитых представлений легко определить предел, к которому в эпоху С стремится численность человечества в обозримом будущем:

$$N_{\infty} = \pi K^2 = 12 \cdot 10^9 \quad (6)$$

и время начала роста в эпоху А:

$$T_0 = T_1 - \frac{\pi}{2} K \tau = -4,4 \cdot 10^6 \quad (7)$$

лет тому назад. Если же проинтегрировать процесс роста от T_0 до T_1 , то можно оценить полное число людей, когда-либо живших:

$$P_{0,1} = 2.25K^2 \ln K = 100 \cdot 10^9 \quad (8)$$

В этой оценке $\ln K = 11,03$, а средняя длительность жизни человека принята равной 20 годам, как это сделано в оценках Кейфица и Вейсса, получивших значения для P от 80 до 150 миллиардов. Всю картину роста лучше всего представить на двойной логарифмической сетке. См. Рис.3. Именно в двойном логарифмическом масштабе все степенные законы - законы автомодельного развития, описываются прямыми линиями, что указывает на постоянство относительной - логарифмической - скорости роста. В дальнейшем мы увидим, что логарифмический масштаб времени позволит по-новому взглянуть на темпы развития и периодизацию всей истории человечества, при котором численность населения мира принципом взаимности связана со временем развития. Но прохождение населения мира через демографический переход в окрестности T_1 следует рассматривать в линейном масштабе времени и численности. См. Рис. 4.

4. СРАВНЕНИЕ ТЕОРИИ С ДАННЫМИ АНТРОПОЛОГИИ И ДЕМОГРАФИИ

В модели используется самое минимальное число параметров для описания всей истории человечества. Тем не менее, модель дает возможность описать развитие человечества за гигантский период времени и сравнить результаты расчетов с данными палеоантропологии и палеодемографии. Здесь необходимо подчеркнуть, что как сама модель, так и исходные даты и данные представляют лишь приближенную картину нашего прошлого. Это необходимо учитывать при обобщении выводов и их сравнении с результатами расчетов.

Таблица 1 РОСТ НАСЕЛЕНИЯ МИРА [4]

Год	$10^4 N$	$10^4 N/M$	Год	$10^4 N$	$10^4 N/M$
$-4.4 \cdot 10^6$	(0)	0	1920	1911	1998
$-1.6 \cdot 10^6$	0,1	0,1	1930	2515	2816
-35000	1 - 5	2	1970	3698	3737
-15000	3 - 10	8	1990	5328	5132
-7000	10 - 15	17	2000	6261	6000
-2000	47	43	2025	8504	8174
0	100 - 230	90	2030	10019	9688
1000	275 - 345	185	2075	10841	10563
1500	450 - 540	362	2100	11185	11094
1630	550	515	2125	11390	11437
1730	735 - 805	715	2150	11543	11675
1800	907	885	2200	11600	11980
1830	1170	1130	2500	UN ↑	12300
1900	1630 - 1710	1660			

Начальная эпоха линейного роста А начинается 4,4 миллиона лет тому назад и продолжается $Kt = 2,8$ миллиона лет. Так модель в общих чертах описывает первоначальный этап роста человечества, который может быть отождествлен с эпохой отделения гоминид от гоминоидов, начавшегося 4 - 5 миллиона лет тому назад [6]. К концу эпохи А появился Homo habilis, а сама его численность возросла до величины

$$N_{A,B} = K \tan 1 = 1,0 \cdot 10^5$$

. Эта оценка хорошо согласуется с оценкой 105, данной Коппенсом для этого существенного момента в развитии человечества - времени, когда в нижнем палеолите в Африке появился "человек

умелый". Расчет показывает, что в это время численность человечества испытывала сильные флуктуации. Подчеркнем, что модель дает оценку для момента начала эволюции T_0 , оценку вычисленную на основе неизменных значений для K и t в прошлом и настоящем. Эпоха В гиперболического роста охватывает палеолит, неолит и исторический период. За этот важнейший отрезок времени длительностью 1,6 миллиона лет, число людей еще раз выросло в K раз. Ко времени наступления мирового демографического перехода, которое по модели можно отнести к $T_1 - t = 1955$ г., население Земли составило уже $\frac{\pi}{4} K^2 = 3$ млрд., а к 2000 г. - середине демографического перехода - расчетное население достигнет 6 млрд., половину от стабилизированного населения $N_I = 12$ млрд. в эпоху С.

В течение Каменного века человечество расселилось по всему земному шару, причем во время плейстоцена происходило до пяти оледенений, а уровень мирового океана изменялся на сотню метров. При этом перекраивалась и география Земли, соединялись и вновь разъединялись материки и острова, а человек, гонимый изменениями климата занимал все новые и новые земли, когда его численность сначала медленно, но затем с нарастающей скоростью росла.

Из концепции модели следует, что в тех случаях, когда наступал длительный разрыв в популяциях, то в мировом сообществе происходило замедление развития в тех анклавах, которые надолго отделялись от основной массы человечества. Задержка произошла и с доколумбовой Америкой, длительное время развивавшейся самостоятельно. Будучи надолго оторванной от Евразийского массива, она неминуемо отстала от процесса развития мировой цивилизации. Систематический и неизменный рост происходил в Евразийском пространстве, по которому кочевали племена и мигрировали народы, формировались этносы и языки. Во время неолита взаимодействие и обмен происходил по Степному пути. Позднее, существенную роль играли торговые связи и наибольшее значение имел Великий шелковый путь, сеть караванных маршрутов, соединявших Китай и Европу, а также Индию.

По этому пути, начиная с античности, шел интенсивный межконтинентальный обмен, распространялись технологии и мировые религии. На всем пространстве ойкумены существенным индикатором взаимодействий и миграций служит распространение и связи языков мира. Данные о населении мира во всем диапазоне времен с достаточной достоверностью укладываются в предложенную модель, несмотря на то, что чем дальше мы уходим в прошлое, тем точность данных для населения мира уменьшается.

Поучительно сравнение расчетов по модели с прогнозами демографии на ближайшее будущее. Математическая модель указывает на асимптотический переход к пределу 12 млрд., причем 90 % предельной численности, равной 11 млрд., следует ожидать к 2150 г. Эти данные можно сравнить с расчетами ООН и Международного института прикладного системного анализа (IIASA). Прогноз ООН основан на обобщении по девяти регионам мира ряда сценариев для рождаемости и смертности и доведен до 2150 г. К этому сроку по оптимальному сценарию ООН население Земли выйдет на постоянный предел 11 600 миллионов, который затем экстраполируется до 2200 г. Прогнозы IIASA охватывают меньший диапазон времени - до 2100 г. и основаны на разделении мира на шесть регионов при десяти сценариях развития. Оптимальным полагается вариант медленного спада рождаемости, при котором расчеты ООН и IIASA практически совпадают. Для 2100 года приводятся следующие прогнозы (в миллиардах) [3]:

IIASA 12,6 ±3,4; ООН 11,2 - 5,2+7,9; Мировой банк 11,7 и Модель 12 +0 -1.

Интерес представляет последнее исследование роста населения Земли предпринятое в IIASA, где вновь, следуя принятым в демографии методам, рассчитана численность человечества до 2100 г. В последнем варианте прогноза предпринят вероятностный способ обработки данных при котором осреднены 4000 вариантов развития в предположении различных сценариев развития. В своей совокупности эти расчеты согласуются с модельными данными. Однако после 2030 года эти результаты становятся все менее достоверными. Таким образом, как расчеты демографов, так и моделирование приводит к выводу, что после демографического перехода население Земли стабилизируется на уровне 10 - 12 миллиардов.

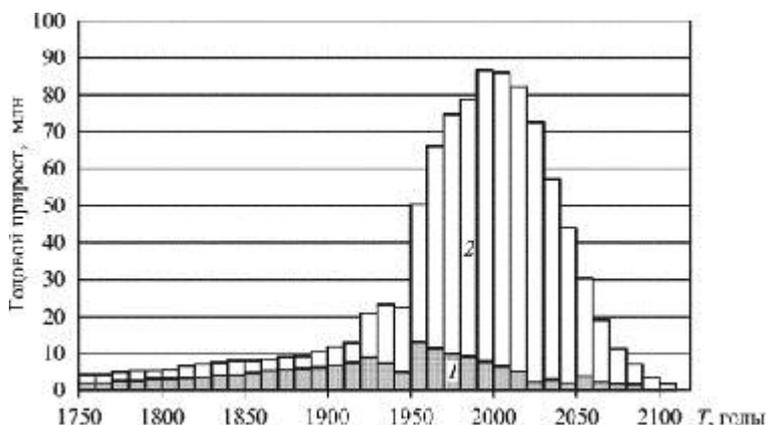


Рис. 5. Демографический переход с 1750 - 2100 г.г. (Данные ООН) Прирост населения мира, осредненный за декады. 1 - развитые страны, 2 - развивающиеся страны

5. ГЛОБАЛЬНЫЙ ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД

Демографический переход, несомненно, представляет собой самое существенное событие в истории человечества с момента появления наших далеких предков 1 - 2 миллиона лет тому назад, когда в

эволюции жизни на Земле произошло, по причинам малопонятным, появление человека одаренного разумом. Именно разум и сознание привело к исключительному, взрывному, росту числа

людей на Земле. Теперь же, в результате глобального ограничения механизма развития, рост внезапно прекратился, принципиально изменяя все аспекты нашей жизни.

Продолжительность перехода, при котором население Земли утроится, занимает всего $2t = 90$ лет, однако за это время, составляющее $1/50\ 000$ всей истории человечества, произойдет коренное изменение характера его развития. Тем не менее, несмотря на краткость перехода, это время переживет $1/10$ всех людей, когда-либо живших. В рамках модели для введенного Шене [11] демографического мультипликатора значение $M = 3.00$ хорошо согласуется со значениями для крупных стран и всего мира $M = 2,95$.

Острота перехода в полной мере обязана синхронизации процессов развития, и тому сильному взаимодействию, которое осуществляется в мировой демографической системе, что служит неоспоримым примером глобализации, как процесса, охватывающего все население нашей планеты. Однако модель указывает, что человечество всегда, с самого начала росло и развивалось как глобальная система, охваченная общим информационным взаимодействием.

В настоящее время именно ударность, обостренность перехода, когда его характерное время оказывается меньше средней продолжительности жизни в 70 лет, приводит к нарушению длительных, выработанных за тысячелетия нашей истории модели роста. Сегодня принято говорить, что связь времен нарушается. В этом можно видеть проявление представлений о неравновесности процесса роста, ведущей к неустроенности жизни, характерных для нашего времени стрессов. Это находит выражение в кризисе сознания, начиная от отдельной личности и семьи до уровня общественного сознания стран и империй.

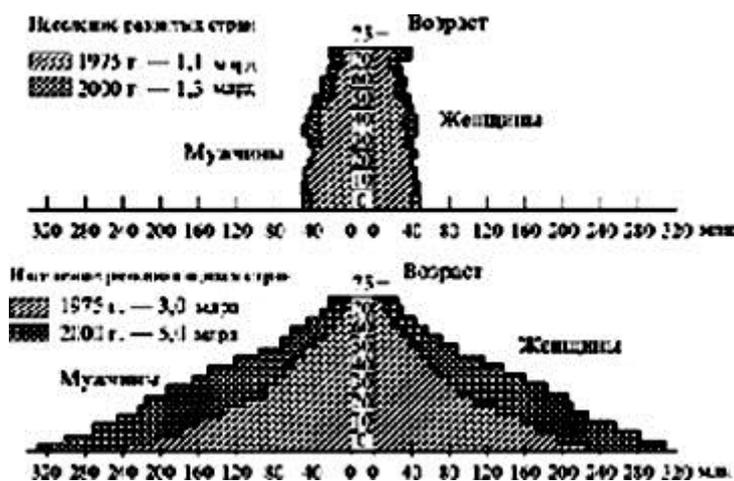


Рис. 6. Распределение населения по возрастам и полу для 1975 и 2000 г.г. По расчетам Национального Бюро Переписей США. Данные для 2000 г. соответствуют среднему варианту.

Эти кризисные явления видны в распаде структур, которые формировались и существовали веками, а теперь исчезают за десятилетия, следуя темпу сжатия исторического времени. Неустроенность и отсутствия времени на то, что закрепляется в области культуры традицией, несомненно, отражено в распаде морали, искусстве и идеологиях нашего времени. Иными словами,

как и в мире компьютеров, наше 'программное обеспечение' не поспевает в своем развитии за техникой. Так культура не поспевает за цивилизацией.

Наиболее существен вывод о стабилизации населения мира после демографического перехода. В свете представленной модели это следует из-за перехода от одного типа развития - гиперболического роста в течение эпохи В и режима с обострением - к стабилизированному режиму эпохи С, как следствие тех системных динамических и статистических закономерностей, которые лежат в основе самоорганизации развития. Анализ показывает, что в предположении неизменности механизма развития, стабилизированный рост после перехода асимптотически устойчив. Однако каким будет развитие в эту принципиально новую историческую эпоху, представляется как основная проблема, стоящая перед человечеством и должна быть в центре внимания при мыслях о будущем. При демографическом переходе коренным образом меняется соотношение между молодыми и старшими поколениями. Распределение населения по возрасту и полу обычно представляют в виде диаграмм, на которых наглядно видно как с возрастом изменяется состав населения и как, в случае нестационарного состояния, происходит эволюция системы. С точки зрения системного подхода и статистической физики переход представляется как фазовое превращение, которое и следует связывать с изменением распределения по возрасту в системе народонаселения. Эволюция же этих распределений может быть рассмотрена либо при развитии модели, либо

методами демографии на основе ее теоретических представлений, разработанных для этих целей и имеющие особое значение именно для описания демографического перехода.

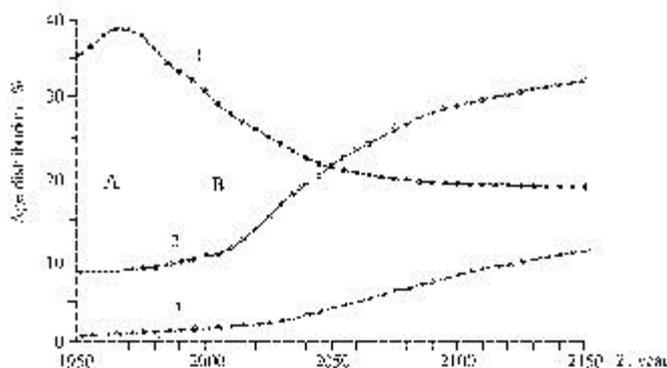


Рис. 7. Старение населения мира 1950 - 2150 гг. в %. (По расчетам ООН) Когорты моложе 15 лет (1), от 65 до 80 лет (2) и старше 80 лет (3). Распределение по возрастам в развивающихся странах - А и развитых странах - В на 2000 год. Эти распределения смещены друг относительно друга на 50 лет, указывая на разницу в развитии.

Подводя итог, изложенный подход позволил охватить все развитие человечества, рассматривая рост его численности как процесс самоорганизации. Этот подход стал возможен благодаря переходу на следующий уровень интелектуальной организации.

по сравнению с уровнем, принятым в демографии, когда для описания поведения отдельной страны или региона во временном масштабе одного или двух поколений можно обратиться к ее методам. Таким образом, количественные методы моделирования и демографии, по существу, дополняют друг друга, не противореча в той области, где они перекрываются. Эту методологическую согласованность двух подходов следует рассматривать как проявление принципа соответствия, хорошо известного в физике при рассмотрении явлений разного масштаба и степени агрегации.

6. ТРАНСФОРМАЦИЯ ТЕМПОВ РАЗВИТИЯ ВО ВРЕМЕНИ

Существенным результатом теории роста стало представление об изменении течения времени - его сокращения по мере развития системы и давно известное историкам и философам. Изменение масштаба времени, происходящее по мере роста человечества легко представить математически, если ввести понятие о мгновенном времени T_e экспоненциального роста, как характеристику времени перемен, рассматривая его в зависимости от времени T . Тогда для эпохи V в первом, приближении получим, что скорость роста связана с давностью:

$$T_e = \left(\frac{1}{N} \frac{dN}{dT} \right)^{-1} = T_1 - T \quad \text{и} \quad \frac{1}{N} \frac{dN}{dT} = \frac{100}{T_1 - T} \% \quad \text{в год (9)}$$

Таким образом, относительный рост составляет % в год. Поскольку сегодня мы очень близки к T_1 , то T_e просто равно удалению в прошлое. Так, 100 лет тому назад $T_e = 100$ лет, а относительный рост был 1 % в год. В начале нашей эры, 2000 лет тому назад рост был 0,05% в год, а 100 тысяч лет тому назад рост 0,001% в год был так мал, что общество считали статичным. Тем не менее, и тогда человечество росло и развивалось в соответствии с его древностью. Такой крайне медленный рост в те далекие времена хорошо известен в антропологии, однако удовлетворительного объяснения он не имел. [6]. К наступлению неолита 10 - 12 тысяч лет тому назад скорость роста была уже в 10 000 раз больше чем в начале Каменного века, а население мира составляло 15 миллионов, что соответствует оценкам. Заметим, что к неолиту прожила половина всех людей, когда-либо живших, а в логарифмическом масштабе прошла половина времени от T_0 до T_1 . В рамках модели неолитической революции как скачка нет, поскольку описывается только усредненная картина развития. Поэтому, даже если локально неолитическая революция привела при постоянстве относительной скорости развития к быстрому росту населения, то в среднем это изменение происходило достаточно плавно. Сжатие системного времени в сотни и тысячи раз лучше всего видно, если крупные исторические периоды представить в логарифмическом масштабе. См. Таблицу 2. Наблюдения антропологов и традиции историков четко намечают рубежи эпох, равномерно разделяющие в логарифмическом масштабе время от $T_0 = 4 - 5$ миллиона лет тому назад до $T_1 = 2000$. С той точностью, которую можно ожидать, эта периодизация соответствует тому, что каждый следующий цикл короче предшествующего в 2,5 - 3 раза и ведет к увеличению численности во столько же раз. Если мы обратимся к формуле для числа

Модель роста населения земли и предвидимое будущее цивилизации

людей, когда-либо живших, то в эпоху В в каждый из $\ln K = 11$ периодов жило по $2,25K2 = 9$ миллиардов людей. В это время сама продолжительность демографических циклов изменялась от 1 миллиона до 45 лет, а $DP = 9$ миллиардов выступает как циклический инвариант системного роста.

Таблица 2. Развитие человечества в логарифмическом масштабе

Эпоха	Период	Дата (годы)	Число людей	Культурный период	ΔT лет	История, культура, геология
С	T ₁	2150	11×10^9	Стабилизация населения земли	125	Переход к прерыву 12×10^9 Изменение возрастного распределения Глобализация
		2050	10×10^9	Мировой демографич. переход		
		2000	6×10^9	Переход	45	Урбанизация Настоящее время
В	11	1955	3×10^8	Новейшая	45	Кампогери Атомная энергия Мировые войны Электричество Промышленная революция Климатическая Географические открытия Падение Рима Рождество Христова Греческая или китайская Ичэн, Китай, Будда Междуречье, Египет Письменность, Города Орбита шимпанзе, Селмаз. Керамика, Бронза Микролиты Заселение Америки Шашки Налта Sapiens Речка, Очаг Заселение Европы и Азии Рубина Галечная культура, Чанепер Налта Nabilis
	10	1840			125	
	9	1300			340	
	8	500 до н.э.			1000	
	7	2000 до н.э.			2500	
	6	9000			7000	
	5	29000			20000	
	4	80000			51000	
	3	0,22 мл			$1,4 \times 10^6$	
	2	0,80 мл			$0,8 \times 10^6$	
	1	1,8 мл			$1,0 \times 10^6$	
А	T ₂	4,4 мл	(1)	Антропогенез	$2,8 \times 10^6$	Огневые Гоминиды от Гоминидов

Петербургский историк И.М.Дьяконов в поучительном обзоре "Пути истории" четко указал на экспоненциальное сокращение продолжительности исторических периодов по мере приближения к нашему времени [12]. Сжатие исторического времени можно распространить и на оценку длительности крупных исторических процессов. Так, следуя историку Гиббону, упадок и разложение Римской Империи продолжалось 1,5 тысячи лет. В наше же время нынешние империи создавались за века и распадаются за десятилетия. Трансформацию исторического времени также можно связать с представлением новой о временной протяженности - la longue duree, обсуждаемое французской исторической наукой школы "Анналов" [13]. На этих примерах видно, как близко соприкасается видение историков и образы, принадлежащие точным наукам, введенные при описании глобального развития человечества. А то, что следует

называть метаисторическим подходом, может быть продлено и в еще более далекое прошлое, где найденные закономерности четко прослеживаются вплоть до времени возникновения человека и появления разума, как ключевого фактора развития и эволюции человечества.

Особое значение в масштабе глобальной истории следует придать синхронности системного поведения - вопрос, который издавна находится в центре внимания исторической науки [13,14,15]. Глобальная периодизация, следующая из модели, служит также свидетельством устойчивости роста и детерминированности глобального исторического процесса, а одновременность основных рубежей, обязанных информационному взаимодействию - системному поведению человечества.

С другой стороны, демографические циклы можно связать с представлением о социально-технологических циклах, предложенных Н.Д. Кондратьевым [17], но которые, при учете неравномерности времени, охватывают уже всю историю человечества. В настоящее время, по мере приближения к критической дате T₁, T₂ уже отстает от линейной зависимости и T₂ = 58 проходит через свое минимальное значение, соответствующее указанному выше среднегодовому росту в 1,7 % и мгновенному времени удвоения T₂ = 0,7T₂ = 40 годам. Это подчеркивает, насколько стремительно человечество проходит через критический период. После 2000 года, при стабилизации численности населения T₂ станет быстро расти.

7. ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И УСТОЙЧИВОСТЬ РАЗВИТИЯ

В представленной периодизации, даже не обращаясь к формальным выводам моделирования, видно, как в настоящее время происходит завершение целой эпохи роста и смена парадигмы развития человечества. Демографический переход, как следствие предела сжатия исторического времени следует, поэтому, рассматривать как важнейший рубеж во всей истории человечества. Рост, описываемый кооперативным взаимодействием, включающий все виды человеческой деятельности по существу учитывает и развитие науки и техники, как системного фактора - разви-

тие, которое принципиально не выделяет наше время по сравнению с прошлым. Такое влияние новых технологий происходило на всем протяжении прошлого человечества и именно такими этапами отмечены, например, эпохи Каменного века. Тот же процесс, только в большем темпе происходит и сегодня. Поэтому, принимая закон развития неизменным, что видно по неизменности роста населения мира до демографического перехода, следует полагать, что не исчерпание ресурсов, перенаселение или развитие науки и медицины станут определяющим в изменении алгоритма роста. Его изменение определяется не граничными условиями, а внутренними причинами, в первую очередь - ограниченной скоростью роста. Это определяется уже природой человека и количественно выражается в характеристическом времени t . Влияние же внешних, глобальных, условий может сказаться лишь в следующем приближении, в том числе тогда, когда масштаб деятельности человека станет планетарным фактором эволюции Земли и ее биосферы. Таким образом, заключение, к которому приводит теория, состоит в общей независимости глобального роста от внешних условий - вывод, находящийся в противоречии с традиционными и общепринятыми мальтузианскими представлениями [16].

Действительно, на всем пути развития человечество в целом всегда располагало достаточными ресурсами для развития. Их человек осваивал, расселяясь по Земле и увеличивая эффективность производства. Тогда же, когда контактов, ресурсов и пространства не было, развитие кончалось, однако в среднем общий рост был неуклонным. Рост производительности труда привел к тому, что сегодня в развитых странах 2 - 3 % населения может прокормить всю страну. См. Рис.8. По утверждению экспертов Международной организации питания и в настоящее время также есть достаточно пространства и ресурсов на планете для принципиальной возможности обеспечить питанием 20 - 25 миллиардов человек [4]. Голод же во многих регионах связан не с общим недостатком продовольствия, а со способами его распределения, которые имеют социальное и экономическое, а не глобальное ресурсное происхождение. До сих пор, и, по-видимому, в обозримом будущем, такие ресурсы будут иметься. Это позволит человечеству пройти через демографический переход и обеспечит наше будущее, при котором население увеличится не более чем в 2 раза.

В обозримом будущем, после демографического перехода, встанет вопрос о критериях развития. Если в прошлом все выражалось в количественном росте, то в новых условиях при стабилизации численности населения критерием развития, по-видимому, станет качество населения. Так, за изменением возрастной структуры населения последует глубокая перестройка ценностных ориентаций в обществе, большая нагрузка на здравоохранение, систему социальной защиты, образования и науки, будет вырабатываться новое, ответственное отношение к окружающей среде. Эти фундаментальные изменения ценностных установок общества, несомненно, представляют основную проблему на новом этапе эволюции человечества, который наступит в предвидимом будущем при стабилизации населения нашей планеты после демографического перехода. Представляется, что именно в этом контексте следует рассматривать концепцию устойчивого развития - *sustainable development* - и самого качества жизни, к которому сейчас обращаются [20]. С исторической и социальной точек зрения исключительное значение имеет системная устойчивость развития человечества как в процессе роста, так и, особенно, во время переходного периода. Следует заметить, что при демографическом переходе на его первой стадии, как показывает расчет, системная устойчивость будет минимальной. Именно тогда происходит исторически внезапное появление молодого и активного поколения. Так было в развитых странах, в первую очередь в XIX веке в Европе, когда она проходила через этот этап. При этом возникли демографические предпосылки как для стремительного экономического развития и роста городов, так и для тех мощных волн эмиграции, которые привели к заселению Нового Света, Сибири и Австралии. Но это не в достаточной мере стабилизировало процесс развития и, в конечном итоге, способствовало системному кризису Мировых войн.

В канун Первой мировой войны Европа развивалась темпами никогда в будущем уже не превзойденными. Так, экономики Германии и России росли более чем на 10 % в год. Это сопровождалось необыкновенным расцветом науки и искусств, предопределившим все, что затем происходило в культуре XX века. Но "Belle Epoque" - это прекрасное время расцвета Европы оборвалось роковым выстрелом в Сараево, кризисом войны, и потребовалось 40 лет для того, чтобы его

преодолеть. Мировые войны привели к общим потерям около 250 миллионов или 10 % населения мира. В прошлом следует обратить внимание на потери от Черной Смерти - страшной пандемии чумы в XIV веке возникшей вследствие развязанной тогда бактериологической войны и приведшей к значительным нарушениям роста населения мира. Тем не менее, как и в случае мировых войн XX века, человечество очень быстро восполнило эти потери и, что примечательно, вернулось на прежнюю траекторию роста, что указывает на ее общую системную устойчивость. В настоящее время возможна потеря системной устойчивости при прохождении развивающихся стран через демографический переход - переход, который произойдет в два раза быстрее, чем в Европе и охватит в десять раз больше людей. Так, в течение последних десяти лет экономика Китая растет более чем на 10 % в год, тогда как население, превышающее 1,2 миллиарда, растет на 1,1 %. Население же Индии прошло миллиардный рубеж и растет на 1,9 %, а экономика - на 6 % в год. Вместе с аналогичными цифрами, характеризующими стремительное развитие стран Азиатско-Тихоокеанского региона, возникают все увеличивающиеся градиенты роста населения и экономического неравенства, разрушительный потенциал которых при наличии ядерного оружия может угрожать глобальной безопасности в этом регионе.

К факторам потенциальной нестабильности следует добавить демографические градиенты на границах государств. Так просторы Сибири в настоящее время теряют население, в то время как в Северных провинциях Китая оно стремительно растет. На границе же США и Мексики происходит, подобно нашей границе с Китаем, диффузия населения на север. Аналогичное положение может возникнуть с взрывающимся 200-миллионным населением Индонезии к северу от мало населенного континента Австралии, где живет всего 18 миллионов. Демографический фактор, несомненно, важен для ряда мусульманских стран, где взрывное появление масс неприкаянной молодежи дестабилизирует эти страны. Причем следует иметь в виду, что по культурологическим причинам Ислам мало способствует экономическому развитию. Поэтому результирующее 'столкновение цивилизаций' связано не столько с религиозным фактором, сколько с отставанием стран Ислама в модернизации и развитии.

Сравнивая динамику населения Европы и Азии видно, как в самое ближайшее время центр развития переместится в Азиатско-Тихоокеанский регион. Тихий океан станет последним "средиземноморьем" планеты, где Атлантика была вторым, а Средиземное море - первым. Только учитывая динамику этого региона, выраженную в росте населения, можно делать какие-либо выводы о мире, в котором предстоит жить нашим внукам и правнукам - мире, где Европа навсегда станет малочисленной окраиной, но обладающая большим культурным и научным потенциалом. Произойдет ли в XXI век на Востоке скачок в развитии современной культуры, науки и искусства, подобный тому, как это случилось в Европе в XX веке, во многом зависит наше будущее.

Таблица 3.

ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ МИРА, АЗИИ И ЕВРОПЫ

Год	1950			2000			2050		
	Мир	Азия	Европа	Мир	Азия	Европа	Мир	Азия	Европа
Население (млн.)	2500	1400	590	6170	3740	730	9900	5700	700
Рост % в год	1.78	1.90	0.96	1.49	1.55	0.08	0.54	0.44	-0.2
Дегр. Смер. на 1000	156	180	72	57	57	12	17	17	6

Нарастающие неравномерности развития могут стать потенциальной причиной потери устойчивости роста и, как следствие, привести к войнам. Такие возможные неустойчивости принципиально нельзя предсказать, однако указать на их вероятность не только возможно, но и следует сделать. Именно в сохранении устойчи-

вости развития состоит главная ответственность мирового сообщества: сохранить мир в эпоху крутых перемен и не дать местным конфликтам разгореться в пожар, подобный тому, что возник в Европе в начале XX века. Без такой глобальной устойчивости невозможно решение никаких других глобальных проблем, какими бы значимыми они ни казались. Поэтому при обсуждении глобальных вопросов безопасности, наряду с военной, экономической и экологической безопасностью, следует включить в анализ, причем далеко не на последнем месте, демографический фактор безопасности и стабильности мира, который должен учитывать не только количественные параметры роста населения, но качественные, в том числе этнические, факторы.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Для населения мира, если рассматривать его как единую развивающуюся путем самоорганизации систему, предложенная модель позволяет охватить громадный диапазон времени и круг явлений, в которые входит, по существу, вся история человечества как общества, где обобщенная информационная надстройка определяет развитие экономического базиса. Постоянство самоподобного процесса роста, для которого устанавливаются естественные границы его реализации, представляется существенным свойством модели, использующей только самые необходимые и минимальные средства для ее построения.

В начале XIX века на основе математической модели Мальтус утверждал, что именно ресурсы определяют предел экспоненциального роста населения, представления, оказавшие большое влияние на обществоведов и экономистов. В середине XX века эти представления были развиты в первых докладах Римскому Клубу при создании больших моделей на ЭВМ [16]. Тогда же было привлечено внимание и впервые сформулированы глобальные проблемы, стоящим перед человечеством. Однако наша модель парадоксально указывает на глобальную независимость развития в течение всей истории от внешних ресурсов. Развитие, при котором темп роста всецело зависит от внутренних свойств системы, а не внешних факторов. Это обстоятельство позволяет сформулировать, в отличие от популяционного принцип Мальтуса, принцип демографического императива.

По этому в данном исследовании демографическому фактору придается первостепенное значение. Однако приходится отметить, что в дискуссиях по глобальной проблематике демографический подход до последнего времени по существу отсутствует и по политическим мотивам под давлением некоторых держав, был исключен из обсуждения. В настоящее время это положение изменилось, и ныне значение демографического фактора признается все больше. В силу указанных причин и тех острых дискуссий и выводов, которые делаются на основе представлений о предвидимом будущем, следует считать целесообразной постановку междисциплинарных комплексных исследований этих проблем. Проблем, где математическое моделирование, вместе с другими методами, должно участвовать в анализе роста численности населения мира и тех последствий, которые произойдут после демографической революции.

Справедливость принципов моделирования следует видеть не только и не столько в том, насколько близко расчет совпадает с наблюдаемыми данными, сколько в следствиях тех основных предположений о системности и статистической стационарности процесса автомодельного роста, которые положены в ее основу. Именно в этом представляется успех применения методов нелинейной механики, развитых в значительной мере Хакеном и Пригожиным в исследовании эволюции неравновесных систем и приложенных выше к анализу роста населения мира. Охватывая все развитие системы человечества, нелинейная модель, естественно, неприменима к отдельным регионам и странам. Однако глобальный ход развития оказывает влияние на каждую страну, каждую демографическую подсистему, как часть целого.

Модель предлагает феноменологическое, макроскопическое описание явлений, в основе которого лежит представление о кооперативном взаимодействии, включающем все процессы культурной, экономической, технологической, социальной, и биологической природы, и приводящем к самоускоренному гиперболическому росту. Это взаимодействие, несомненно, связано с сознанием, качественно отличающее человечество от животного мира и обязано передаче информации, культуре как фактора развития, происходящей между поколениями, так и ее распространению во всем пространстве ойкумены. Последнее обстоятельство приводит к синхронизации глобального развития, наблюдаемом на всем протяжении истории и предыстории человечества. Существенным выводом теории стало представление о кинематическом преобразовании эффективной продолжительности исторического времени по мере роста человечества. Установление рубежа для начала отсчета времени демографических циклов, продолжительность которых увеличивается по мере удаления в прошлое, отвечает представлениям антропологов и историков о периодизации развития и придает их интуитивным представлениям количественный смысл. Вместе с этим

можно утверждать, что в масштабе глобальной истории, той, что Фернан Бродель называл тотальной истории, развитие устойчиво и детерминировано. И только по мере уменьшения пространственного и временного масштаба наступают явления хаоса, как их понимает в синергетике. Некоторые историки провозгласили конец Истории [18]. Но анализ показывает, что человечество ныне проходит критическую эпоху смены парадигм развития, никогда прежде им не переживавшуюся. В конце обширной эпохи взрывного роста, в критические годы демографической революции историческое время развития сжато в исключительно короткий интервал, что привело к разрушению исторически сложившихся связей. Эти представления имеют большое значение для понимания экономики развития, перехода от парадигмы баланса и равновесия к неравновесной эволюции. Долгое время экономика основывалась на предположении о медленном, равновесном и, в принципе, обратимом обмене. В настоящее время именно неравновесные процессы приводят не только к общему росту, но нарастанию неравномерностей развития. Поэтому модель квадратичного роста, неравновесного и необратимого, в основе которой лежит обобщенная информация, являющаяся главным фактором роста на всем протяжении роста человечества, приобретает особое значение для понимания экономического развития. Недаром к этому подходу привлечено внимание экономистов в итоговом выпуске журнала "Вопросы экономики" [19]. В этой связи обратим внимание на симптоматичное замечание Фукуямы: "Непонимание того, что основы экономического поведения лежат в области сознания и культуры приводит к тому распространенному заблуждению, при котором материальные причины приписывают тем явлениям в обществе, которые по своей природе в основном принадлежат области духа." [21]. Математические модели - это не только и не столько средство для количественного описания явлений. В понятиях теории, в частности нелинейных явлений, следует видеть источник образов и аналогий, которые помогут расширить круг представлений в тех областях науки, где строгие понятия точных наук не могут быть формализованы в той степени, так как этого хотелось бы. В первую очередь, именно в расширении понятийного и образного круга, в появлении новых аналогий можно ожидать результатов от междисциплинарного взаимодействия наук, самонадеянно называющих себя естественными и точными, с теми областями знания, где объектом является человек и общество. В этом ряду демография занимает особое место, поскольку при всей ограниченности числа как характеристики сообщества, его значение имеет четкий и универсальный смысл. Поэтому в этом случае, с одной стороны, в математическом моделировании важен не только количественный результат, но и те новые интеллектуальные инструменты, которые при этом входят в оборот и служат для более полного понимания явлений. С другой стороны, в демографической проблеме можно получить замкнутые и ясные результаты, а также новый объект для теоретических исследований физика и математика.

В целом, переход после демографической революции к новой парадигме развития приведет к глубоким изменениям, предвидение которых должно привлечь внимание всех, кто всерьез задумывается о судьбах мира. Более того, развитый подход позволяет с новых позиций рассмотреть некоторые вопросы экономического роста и развития культуры, поскольку демографический переход затрагивает все стороны жизни, а не только ее демографические аспекты. Удлинение продолжительности жизни и сокращение рождаемости, при котором возрастает численность пожилых граждан и уменьшается численность молодежи, ведет к увеличению нагрузки на систему социального обеспечения и медицинского обслуживания пенсионеров. Изменение возрастного состава и увеличение числа городских жителей приводит к изменению структуры семьи, критериев роста и успеха, приоритетов и ценностей общества. Это происходит столь стремительно, что ни отдельные лица, ни общество в целом и его институты не успевают адаптироваться к новым обстоятельствам и, соответственно, придти после перехода к новому стационарному состоянию минуя кризис, сопровождаемый острым социальным и экономическим неравенством.

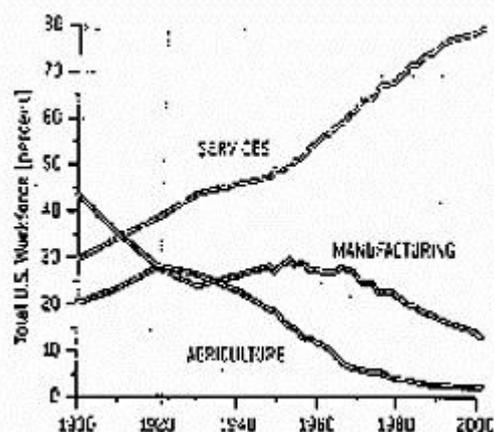


Рис. 8. Деиндустриализация: изменение рабочей силы в США по секторам (в %)

Более того, можно думать, что крушение плановых начал в экономике и переход к доминированию рынка, с его коротким горизонтом предвидения, кризисом социального мировоззрения, идейных установок и отношения к окружающей среде, которые происходят из-за самой стремительности перехода к новому режиму развития.

Эпохой, когда количественный рост сменяется либо качественным развитием, либо стагнацией. Эта дилемма стоит как перед человечеством, так с особой остротой перед Россией при переходе от индустриального развития к обществу знаний. Существенные структурные изменения в странах, завершающих переход, сопровождается сменой приоритетов в экономике и обществе, взаимоотношений между поколениями и моральных установок при воспроизводстве населения. Таким образом, в предвидимом будущем при неизменном населении мира и существенном его старении возможно две альтернативы развития - либо стагнация или даже упадок, либо рост качества жизни. Последняя альтернатива всецело связана с развитием культуры, науки и образования - с человеческим капиталом [21]. Так, в развитых странах время, уделяемое образованию, становится все больше. Поэтому настоящее время недаром видят, как время непрерывного образования - век живи и век учись! Наконец, по мере стабилизации населения мира можно ожидать и долговременную стабилизацию исторического процесса при наступлении новой временной периодизации истории, при новых приоритетах и темпах развития.

Демографический анализ мирового развития дает глобальную перспективу видения - картину, которую можно считать метаисторической, находящейся над историей по широте и времени охвата. Как феноменологическое описание она не дает деталей тех конкретных механизмов, в которых мы привычно ищем объяснения событий быстротекущей жизни. Поэтому такая методология некоторым может казаться абстрактной и даже механистической. Но конкретные социологические исследования могут и должны дать объяснения квадратичного коллективного взаимодействия. Однако уже достигнутые выводы и обобщения имеют свое место и ценность, как дающие достаточно полную и объективную картину развития реального мира. Быть может, таким путем впервые возможно предложить количественное исследование исторического процесса. Это также актуально для выработки концепции устойчивого развития и понимания процессов, связанных со стабилизацией населения мира.

Происхождение и смысл универсального информационного взаимодействия ставит общие проблемы природы сознания человека и еще менее понятном явлении, как сознании общества. Возможно, оно связано с понятием ноосферы, введенного В.И. Вернадским и Тейар де Шарденом, которая, быть может, и определяют развитие человечества в целом. Трудно думать, что в обозримом будущем станет возможным сознательно воздействовать на глобальный процесс роста в силу масштаба происходящего и темпов этих событий, само понимание которых еще неполно и при отсутствии должной глобальной политической воли. В тоже время, проводимая правительствами региональная демографическая политика, в частности в области здравоохранения, образования и, что особенно важно, средств массовой информации при формировании ценностей в обществе. Это следуют из характера фактора развития, и одновременно является частью системного поведения общества страны или региона.

Развитые выше представления должны помочь пониманию и предложить некоторую, общую для человечества, перспективу времени и канву развития. Картину, пригодную для антропологии и демографии, экономики и истории. В тоже время этот опыт междисциплинарного исследования будет полезным, если он даст возможность медикам и политикам увидеть системные предпосылки нынешнего переходного периода, как источника стрессов для отдельного человека и критического состояния для всего мирового сообщества.

Литература

1. Капица С.П., Феноменологическая теория роста населения Земли, "Успехи физических наук", т.166, N1, 63-80, 1996
2. Капица С.П., Общая теория роста населения Земли. "Наука", М. 1999.
3. Lutz W., ed. With a foreword by N. Keyfitz. The future population of the world. What can we assume today? ПАСА, Earthscan, London, 1994.
4. Cohen J., How many people can the Earth support? New York, Norton, 1997.
5. Сови А., Общая теория населения. Тт.1 и 2., М. "Прогресс", 1977.
6. Хрисанфова Е.Н. и Перевозчиков И.В., Антропология. Изд-во МГУ, 1991.
7. Хакен Г., Синергетика. Пер. с англ. М. "Мир", 1985.
8. Николис Г. и Пригожин И.Р., Самоорганизация в неравновесных системах. Пер.с англ. М., "Мир", 1984.
9. Курдюмов С.П. и Князева Е.Н., Синергетическое видение мира: режимы с обострением. "Самоорганизация и наука". М., РАН, 1994.
10. Самарский А.А., Галактионов В.А., Курдюмов С.П., Михайлов А.П. Режимы с обострением в задачах квазилинейных параболических уравнений. М., "Наука", 1986.
11. Chesnais J.-C., The demographic transition. Oxford, 1992.
12. Дьяконов И.М., Пути истории. От древнейшего человека до наших дней. М., Изд-во "Восточная литература", 1994.
13. Бродель Ф., Материальная цивилизация, экономика и капитализм. XV-XVIII вв. Т.1, М., "Прогресс", 1986.
14. Конрад Н., Запад и Восток. Изд. 2-е., М., 1972
15. Савельева И.М. и Полетаев А.В., История и время. В поисках утраченного. М. Языки русской культуры. 1997.
16. Кинг А. и Шнейдер А., Первая глобальная революция. Пер. с англ., М., "Прогресс", 1992.
17. Яковец Ю.В., Предвидимое будущее. Парадигмы циклов. М., 1992.
18. Fukuyama F., The end of History and the last man. Penguin Books. N.Y., 1992
19. Капица С.П., Модель развития человечества и проблемы экономики. "Вопросы экономики", N12, 2000
20. Caring for the future: making the next decades a life worth living. Report of the International commission on population and quality of life. Oxford, 1996
21. Culture matters. How values shape human progress. Ed. Harrington L.E. and Huntington S.P., Basic Books, New York, 2000