



Глава 19.

Матрица перехода.

— Во-первых, недостаточно! — загремел Демиург. — Во-вторых, если вы даже сумеете организовать бойню, понимаете ли вы, чем она кончится? Послушайте, вас вообще-то учили, что через шесть месяцев погибнет от девяноста пяти до девяноста восьми процентов всего населения? Вы перед кем, собственно, намерены «гордо и богоульно» говорить на протяжении сорока двух месяцев... я уж не скажу — лет?

На физиономии Колпакова не осталось ни кровинки, однако он и не думал сдаваться.

— Прошу прощения, — произнес он с напором, — но ведь у меня и намерения такого не было — конкретизировать начало хаоса. Мне казалось всегда, что это как раз — на ваше усмотрение! И железная саранча Аваддона... и конные ангелы-умертвители... и звезда Полюнь... Вообще весь комплекс дестабилизирующих мероприятий... Я как раз не беру на себя ответственность за оптимальный выбор...

— А. и Б. Стругацкие «Отягощённые злом, или сорок лет спустя»

В главе 4 упоминалось, что главным недостатком модели Мальтуса-Ферхюльста является *отсутствие задержки* между ростом рождаемости и ростом количества фертильных особей. Модель неплохо работает для бактерий, рыбок и северных оленей, но начинает буксовать, когда речь идёт о человеческой популяции.

Проблему численного моделирования решил в 1945 году Патрик Х. Лесли (1900-1974). Вместо скалярной переменной P предлагается использовать вектор (массив) $\{P_i\}$, где каждый элемент соответствует возрастной группе. Тогда:

$$\vec{P}(t+\Delta t)=[L]\cdot\vec{P}(t)$$

$$[L]=\begin{bmatrix} \chi b_0 & \chi b_1 & \cdots & \chi b_{n-1} & \chi b_n \\ 1-a_0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 1-a_1 & \cdots & 0 & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1-a_{n-1} & 0 \end{bmatrix}, \chi=\frac{TFR}{2 \sum_{i=0..n} b_i} \quad \{19.1\}$$

$[L]$ называется матрицей Лесли. Первая строка состоит из коэффициентов фертильности для отдельных возрастных групп. Например, если возрастные группы выбраны с шагом $\Delta t=1$ год, у человеческой популяции коэффициенты $b_0...$ b_{12} будут нулевыми, а b_{13} — очень малым — до тринадцати лет рожают крайне редко³⁹³. Потом коэффициент нарастает, становясь к b_{18} единицей — нормальные физиологические роды. Коэффициент остаётся единицей до примерно b_{35} , а оттуда постепенно снижается в ноль, — и к 45 годам наступает менопауза. Значение **TFR** (total fertility rate) — количество живых родов в среднем на женщину в конкретной популяции. Например, при **TFR** = 6,

³⁹³ «Рождение живого ребёнка пятилетней женщиной» (sic!) описано в медицинской литературе, однако — невероятная редкость.

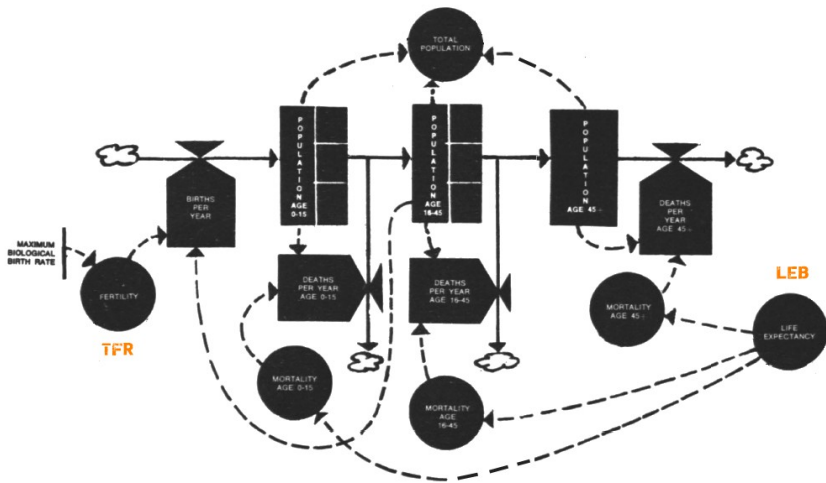
среднестатистическая женщина за время всей жизни физиологически могла бы родить $\sum \mathbf{b} = \mathbf{b}_0 + \mathbf{b}_1 + \dots + \mathbf{b}_n \approx 25$ отпрысков, но реально рождает шестерых. Двойка в знаменателе учитывает, что мужчины рожать не могут, а в простейшей модели распределение полов полагается равным: 100/100³⁹⁴. И ещё для полноты решения нам понадобится коэффициент отношения младенцев мужского и женского пола: биологи заверяют, что на 100 рождённых девочек приходится 105 мальчиков.

Коэффициенты \mathbf{a}_i – это смертность. Вероятность не дожить до первого дня рождения – \mathbf{a}_0 , до второго (среди доживших до первого) – \mathbf{a}_1 , и так далее. Из коэффициентов \mathbf{a}_i можно рассчитать математическое ожидание продолжительности жизни на момент родов **LEB** (life expectancy at birth):

$$LEB = \sum_{i=1}^n \left[\prod_{j=0}^i (1 - a_j) \right] \tag{19.2}$$

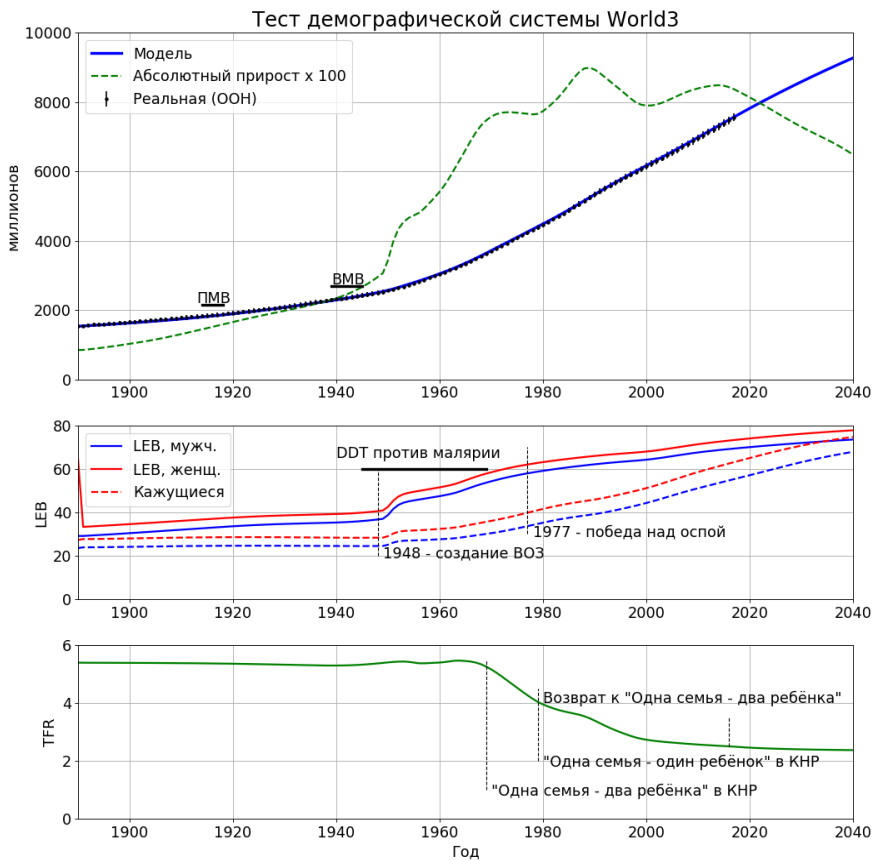
Русская греческая Π тут означает произведение коэффициентов $(1 - a_i)$ от рождения до i лет включительно. **LEB** не следует путать со средним возрастом в популяции. Например, если популяция стабильна (не увеличивается и не уменьшается), смертность первых пяти лет – по 20% в год, зато каждый, кто отметил пятый день рождения, доживает до 75 лет, средний возраст популяции будет 34.7, но ожидание продолжительности жизни **LEB** – всего 26.3 года.

В модели *World3* 1972 года матрица Лесли присутствовала в неявном виде. Популяцию разбили на три возрастные группы: «от 0 до 15 лет», «от 16 до 45 лет» и «46 лет и старше». Соответственно, введены три коэффициента смертности и один – фертильности; для простоты предполагали, что смертность мужчин и женщин одинакова. В модели *NewWorld* Й.Рандерса добавлена ещё одна возрастная группа: «66 лет и старше».



394 По данным ООН (<https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>) соотношение мужчины: женщины в мире было в 1960 году 100:100, а в 2015 – 101.8:100.

Нас ограничения *DYNAMO* и *VENSIM* не волнуют, оттого выбрана дискретизация 1 год. Полный код класса **Population_World3** находится в файле `\Chapter 19\Population.py`, а его проверка выполняется программой `\Chapter 19\Test_01_Population_World3.py` Данные по **LEB** и **TFR** получены от демографов ООН посредством веб-ресурса «Our World in Data»³⁹⁵.



Ни Первая, ни Вторая мировая войны на графике прироста населения практически не заметны. На графиках **LEB** – примечательный скачок ожидаемой продолжительности жизни после 1945 года: под руководством созданной в 1948 году Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) антибиотики, массовые прививки и уничтожение малярийных комаров неплохо помогли против младенческой смертности. Кроме графиков реальных **LEB** по формуле {9.2} приводятся «кажущиеся» **LEB_a** (их также называют «средней продолжительностью жизни»):

$$LEB_a = \frac{\sum s_i n_i}{\sum n_i} \tag{19.3}$$

n_i – количество умерших за календарный год в возрасте **s_i** лет.

395 <https://ourworldindata.org/life-expectancy>

Специально для гипотетической иллюстрации возьмём небольшой американский городок позапрошлого века. Население 1'000 человек – это плохая статистика, зато чисел меньше, а считать проще. В 1856 году родился Ник Смит – здоровенький младенец массой $8\frac{3}{4}$ фунта. В том же году в городке умерло 12 человек: 5 стариков и старушек в возрасте несколько за 70, утонувший в реке мужчина 30 лет и 6 детей в возрасте до 5 лет. Кажущаяся продолжительность жизни в городке $(5 \cdot 70 + 1 \cdot 30 + 6 \cdot 2.5) / 12 = 33$ года. Значит ли это, что Нику на роду написано умереть – в среднем – в 33?

Перенесёмся в 1863. Двумя годами ранее началась Война Севера и Юга. Взрослые мужчины ушли: кто-то добровольцем, а кого-то призвали. Ровно за четыре года война унесла жизни от 625 до 850 тысяч американцев (точнее никто не знает). Со стариками, женщинами и детьми джентльмены того времени старались особо не воевать, а авиации, чтобы проводить ковровые бомбардировки, ещё не придумали. Артиллерийские бомбардировки, к несчастью, уже были – и наделали порядочно. В группе населения «мужского пола, от 15 до 45 лет», – как писали тогдашние статистики, – погиб каждый восьмой. Каждый двадцать четвёртый взрослый мужчина – 4.2% в 1866 году – был инвалидом войны. Пиратская деревяшка вместо ноги считалась в порядке вещей! Тех, кто был просто «легко ранен», отделался болевшими к непогоде шрамами и помер на десяток лет раньше положенного биологией возраста, в XIX веке подсчитывать не затруднялись.



В нашем гипотетическом городке в 1863 насчитали 40 смертей: те же 5 стариков и старушек, которым за 70, 7 детей в возрасте до 5 лет и 28 мужиков призывного возраста, геройски погибших под Геттисбергом. Кажущаяся продолжительность жизни в городке $(5 \cdot 70 + 28 \cdot 25 + 7 \cdot 2.5) / 40 = 18$ лет. Конкретному Нику Смицу в 1863 году исполнилось семь. Значит ли это, что по статистике ему осталось всего 11 лет жизни? Конечно, нет. Во-первых, мальчуган пережил критический возраст пять лет и не умер от детских болячек. Во-вторых, на *эту* войну его не возьмут даже барабанщиком – нос не

дорос. У Ника есть неплохие шансы дожить до преклонных годов.

Но вот война кончилась, а наш городок вернулся к мирной жизни. В 1901 году уважаемому пастору местной церкви Николасу Смиту стукнуло 45. В том же году отец Николас отпевал 9 человек: 5 стариков и старушек в возрасте за 70, попавшую под поезд восемнадцатилетнюю девушку и трёх детей в возрасте до 5 лет. Да, медицинский прогресс налицо: от коклюша и скарлатины умирают не так часто, как в XIX веке. Кажущаяся продолжительность жизни в городке $(5 \cdot 70 + 1 \cdot 18 + 3 \cdot 2.5) / 9 = 42$ года, а преподобный Смит живёт уже дольше, чем статистическое среднее.

Чтобы точно подсчитать **LEB** по формуле {19.2} для детишек, родившихся, как Ник Смит, в 1856 году, надо долго отслеживать фактические данные о смерти. Первый статистически надёжный результат получится где-то в 1936 – через 80 лет, а лучше дожидаться, когда последний родившийся в 1856 году умрёт, то есть лет сто с небольшим.

Формула {19.3} – тоже неточная, особенно если применяется без оглядки на миграцию. Например, в СССР ходила легенда, будто в «нефтяных» городах Крайнего Севера очень низкая средняя продолжительность жизни, особенно у мужчин. На самом деле – издержки паспортной системы. В этих городах и правда умирали молодыми: кто на буровой, кто на рыбалке, кто по пьяни, кто в ДТП (кто в ДТП по пьяни, отправившись с рыбалки на буровую). Подставив сорокалетних и тридцатилетних мужиков в формулу {19.3}, получали **LEB_a** в тридцать пять лет. Тех, кто в 50 пошёл на повышение в Тюмень или Москву, либо в 60 вышел на пенсию и уехал жить в Краснодар, благополучно считали уже другие паспортные столы и ЗАГС, и там средняя продолжительность жизни получалась даже слегка завышенной.

Ясно, что выдаваемые ООН данные по **LEB** – это *статистическая прикидка*. Чтобы узнать реальное значение **LEB** 2015 года, надо дожить по крайней мере до 2095.

Быстро разберём ещё один показатель, который к месту и не к месту всплывает в Интернете: *годовой относительный прирост населения* («коэффициент воспроизводства населения», он же «естественный прирост», он же «ежегодные темпы роста населения»). Эту величину любят выражать в годовом приросте на 100'000 человек либо в процентах. Русская Википедия³⁹⁶, ссылаясь на «2013 World Population Factsheet» пишет:

Глобальный рост населения составляет около 75 миллионов, или 1.1% в год. Мировое население выросло с 1 миллиарда в 1800 году до 7 миллиардов в 2012. Ожидается, что население продолжит расти и достигнет 8.4 миллиарда к середине 2030-х, и 9.6 миллиарда к середине 2050-х. Многие страны с быстрым ростом населения имеют низкий уровень жизни, тогда как многие страны с низким ростом населения имеют высокий уровень жизни.

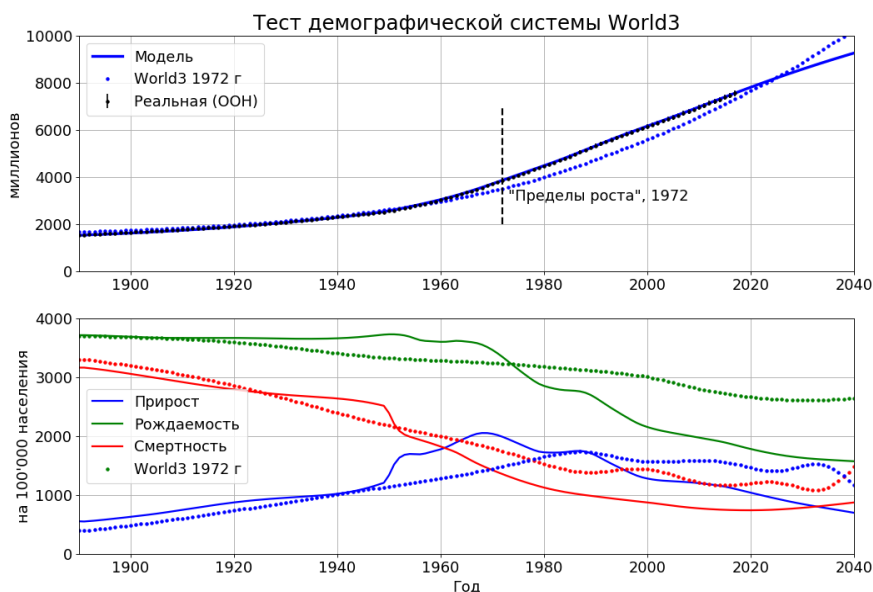
В тексте Википедии переврано почти всё. По услужливо предоставленной ссылке обнаруживаем презентацию «Международного статистического

396 https://ru.wikipedia.org/wiki/Рост_населения, скачано в марте 2019 г.

бюро»³⁹⁷, а там написано, что не «около 75 миллионов в год», а 86.581 миллиона, то есть не «1.1%», а 1.20% прироста в год. По данным ООН, уже в октябре 2011 года людей на Земле было 7 миллиардов³⁹⁸. Та же ООН полагает, что в 2030 году нас будет вовсе не «8.4 миллиарда», а 8.55. Ну и ежели вы считаете, что 2046 (*сорок шестой прописью*) год – это «середина 2050-х», то таки да: 9.6 млрд.

Действительно, многие страны с быстрым ростом населения имеют низкий уровень жизни и наоборот, но это далеко не правило. Есть страны с высоким уровнем жизни, где население до сих пор растёт быстро, – та же Саудовская Аравия. Ещё контрпример: Судан в XX веке пару раз поражал голодомор, вызывая на несколько лет кряду отрицательное воспроизводство; это не значит, конечно, что страна в эти годы неожиданно богатели. Как это в Вики частенько бывает, из четырёх утверждений три – заведомое вранье и одно – натяжка совы на глобус.

Ниже приводится расчёт прироста населения, рождаемости и смертности по алгоритму из *World3* 1972 года.

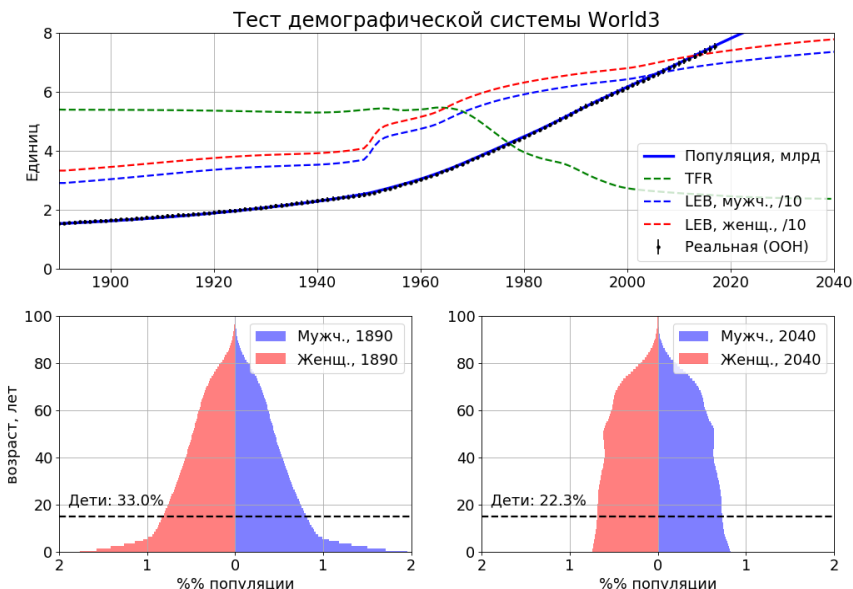


В 1972 году авторы «*Пределов роста*» не знали реальной популяции Китая и Индии, оттого ошиблись с общей численностью населения Земли на 300 млн человек. Численные результаты Первой (1953) и Второй (1964) переписей населения КНР не публиковались вплоть до Третьей переписи 1982 года. Перепись в Индии в 1971 году проходила на фоне войны за независимость и геноцида в Бангладеш, и результаты не публиковали в течение нескольких лет.

Проведём оценку распределения возраста в популяции с использованием кода *World3*, как показано программой \Chapter 19\Test_03_Population_World3.py

397 https://assets.prb.org/pdf14/2014-world-population-data-sheet_eng.pdf

398 См ссылку 21 в главе 3.



В 1890 году средняя женщина рожала 5.4 раза, притом из новорожденных более четырёх доживало до пяти лет – точно как в гипотетическом примере выше. Примерно $\frac{1}{3}$ популяции Земли составляли дети и подростки младше 15 лет. К 2040 году, если существующие демографические тенденции сохранятся, детей и подростков будет менее $\frac{1}{4}$, а **TFR** составит около 2.35, при непрерывном увеличении **LEB** – до 78-80 лет.

В Википедии есть статьи, посвящённые демографическому переходу³⁹⁹. Приведём цитаты. Сначала пойдём по этапам демографического перехода из английской Вики:

The transition involves four stages, or possibly five.

- **In stage one**, pre-industrial society, death rates and birth rates are high and roughly in balance. [...] Population growth is typically very slow in this stage, because the society is constrained by the available food supply; therefore, unless the society develops new technologies to increase food production [...], any fluctuations in birth rates are soon matched by death rates.
- **In stage two**, that of a developing country, the death rates drop quickly due to improvements in food supply and sanitation, which increase life expectancies and reduce disease, [...] numerous improvements in public health reduce mortality, especially childhood mortality. [...] One of the variables often cited is the increase in female literacy combined with public health education programs which emerged in the late 19th and early 20th centuries. [...] Without a corresponding fall in birth rates this produces an imbalance, and the countries in this stage experience a large increase in population.
- **In stage three**, birth rates fall due to various fertility factors such as access to contraception, increases in wages, urbanization, a reduction in subsistence agriculture, an increase in the status and education of women, a reduction in the value of children's work, an increase in parental investment in the education of children and other social changes. Population growth begins to level off. [...]
- **During stage four** there are both low birth rates and low death rates. Birth rates may drop to well

³⁹⁹ По-русски: https://ru.wikipedia.org/wiki/Демографический_переход, английская версия слегка отличается: https://en.wikipedia.org/wiki/Demographic_transition. Скачано в мае 2019 г.

below replacement level as has happened in countries like Germany, Italy, and Japan, leading to a shrinking population [...]

- Some scholars break out, from stage four, a “**stage five**” of below-replacement fertility levels. Others hypothesize a different “stage five” involving an increase in fertility.

Нормальный литературный перевод английского текста звучит так:

Переход включает в себя четыре этапа или, возможно, пять.

- На **первом этапе**, в доиндустриальном обществе, показатели смертности и рождаемости высоки и примерно одинаковы. [...] Рост населения на первом этапе обычно очень медленный, потому что общество ограничено доступными запасами продовольствия. Пока общество не придумает новые способы увеличения продуктивности сельскохозяйственного производства [...], любое увеличение рождаемости вскоре приводит [вследствие недостатка продовольствия] к повышению показателей смертности.
- На **втором этапе** – в «развивающейся» стране – смертность быстро падает из-за улучшения питания, санитарии и здравоохранения. Увеличивается продолжительность жизни и снижается заболеваемость, [...] снижается смертность, особенно детская. [...] Одним из часто упоминаемых факторов является рост грамотности среди женщин в сочетании с программами просвещения в области общественного здравоохранения, которые появились в конце XIX – начале XX века. [...] Без соответствующего снижения рождаемости снижение смертности приводит к дисбалансу, и в странах на данном этапе наблюдается значительный рост населения.
- На **третьем этапе** рождаемость падает из-за различных факторов, например: доступности противозачаточных средств, повышения заработной платы, урбанизации, сокращения натурального сельского хозяйства, повышения статуса и образовательного уровня женщин, снижения ценности детского труда, увеличения родительских инвестиций в образование детей и т.п. Рост населения постепенно замедляется. [...]
- На **четвёртом этапе** наблюдаются как низкий уровень рождаемости, так и низкий уровень смертности. Рождаемость даже может упасть намного ниже уровня воспроизводства, как это произошло, например, в Германии, Италии и Японии, где наблюдается сокращение популяции [...]
- Некоторые учёные полагают, что за четвёртым этапом последует «**пятый этап**», когда рождаемость [в большинстве стран] будет ниже уровня замещения. Другие специалисты выдвигают гипотезу что на «пятом этапе» начнётся новое увеличение рождаемости [и новый рост популяции].

А вот что написано в статье русской Википедии (цитируется по оригиналу):

В концепции демографического перехода выделяются четыре последовательных этапа в демографической истории человечества. Обозначим коэффициент рождаемости через $R(x)$, коэффициент смертности через $S(x)$, тогда прирост коэффициента рождаемости будет $R'(x)$, а коэффициента смертности будет $S'(x)$.

- На **первом этапе** обнаруживается меньшее снижение коэффициента рождаемости чем снижение коэффициента смертности ($R'(x) > S'(x)$), следовательно коэффициент естественного прироста максимален (прирост максимальный). К 1925 г. этап пройден промышленно развитыми странами.
- На **втором** коэффициент смертности снижается и достигает минимума ($S'(x) = 0, (\min)$), в то время как коэффициент рождаемости снижается быстрее коэффициента смертности ($R'(x) < S'(x)$), что приводит к замедлению прироста населения, а также к демографическому старению населения.
- На **третьем** коэффициент смертности увеличивается ($S(x)$ растёт) (вследствие демографического старения), а также замедляется снижение коэффициента рождаемости ($R'(x)$ падает). К концу третьего этапа коэффициент рождаемости примерно равен уровню простого воспроизводства, а коэффициент смертности ниже уровня простого воспроизводства. ($R(x) \approx 2,1$, $S(x) < 2,1$, где 2,1 — это уровень простого воспроизводства).
- Наконец, на **четвёртом этапе** коэффициент смертности увеличивается ($S(x)$ растёт), и становится равным коэффициенту рождаемости. ($S(x) = R(x)$) Процесс демографической стабилизации заканчивается.

Очевидно, что циферки в номерах этапов разные. Русское число «один» соответствует английскому «два», и так далее, а вот английский «первый этап» в русском тексте вообще отражения не нашёл. При этом английский текст хотя бы ссылается на учебник Университета Висконсина⁴⁰⁰, а русский текст – вообще ни на что не ссылается. Если профессора не могут сами с собой согласиться, как нумеровать этапы, есть сильное подозрение, что «научной теорией» демографический переход не является.

У текста из русской Вики есть одна нерешаемая проблема: текст этот ровным счётом ничего не объясняет. Примерно так же можно описывать движение идеального маятника: «когда первая производная отклонения X' отрицательна ($X' < 0$), маятник движется справа налево, а когда положительна ($X' > 0$) – слева направо». Математически тут всё верно – не подкопаешься, но объяснения, отчего производная становится то внезапно положительной, то вдруг отрицательной – нет! «Верёвка суть вервие простое». Далее по тексту русская Википедия плавно переключается на обсуждение толерантных гей-парадов(!) и движения «Чайлд-фри».

В англоязычной Вики (и на сайте Университета Висконсина) состояние дел немного лучше. Если бы они объясняли маятник, звучало бы так: «В верхней правой точке на маятник действует сила тяжести, толкающая маятник к нижней точке. В нижней точке сила тяжести действовать перестаёт. Теперь маятник толкает сила инерции, приводящая его в левую верхнюю точку. В левой верхней точке сила инерции действовать перестаёт, но снова вступает в действие сила тяжести, толкающая маятник обратно в нижнюю точку, и так далее». С некоторой натяжкой принять можно, но каждый, кто не спал на уроках физики в средней школе, наверняка уже поморщился – объяснение-то паршивое. Сила тяжести не включается и не выключается качающимися маятниками, а то бы наши с вами предки после изобретения маятниковых часов в космос улетели. В объяснении отсутствуют главные силы: натяжение нити маятника и реакция точки подвеса, зато есть фиктивная сила инерции, которая (если мы наблюдаем маятник из инерциальной системы отсчёта) для понимания не требуется совершенно.

Тут самое время разобраться, кто вообще «теорию демографического перехода» придумал и запустил в массы. Между русской и англоязычной Вики в этом вопросе консенсус: типа, разработал в 1940-х⁴⁰¹ американский демограф Фрэнк Ноутштейн (1902-1983). Университет Висконсина – то есть основной цитируемый источник англоязычной Вики – с Википедией категорически не согласен: и не Ноутштейн вовсе, а Уоррен С. Томпсон (1887-1973), и не в 1945, а в 1929⁴⁰². В одном Вики не ошиблась: Томпсон тоже был американским демографом, а не хухры-мухры. Имечко для «теории» в 1934 сделал «мемом» француз – политик с социалистическим уклоном, сенатор Адольф Ландри (1874-1956). Он, правда, называл этот процесс «демографической

400 <http://pages.uwc.edu/keith.montgomery/Demotrans/demtran.htm>

401 Frank Notestein, *Population: The long view*, в сборнике «*Food for the Worm*», Chicago, 1945, стр. 36-57.

402 W. S. Thompson, *Population*. American Journal of Sociology, 34, 1929, стр. 959-975.

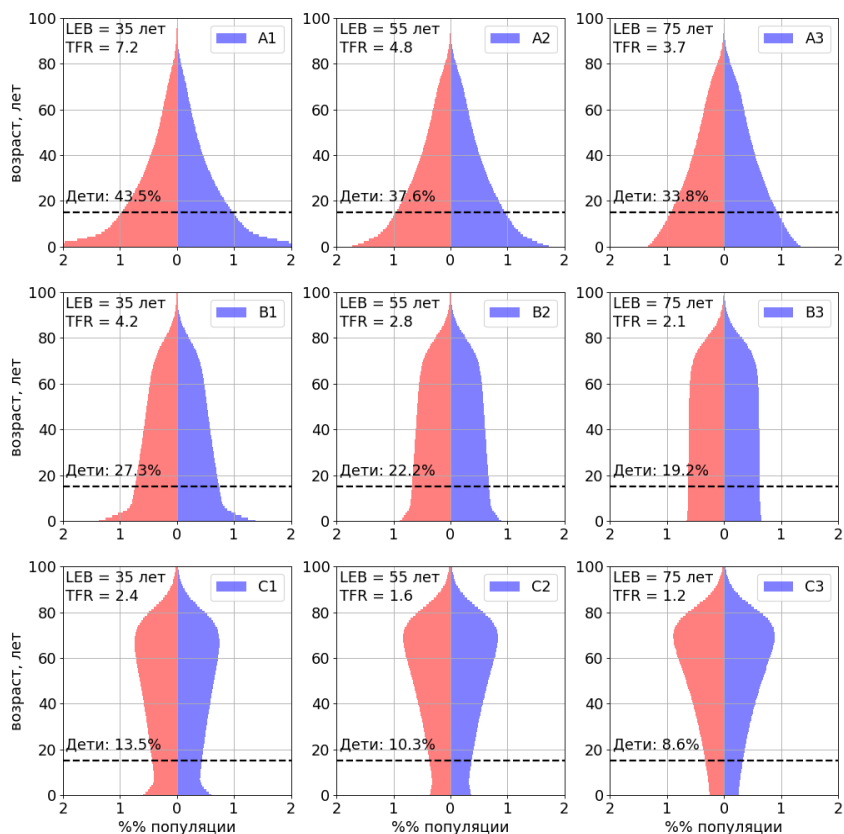
революцией»⁴⁰³, но с социалистами в Америке времён Великой депрессии как-то не церемонились, потому «*la révolution*» на всякий случай перевели как «переход» (*transition*). Впрочем, автор термина – не Ландри. Он ссылается на публиковавшихся на французском выходцев из России: Александра Михайловича Кулишера (1890-1942) и Леона Радзиновича (первоначальная фамилия – Рабинович, 1906-1999). Возможно, повлияли и работы украинца – статистика Арсения Петровича Хоменки (1891-1939). Вас вряд ли удивит, что и Кулишер, и Радзинович, и Хоменко были немножко марксистами. Последний автор за уклон от всеильного-потому-что-верного, а также за перепись населения 1937 года, оказался в расстрельном подвале.

Так или иначе, англоязычная Вики цитирует этапы демографического перехода в точном соответствии со статьёй Ноутштейна 1945 года, а вот откуда свои этапы взяла Вики русская – поди догадайся. Поэтому русскую статью Википедии – вместе с её толерантностью – мы засунем куда всегда и далее будем обсуждать оригинал «теории» Рабиновича-Томпсона-Ноутштейна.

Перво-наперво, надо назвать «теорию демографического перехода» как положено: научной *гипотезой*, со всеми вытекающими. Чтобы гипотезу в теорию превратить, полемических статей мало, надо подвести хоть какой-то математический аппарат и проверить, соответствует ли гипотеза совокупности наблюдений, благо статистики рождаемости и смертности в мире собирается масса. Ноутштейна, а тем более Хоменко, мы не осуждаем. Просто у нас есть электронный компьютер, а в компьютере уже есть современная инкарнация *World3*. Создадим 9 условных стран с населением 100 млн в условном 1900 году. В странах A1, A2 и A3 население удваивается каждые 33.3 года – это на 10 лет медленнее, чем размножение белых колонистов и чёрных рабов в Америке XVIII века. В странах B1, B2 и B3 популяция стабильна, а в C1, C2 и C3 каждые 33.3 года происходит двукратное сокращение. Значения **LEB** и **TFR** приведены в таблице.

Страна	LEB	TFR	Население в 1900 г	Население в 2000 г
A1	35	7.2	100	800
A2	55	4.8	100	800
A3	75	3.7	100	800
B1	35	4.2	100	100
B2	55	2.8	100	100
B3	75	2.1	100	100
C1	35	2.4	100	12.5
C2	55	1.6	100	12.5
C3	75	1.2	100	12.5

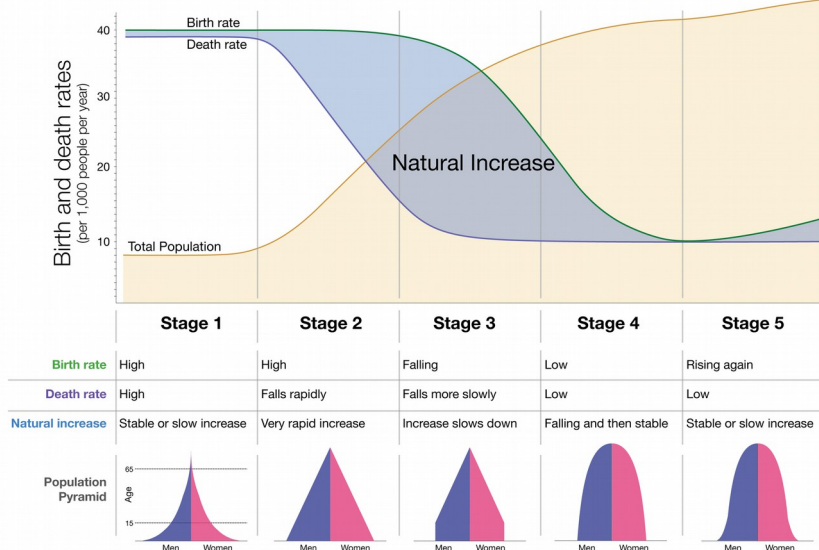
403 A. Landry, *La Révolution Démographique*, Paris, 1934.



Сравните полученное с типичной картинкой из Вики (заметим, что это тоже продукт «Нашей планеты в данных»).

The demographic transition in 5 stages

Our World in Data



The author Max Roser licensed this visualisation under a CC BY-SA license. You find more information at the source: <http://www.OurWorldInData.org/world-population-growth>

Показывая подобные картинки студентам, обычно рассказывают сказочку: «В зататаринные времена, была ох какая высокая рождаемость, и офигеть высокая детская смертность, посему-поэтому распределение населения от возраста выглядело как резко суживающаяся кверху пирамидка (этап 1). Умненькие дяди и тётки доктора победили болезни и ввели всеобщий ручки-мной-перед-едой, отчего смертность сразу упала, пирамидка стала конусом (этап 2), а население стало весело расти. Мамаши поняли, что много спиногрызов не надо, и стали меньше рожать (этап 3). Под конец, уменьшение рождаемости соответствует уменьшившийся детской смертности. Пирамидка стала столбиком (этап 4). И стали они жить-поживать, да добра наживать». Ну и в качестве версии, – в зависимости от вашего ~~марксизма~~ пессимизма, – этап 5, когда «стали жить-поживать, потихоньку вымирать».

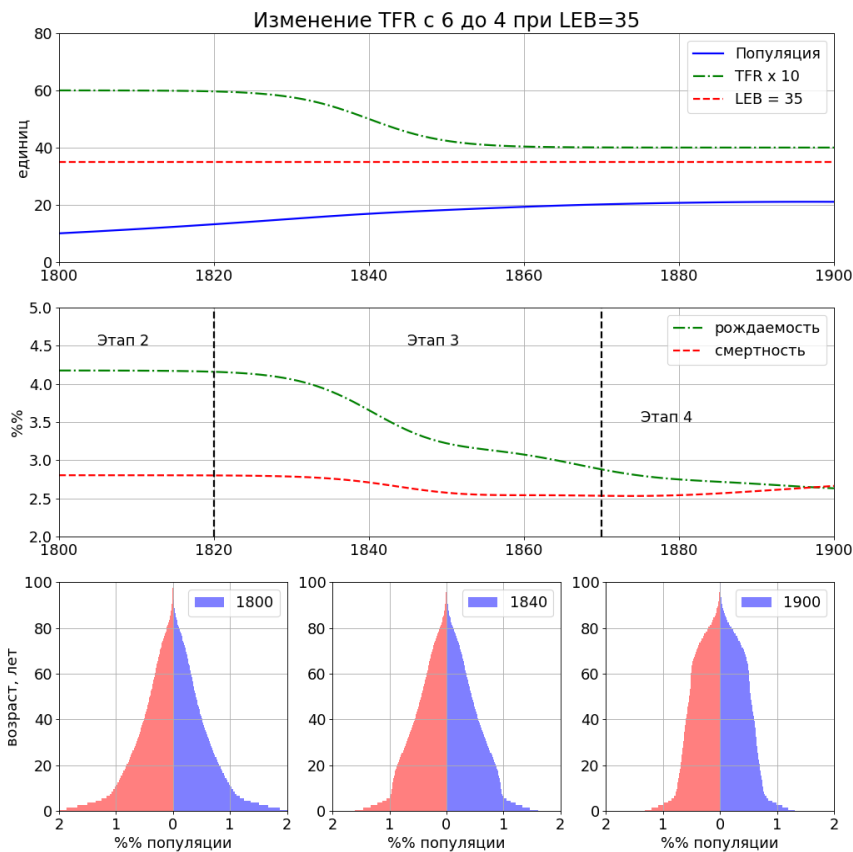
Но это в сказочках, а у нас перед глазами математическая модель. Оказывается, совершать демографические переходы и превращать пирамидки в столбики и обратно общество способно *при любом разумном уровне смертности*⁴⁰⁴. Картинки А1-С1 выше – продолжительность жизни **LEB=35** лет. Картинки А3-С3 – **LEB=75** лет. И в том, и в другом столбце есть как «пирамидка» этапа 2, так и «столбик» этапа 4, и даже «сосулька» гипотетического этапа 5. От детской смертности в частности и от уровня гигиены вообще возрастное распределение в популяции мало зависит. Медики сильно влияют на самый-самый низ «пирамидки» или «столбика» – так называемую перинатальную смертность – с двадцать второй недели беременности и до 7 дней от роду. Ну и ещё – спасают рожениц да какое-то количество младенцев между рождением и первым годом жизни. Сравните нижние части графиков С1, С2 и С3.

Подтверждения? США, Британия, страны Северной Европы благополучно выполнили свои «демографические переходы» в конце XVIII – середине XIX века, практически на одинаково *низкой* ожидаемой продолжительности жизни. Только с оспой боролись кое-как (прививка из болячки оспенного больного!), ещё свирепствовали туберкулёз, полиомиелит, сифилис, и даже от коклюша можно было заработать воспаление лёгких, а антибиотиков не было. А что доктора? Умчались, как Айболит, в Лимпопо – на орлах, лечить детишек? Вроде нет. В XVIII веке доктора рвали гнилые зубы, пускали кровь и рекомендовали давать детям пиво против холеры. Да и в XIX веке – так себе. Эскулапы в 1863 году по Африкам не летали, а пилили солдатам руки-ноги в Геттисберге, за три дня увеличив количество американских инвалидов на 25 тысяч. Под алкогольным наркозом, пилкой, измазанной в крови двух десятков предыдущих страдальцев, вытирая пальцы о фартуки. Какая ещё санитария?

Попробуем выполнить моделирование пирамидок и столбиков за счёт изменения **TFR**. В программе \Chapter 19\Test_05_TFR_Change.py

⁴⁰⁴ «Любой разумный» подразумевает, что достаточное количество девочек доживает до репродуктивного возраста. Практически это означает детскую смертность не более 60-70%. Конечно, такие числа в XXI веке кажутся «безумными».

рассматривается гипотетическая страна с населением 10 млн, находящаяся в условном 1800 году на «этапе 2» и добирающаяся за 100 лет до «этапа 4». Ожидаемая продолжительность жизни в процессе остаётся постоянно низкой: **LEB = 35**.



Модель показывает все необходимые атрибуты «демографического перехода»: естественно, плавное снижение коэффициента рождаемости с 4.2 до 2.6%, изменение коэффициента смертности с 2.8 до 2.5% в условном 1870 и обратно до 2.7% в 1900, постепенное превращение демографической «пирамидки» в «столбик». Изменение коэффициента смертности при неизменной **LEB** не должно удивлять – коэффициент вычисляется как отношение общего числа умерших к общей численности популяции, а раз меньше рожают, то – при том же развитии медицины – и меньше умирает младенцев.

Возвращаясь к нашему примеру идеального маятника, мы отказались в объяснении от ненужной «силы инерции» и указали единственный параметр, контролирующий наблюдаемые показатели – реальную фертильность, то есть количество живых родов за время жизни в среднем у женщины, **TFR**. Сокращение количества детей в семье с 6.0 до 4.0 «цивилизует» нашу пирамидку и превращает её в «столбик» куда надёжней, чем самый добрый Айболит!

Первый этап демографического перехода Томпсон назвал «мальтузианским». Он писал, что на этом этапе общество не имеет существенного контроля ни над детской смертностью, ни над рождаемостью. Происходят колебания численности популяции, как мы подробно разбирали в главе 4: когда рождается слишком много «спиногрызов», наступает недоедание, затем голод и эпидемии, общество предаётся войне и прочим «порокам», оттого население сокращается, и всё начинается сначала. Таким образом, рассуждал Томпсон, популяция остаётся примерно там, где ей позволяет находиться текущая технология сельскохозяйственного производства. С этим описанием можно согласиться, но с одной существенной оговоркой. Текущая технология является ограничителем только там, где нет излишка сельхозугодий. Мы прекрасно знаем, что во времена Мальтуса ограничение по технологии действовало в Англии, но колонисты Северной Америки, с той же или даже более примитивной технологией землепользования, удваивали численность населения каждые 20-25 лет⁴⁰⁵. К 1930-м, излишков сельскохозяйственной земли уже не было нигде, кроме разве что Бразилии и Аргентины.

Согласно Ноутштейну, второй этап демографического перехода характеризуется постепенной победой над детской смертностью и увеличением продолжительности жизни, но контроль над рождаемостью в обществе пока отсутствует. На третьем этапе победившее детскую смертность общество постепенно обучается контролировать рождаемость. Смертность и рождаемость под полным контролем на четвёртом этапе перехода. Для существования гипотезы важна именно эта последовательность: сначала Айболиты, потом – презервативы, но ни в коем случае не наоборот!

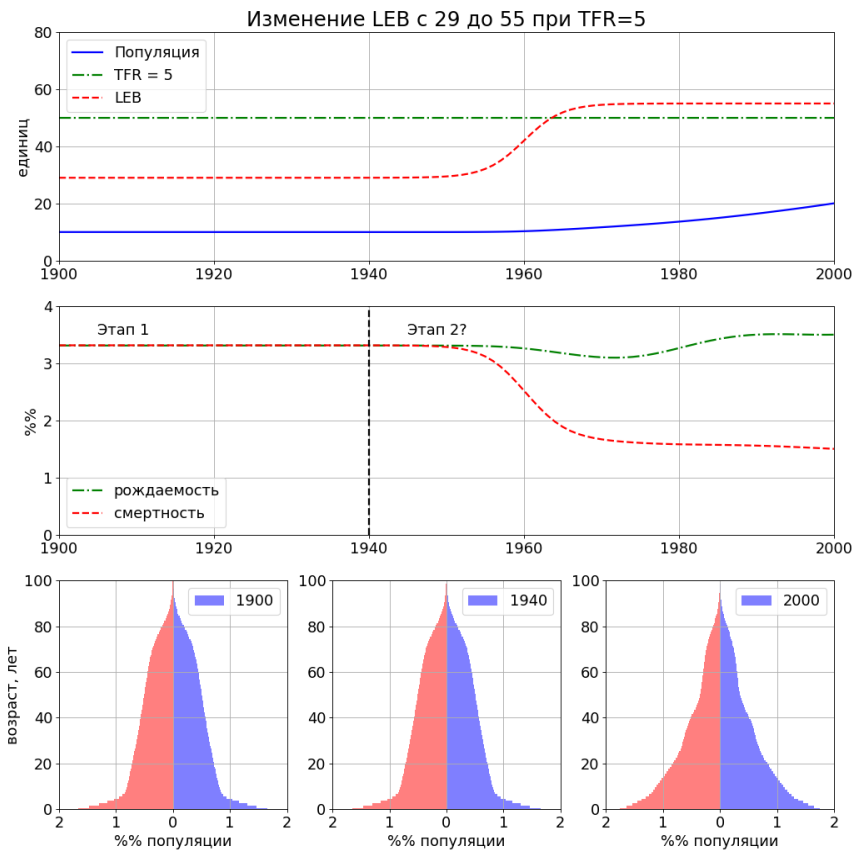
Придуманый Ноутштейном механизм этапа 2 вызывает сомнения. В качестве движущей силы перехода демограф указывал некую «модернизацию», не уточняя, что это такое. Словосочетание «модернизация общества» (*society modernization*) появляется во всех статьях по много раз. Лично мне модернизация Ноутштейна напомнила «торсионное поле» из творчества научных фриков: субстанция и болезни-то лечит, и экономить бензин-то помогает, и всхожесть семян-то повышает, и чуть не в космос-то летать вскорости позволит, а вот определению не поддаётся, хоть убей.

Задним числом можно придумать объяснение термина. **ЛЕВ** объективно увеличивается в связи с переходом от натурального к индустриальному (товарному) сельскому хозяйству, но только после соответствующего развития транспортной инфраструктуры. При натуральном хозяйстве неурожай на любой незначительной территории приводил там к голоду, со всеми последствиями. При наличии товарных излишков, но слабой логистике, недород будет опасен, если случится на достаточно большой площади, например в границах целой страны. Развитая международная торговля позволяет как-то решить вопрос. Параллельно с развитием товарного производства происходит развитие государственных институтов: армии, полиции, дипломатии, судебной системы и т. д. Согласитесь: если вас не

⁴⁰⁵ Подробно эти показатели разбирались в главе 3.

убивают разбойники с большой дороги, вашу деревню не поджигают злобные кочевники, а ваш урожай не отберёт сосед, просто оттого, что он сильнее, то вы проживёте несколько дольше. Римская империя, а до неё древние греки «модернизировались» именно так. Затем настали «тёмные века», и цикл повторился в современной истории Европы, начиная с XVII века. Закончилось уже после Мальтуса, когда благодаря изобретению паровозов, пароходов и холодильников появилась возможность доставки еды хоть с противоположной стороны земного шара – была бы политическая воля. Ну и доктора-медики имеют какое-то значение, но эти добрые дяди и тёти выходят на сцену уже под самый конец представления, когда в наличии и дороги, и торговля, и суды с полицией. Что будет, если эскулапы появятся раньше времени?

В программе `\Chapter 19\Test_05_LEB_Change.py` рассматривается гипотетическая страна Лимпопо с населением 10 млн, находящаяся в условном 1900 году на «этапе 1». В начале 1950-х туда примчался на орле доктор Айболит и за пару десятилетий увеличил продолжительность жизни с 29 лет до 55, например поставив детям ~~градуенки~~ прививки и опрыскав болота ДДТ от малярийных комаров.



Ясно, что наш Айболит на орле, а не вырос в местной деревне. Находящаяся в мальтузианском «цикле нищеты» страна сама вырастить медицинские кадры



такого калибра не в состоянии – чтобы эффект был, на 10 миллионов народу не один Айболит же нужен, а минимум полтысячи. В лучшем случае местный конунг обеспечит прибывшим медикам без границ достойных кандидатов на должности медсестёр и санитаров (после производственной практики).

Запускаем модель. С 1960 по 2000 год население Лимпопо удваивается, и демографическая пирамидка становится только шире! Ровно четыре страницы назад сказочники заливали нам, будто широкая у основания пирамидка – это характерный признак этапа 1. Тогда, где у нас этап 1, и где – этап 2?

И главное: если до 1950 года численность населения в стране ограничивалась «по Мальтусу», то есть продовольствием на 10 млн человек, притом пустующих сельхозугодий уже не было, то чем кормить 20 миллионов в 2000 году? Конечно, немедленно после прилёта Айболита начинают приземляться другие орлы: кто с мешками гуманитарной помощи, кто с консультантами по сельскому хозяйству, удобрениям и ГМО (это новая технология землепользования!), кто с бронемашинами для местной полиции. Гуманитарную помощь и броневики аборигены принимают с благодарностью, консультантов тоже – за последних можно затребовать неплохой выкуп. А не заплатят – в котёл. Консультант – это не только ценная белая шкурка, но и 70, а то и 120 килограммов диетического мяса⁴⁰⁶...

Короче, без засылки огромного отряда «прогрессоров» во все органы управления маленькой, но гордой Лимпопо, перехода от этапа 1 к этапу 2 не происходит.

Менее интенсивное внешнее вмешательство (класса «Айболит-онли») может привести не к счастливому переходу, а к кровавой диктатуре, повальному бандитизму либо к гражданской войне – импортным полицейским броневиком так удобно давить детишек из соседнего враждебного племени. Кстати, если за Айболитом не последуют орлы с гуманитарной помощью, никакого увеличения **ЛЕВ** в Лимпопо и не выйдет. Вылеченных от скарлатины детишек – уже подавили. Сам героический доктор угодил в заложники и – пусть конец истории добрым будет, – просидев год в «тигровой яме», улетел домой с тяжёлой душевной травмой.

Логических цепочек, отчего уменьшение **TFR**, при прочих равных условиях, *может* привести к плавному увеличению продолжительности жизни **ЛЕВ**, можно придумать массу:

- Даже при современном развитии медицины рожать 10-12 раз в целом

406 Кроме шуток: https://lenta.ru/articles/2018/03/04/nyam_nyam/. Президент Бокаса был социалистом, лучшим другом физкультурников СССР, приезжал к пионерам в «Артек»...

опаснее, чем 2-4 раза, а при более примитивном родовспоможении 1950-х примерно каждые пятнадцатые роды заканчивались гибелью матери либо тяжкими последствиями для здоровья. Меньше родов в среднем у женщины – больше женщин доживает до старости.

- Меньшее количество детей в семье позволяет тратить больше средств на воспитание каждого отдельного ребёнка. Хорошо образованный отпрыск будет знаком с основами гигиены, санитарии и ЗОЖ и, вероятно, проживёт дольше. Также, меньшее количество детей позволяет дать хорошее образование не только мальчикам, но и девочкам. Образованные молодые женщины – это не только планирование семьи, но и более здоровое потомство.
- Компактные семьи позволяют эффективно контролировать инфекции (как «детские»: корь, скарлатина, так и «взрослые»: туберкулёз, сифилис, лепра и т.п.), снижая и общую, и в особенности детскую смертность. В случае «детской» инфекции лучший медицинский уход за заболевшими детьми уменьшает количество осложнений. Реже осложнения – дольше средняя продолжительность жизни.
- Так как молодёжи в целом меньше, ценность человеческой жизни, а значит и ценность труда – возрастают. Выше заработная плата – лучше питание, выше качество жизни. Выше ценность работника – безопаснее производство, меньше погибших, травмированных и инвалидов... Список можете продолжить.

А вот логических цепочек, отчего удлинение **LEB** *может* вызвать уменьшение **TFR**, всего две:

- Психологическая уверенность родителей в завтрашнем дне: дети не помрут внезапно от какой-нибудь эпидемии, есть кому обеспечивать старость. Собственно, это и есть посылка Томпсона в оригинале.
- Государство (король, генерал-губернатор, генсек, отец народов, ненужное зачеркнуть) решило, что рабочих рук и пушечного мяса в стране *уже с избытком*, всех не прокормить, и ввело программу типа «Одна семья – один ребёнок», как в КНР. Попробуйте, не притягивая за уши, придумать хотя бы ещё один механизм.

Любая научная гипотеза проверяется через эксперименты. Если прямой эксперимент невозможен, учёный высказывает предположение-предсказание типа «если моя гипотеза верна, то произойдёт X». Будучи честным учёным, Томпсон высказал в 1929 году предположение, что «население России» – имелся в виду, конечно, весь тогдашний СССР – вырастет в относительных единицах *гораздо* больше, чем население Индостана (современные Индия, Пакистан, Бангладеш, Шри-Ланка, Мальдивы и Мьянма). По данным британской переписи 1931 года там было 352.84 млн⁴⁰⁷, а население СССР по переписи 1926 года – 147.03 млн. Население стран бывшего Индостана в 2018

407 http://censusindia.gov.in/Census_And_You/old_report/census%20tables_1931_1.htm Соотношение мужчины/женщины, кстати, 106.3:100.

году – невероятные 1'796.6 млн, то есть более чем пятикратный рост (данные ООН). Если бы в СССР народ размножался, согласно гипотезе Томпсона, пусть не «гораздо быстрее», а хотя бы с той же скоростью, как в Индостане, сейчас в России и бывших союзных проживало бы не менее 740 млн человек.

Ноутштейн в 1944 году тоже выдал предсказание⁴⁰⁸. Точность до миллиона человек выглядит, из наших просвещённых дней, немного забавно:

Европа (исключая Советскую Россию), насчитывая 399 миллионов в 1940 году, в 1970 году будет насчитывать всего 417 миллионов. Население Северной и Центральной Европы сократится с 234 до 225 миллионов, а население Южной и Восточной Европы увеличится со 165 до 192 миллионов. Между тем, население СССР увеличится с 174 до 251 миллиона. Кроме того, в то время как население Советской России и стран Южной и Восточной Европы в большинстве случаев будет расти, численность населения стран Северо-Западной и Центральной Европы снизится ниже своих пиковых значений. Славянский элемент будет превосходить как латинские, так и тевтонские элементы.

В 1970 году население СССР было по факту 242.4 млн (в том числе в России 130.1, а в 14 республиках – 112.3 млн). Население Европы без Советского Союза – 460.7 млн. Ноутштейн «промахнулся» по Европе вниз, а по СССР – вверх. Конечно, в 1944 году, сидя в Швейцарии, автор знать послевоенное устройство Европы не мог. О принадлежности Прибалтики, Польши, Восточной Пруссии, Румынии, и так далее, можно было спорить. Не разделяя Европу и СССР, по предсказанию Ноутштейна во всех странах должны были в 1970 году проживать $417+251=668$ млн; по факту вышло $242.4+460.7=703$ млн, то есть ошибка гипотезы на полные 5% за одно поколение (30 лет). Хотя по сравнению с предсказанием Томпсона – неплохая точность, с дальнейшими пророчествами уважаемый демограф попал в просак.

В середине пятидесятых Ноутштейн выдал прогноз для всего земного шара: 3.3 млрд в 2000 году⁴⁰⁹. На изломе тысячелетия нас было 6.15 млрд, ошибка вышла 85% за 47 лет. Тогда же был предсказан пик популяции Европы к 1970 году. По состоянию на 2018 год пик не пройден. ООН осторожно предсказывает возможный пик в 2020-24 годах: ошибка прогноза Ноутштейна – не менее 50 лет.

По США Ноутштейн и Томпсон выдавать предсказания систематически отказывались. Дело в том, что демографическая структура населения там известна с отменной точностью, и к 1950-м годам уже было вполне очевидно, что «демографический переход» из этапа 2 в этап 3 прошёл великолепно в 1880-х, но с переходом от третьего к четвёртому в стране самых равных возможностей сложилось как-то криво: фертильность то ползла, как положено, вниз, то внезапно карабкалась обратно вверх. Белые винили негров, негры – азиатов, все вместе – проклятую иммиграцию из Европы и Мексики.

ООН плотно занялась проблемой демографического перехода в начале 1960-х. Полная статистика ООН по всем странам мира начинается в 1950 году. По

408 F. W. Notestein et al., *The Future Population of Europe and the Soviet Union: Population Projections, 1940-1970*, Geneva, 1944.

409 F. W. Notestein, *Economic problems of population change*, Proceedings of the Eighth International Conference of Agricultural Economists, New York, 1953, стр. 13-31.

состоянию на 1950 год, на «мальтузианском» первом этапе демографического перехода *ни одной страны уже не было*. Были страны с высокой рождаемостью и высокой смертностью, но в них население уже стремительно росло, что соответствует *второму* этапу перехода.

Возникла идея подтвердить данные о первом этапе на основании европейской статистики XIX – первой половины XX века. В 1963 году Ансли Джонсон Коэл (A.J.Coale, 1917-2002) получил грант на исследования в 600 административных единицах Европы. Результаты публиковались постепенно, в течение 20 лет, и сейчас доступны в электронном виде⁴¹⁰. Главное достижение проделанного труда (хотя сам Коэл пытался уболтать целевую аудиторию в обратном): очевидной корреляции между **TFR** и **LEB** не существует. В некоторых странах дело начиналось с повышения продолжительности жизни, в других – со снижения рождаемости, а где-то изменения происходили одновременно. Было замечено, что кое-где меры по планированию семьи документированы ещё в XVII веке, а высшие классы, видимо, практиковали контроль рождаемости даже ранее (ничего удивительного, реальные примеры ещё дедушка Мальтус в своей книжке [14] приводил!)

В середине 1970 стало ясно, что логика Ноутштейна: «сначала модернизация общества вызывает снижение смертности; затем снижение смертности *неизбежно* влечёт снижение рождаемости», – не работает совсем. Современные последователи гипотезы демографического перехода на причинно-следственную связь больше не напирают, а утверждают, что продвижение от этапа к этапу происходит независимо, вследствие разнородных причин, и в разных странах по-разному. Во всяком случае, переход от первого этапа демографического перехода ко второму прошёл во всех странах мира 100-200 лет назад и сейчас интересен лишь историкам.

В 1950-х ожидаемая продолжительность жизни превышала 70 лет всего в пяти странах мира: Дании, Швеции, Исландии, Нидерландах и Норвегии, притом на четвёртом этапе «демографического перехода» твёрдо находились лишь первые две. Всего на четвёртом этапе (низкая фертильность, высокая продолжительность жизни, малый рост населения) в 1950 году было 24 страны или территории⁴¹¹ с общим населением 463 млн. За 65 лет население там увеличилось на 32%, а снижение численности по сравнению с 1950 годом наблюдается только в Болгарии (на 1%). В 2015 году в среднем на женщину приходилось всего 1.6 живых родов, зато ожидаемая продолжительность жизни выросла с 63 до 78 лет. Из бывшего СССР в этой группе находятся 7 стран: Беларусь, Грузия, Россия, Украина и вся Прибалтика. Все остальные страны – это тоже Европа. Есть подозрение, что к гипотезе демографического перехода ни одна из 24 стран отношения не имеет: единственная видимая «модернизация» тут – это модернизация ВВС и артиллерии во Второй мировой, а магическая зависимость между продолжительностью жизни и

410 <https://dss.princeton.edu/catalog/resource2088>

411 Статистика по территориально-политическому делению 2015 года.

рождаемостью никак себя не проявляла. Дабы не загромождать главу, здесь и далее показаны только страны с населением свыше 50 млн; остальные представлены в таблицах Приложения XVII.

Страна / территория	Население, млн		TFR		LEB, лет		Популяция 2015 к 1950
	1950	2015	1950	2015	1950	2015	
Франция	41.9	64.5	2.8	2.0	66.1	82.4	1.54
Германия	70.0	81.7	2.1	1.5	66.9	80.8	1.17
Италия	46.6	59.5	2.5	1.5	65.6	82.8	1.28
Россия	102.8	143.9	2.8	1.7	55.2	70.9	1.40
Велико-британия	50.6	65.4	2.1	1.9	68.7	81.4	1.29
Группа:	463.0	613.2	2.5	1.6	62.9	78.0	1.32

Ещё 63 страны и территории пересекли границу 1950 года, будучи на этапе 3, но с 2000 года (или ранее) могут быть классифицированы как находящиеся полностью на этапе 4. В этих странах совместно показатель **TFR** уменьшился с 5.3 до 1.7 при одновременном увеличении продолжительности жизни **LEB** с 52 до 77 лет. По состоянию на 2015 год, ни одна страна из списка не снизила популяцию до уровня 1950 года, а в целом по группе население выросло с этого года по 2015 на 144% (то есть увеличилось почти в два с половиной раза). Сторонники гипотезы указывают, что здесь предположения Ноутштейна нашли полное подтверждение. Противники возражают на это, что во многих странах группы наблюдались независимые колебания как рождаемости, так и смертности, а также происходили локальные войны и прочие катаклизмы. Например, переход к жёсткой демографической политике в КНР напрямую связан с голодом 1959-61 годов, когда причины снижения как рождаемости, так и ожидаемой продолжительности жизни были чисто мальтузианскими. Идеолог политики «Одна семья – один ребёнок», доктор физ-мат наук, президент Академии Наук КНР и член ЦК КПК Сонг Циен (Song Jian⁴¹², 宋健, род. 1931) с гордостью называл себя мальтузианцем, а к гипотезе демографического перехода относился скептически.

Страна / территория	Население, млн		TFR		LEB, лет		Популяция 2015 к 1950
	1950	2015	1950	2015	1950	2015	
Бразилия	54.0	206.0	6.1	1.7	50.1	75.3	3.82
КНР	554.4	1397.0	6.7	1.6	43.0	76.1	2.52
Япония	82.8	128.0	3.4	1.4	61.2	83.6	1.55
Юж.Корея	19.2	50.6	5.0	1.3	46.7	81.9	2.63
США	158.8	319.9	3.1	1.9	68.2	79.2	2.01
Вьетнам	24.8	93.6	5.0	2.0	51.8	76.1	3.77
Группа:	1099.4	2684.8	5.3	1.7	51.6	77.1	2.44

Сорок три страны вступили в 1950 на втором этапе «демографического

412 Сонг – фамилия, а не имя. Встречается также английское написание Sung Chien.

перехода», сейчас более или менее успешно следуют этапу 3 (при быстро снижающейся смертности потихоньку уменьшается рождаемость; население растёт). С 1950 по 2015 год численность населения в странах этой группы выросла на 270%, продолжительность жизни увеличилась с 39 до 70 лет, а показатель **TFR** снизился с 6.1 до 2.3. Демографы ООН полагают, что все страны этой группы достигнут «этапа 4» в пределах следующего поколения, стабилизируя численность населения приблизительно к 2060 году, когда население Индии достигнет 1.68 ± 0.28 млрд человек.

Страна / территория	Население, млн		TFR		LEB, лет		Популяция 2015 к 1950
	1950	2015	1950	2015	1950	2015	
Индия	376.3	1309.1	5.9	2.4	35.4	68.3	3.48
Индонезия	69.5	258.2	5.3	2.4	42.0	69.0	3.71
Иран	17.1	79.4	6.9	1.7	39.4	75.7	4.64
Мексика	28.0	125.9	6.7	2.2	48.6	76.9	4.49
Мьянма	17.2	52.4	6.0	2.2	33.3	66.5	3.06
ЮАР	13.6	55.3	6.0	2.5	47.2	62.0	4.06
Таиланд	20.7	68.7	6.1	1.5	49.9	75.1	3.32
Турция	21.4	78.3	6.7	2.1	40.2	75.5	3.66
Группа:	645.1	2383.9	6.1	2.3	38.6	70.2	3.70

Далее рассмотрим территории, где гипотеза демографического перехода пока «светит вполнакала». Все 63 страны в 1950 были на «этапе 2», к 2000 году едва вошли в «этап 3» и – за исключением, вероятно, Бангладеш и Бутана – останутся на «этапе 3» до конца XXI века. Несмотря на увеличение продолжительности жизни с 37 до 65 лет, средний показатель TFR до сих пор выше 4.1, а общий прирост населения – по 2.6% за год.

Страна / территория	Население, млн		TFR		LEB, лет		Популяция 2015 к 1950
	1950	2015	1950	2015	1950	2015	
Бангладеш	37.9	161.2	6.2	2.1	39.1	72.2	4.25
Д.Р. Конго	12.2	76.2	6.0	6.2	38.3	59.2	6.25
Египет	20.7	93.8	6.7	3.3	38.5	71.3	4.53
Эфиопия	18.1	99.9	7.3	4.3	33.3	65.0	5.51
Пакистан	37.5	189.4	6.6	3.5	34.5	66.3	5.04
Филиппины	18.6	101.7	7.4	3.0	54.7	69.0	5.47
Танзания	7.6	53.9	6.7	5.1	40.4	64.9	7.04
Группа:	270.6	1425.3	6.7	4.1	37.4	65.0	5.27

Сторонники гипотезы заявляют, что демографический переход работает, надо просто выждать какое-то время. Оппоненты указывают на дюжину стран, где в начале XXI века «теория» не работает совсем или работает наперекосяк.

Заметим, что отмеченные крестиками примечания встречаются и в других таблицах Приложения VII. Так помечены страны, где наблюдалось временное,

на 20-50 лет, повышение фертильности **TFR** до того, как этот показатель начинает устойчиво снижаться. Всего таких стран нашлось 66 из 118 рассмотренных, то есть более половины. Гипотеза демографического перехода подобное наблюдение никак не объясняет.

Страна / территория	Население, млн		TFR		LEB, лет		Популяция 2015 к 1950
	1950	2015	1950	2015	1950	2015	
Французск. Гвиана ^a	Менее 0.05	0.3	5.1	3.4	52.3	79.7	10.55
Израиль ^a	1.3	8.1	4.5	3.0	68.3	82.3	6.41
Казахстан ^b	6.7	17.7	4.3	2.7	54.2	69.7	2.65
Кыргызстан ^b	1.7	5.9	3.9	3.1	51.9	70.8	3.37
Монголия ^{1b}	0.8	3.0	5.5	2.8	42.5	69.1	3.82
Нигер ^c	2.6	19.9	7.3	7.3	34.4	59.7	7.77
Нигерия ^c	37.9	181.2	6.4	5.6	33.1	53.0	4.79
Сирия ^{1d}	3.4	18.7	7.2	3.0	46.4	69.9	5.49
Таджикистан ^{1a}	1.5	8.5	5.0	3.4	52.2	70.9	5.58
Восточный Тимор ^c	0.4	1.2	6.5	5.6	29.0	68.6	2.86
Туркменистан ^{1a}	1.2	5.6	4.9	2.9	50.4	67.7	4.60
Зимбабве ^{1a}	2.7	15.8	6.8	3.8	47.7	60.4	5.74
ВСЕГО:	60.3	285.9	6.0	5.0	39.1	58.3	4.74
[†] – наблюдалось временное повышение TFR между 1950 и 2000 годами. ^a – стабилизация TFR на высоком уровне при высокой LEB. ^b – увеличение TFR при достижении высокой LEB. ^c – нет значимой корреляции между TFR и LEB, TFR>5 при увеличении LEB свыше 50. ^d – началось снижение LEB при относительно высокой фертильности TFR.							

За десятилетие до академика Сонга, американский статистик и демограф Филип Моррис Хаузер (1909-94) так отозвался о гипотезе демографического перехода⁴¹³:

Теория [демографического] перехода, возможно, описывает ситуацию в странах, находящихся на пороге модернизации. Заметим однако, основные постулаты этой теории выведены из исторических обобщений по странам Запада [Европы], и оттого вряд ли применимы – кроме самых общих умозаключений – для прямого предсказания демографической ситуации за пределами исторического периода [промышленной революции XVIII-XIX веков]. Остаются ли факторы теории в силе в современном мире, и могут ли прогнозы на будущее быть точными – большой вопрос.

На этом большом вопросе, итоги главы:

- Мы создали программный код на Python, в общих чертах соответствующий программам *Wolrd3* (1972) и *NewWorld* (2012) из «Пределов роста». Код проверен на нескольких числовых примерах.
- Явление** «демографического перехода», то есть увеличение ожидаемой

413 P. M. Hauser and O. D. Duncan, *The Study of Population. An Inventory and Appraisal*, Chicago, 1959, стр. 14.
Цитируется по электронной книге: https://archive.org/stream/in.ernet.dli.2015.462876/2015.462876.An-Inventory_djvu.txt

продолжительности жизни при одновременном сокращении фертильности, объективно наблюдается, по состоянию на 2015 год, почти во всех странах мира. Страны с общим населением около 3.3 млрд уже близки к стабилизации численности; страны и территории с населением 2.4 млрд, вероятно, стабилизируются – при прочих неизменных условиях – до 2060 года. Относительно остальных 1.7 млрд населения Земли – уверенный прогноз невозможен.

- **Теории** «демографического перехода», то есть зависимости фертильности от увеличения ожидаемой продолжительности жизни, пока не существует. Есть неподтверждённая гипотеза, а современное состояние дел в демографии таково, что ожидаемую продолжительность жизни (**LEB**) и фертильность (**TFR**) лучше рассматривать как независимые друг от друга переменные, что и было сделано авторами *«Пределов роста»* в 1972 г.
- Хотя конкретные механизмы регулирования фертильности и управления воспроизводством населения в разных странах разные, несомненно, что решающее значение во всех случаях имеет государственный аппарат.
- На увеличение продолжительности жизни оказывает влияние как экономический уровень потребления, так и развитие государственных институтов.