

В. М. Школьников^{1, 2, *}, Д. А. Жданов^{1, 2}, Е. М. Андреев², Дж. В. Вупель¹

Быстрый рост рекордной продолжительности жизни реальных поколений*

¹Max Planck Institute for Demographic Research, Konrad Zuse Str. 1, 18057 Rostock, Germany

²Российская Экономическая Школа, Центр Демографических Исследований,

Нахимовский проспект 47, 117418 Москва, Россия

[*shkolnikov@demogr.mpg.de](mailto:shkolnikov@demogr.mpg.de)

Линейный рост рекордной (максимальной среди всех стран) ожидаемой продолжительности жизни (линия Оппена-Вопеля) является наиболее наглядным выражением прогресса человечества в области снижения смертности. Настоящая работа посвящена изучению тренда рекордной продолжительности в реальных поколениях (когортах). В отличие от обычно используемой периодной продолжительности жизни, когортная продолжительность жизни служит мерой времени жизни реальных людей. Снижение смертности приводит к тому, что в каждом календарном году периодная продолжительность жизни ниже когортной продолжительности жизни родившихся в том же году и этот разрыв увеличивается во времени. Наш анализ опирается на детальные и качественные данные смертности в 24 наиболее развитых странах из Human Mortality Database за период 1870-2008 гг. Для продления рядов когортной продолжительности жизни до 1950 года рождения был построен прогноз коэффициентов смертности на период 2009-2050 гг. с применением модели Ли-Картер. В когортах 1870-1950 годов рождения ежегодный прирост времени жизни составлял 0,43 года, а в период 1870-2008 гг. годовой прирост периодной продолжительности жизни составлял 0,28 лет. Между 1870 и 1950 годами рождения рекордная когортная продолжительность жизни выросла с 53,7 лет до 83,8 лет. При этом разрыв с периодной продолжительностью жизни увеличился с 1,2 года до 10,3 лет. Когорты, родившиеся в 1920-е-1950-е годы проживут намного дольше, чем можно предположить из поперечных режимов смертности во времена их молодости или середины жизни. Самая значительная часть добавленного времени жизни приходится на возраста старше 65 лет, что приводит к существенному изменению соотношения между составляющими жизненного цикла.

Ключевые слова: долголетие, продолжительность жизни, смертность, когорты, старение, авангард

* Настоящая работа представляет собой сокращенную и несколько видоизмененную версию статьи Shkolnikov V. M., Jdanov D. A., Andreev E. M., Vaupel J. W. Steep increase in best-practice cohort life expectancy // Population and Development Review 2011. Vol. 37(3). P. 419-434.

Введение

Устойчивый рост продолжительности жизни, начавшийся в XIX веке и продолжающийся до настоящего времени – главное достижение человечества. Ожидаемая продолжительность жизни новорожденного сильно варьирует в зависимости от страны. В отдельно взятой стране продолжительность жизни не всегда устойчиво повышается. Как правило, преобладает рост, но также возможны периоды стабилизации и даже снижения. Но, если рассматривать мир в целом, то процесс продления жизни происходит постоянно. В каждом календарном году можно определить страну с максимальной для данного года (рекордной по отношению ко всем странам мира) продолжительностью жизни. Поскольку во всех странах и почти в каждом году мужская смертность превышает женскую, рекордная продолжительность жизни отмечается исключительно в женских популяциях. Этот показатель представляет потенциально достижимую на данном уровне благосостояния и медицины степень сокращения смертности. Через некоторое время другие страны также достигают тех же, прежде рекордных, значений продолжительности жизни.

В 2002 г. демографы Дж. Оппен и Дж. Вепель [7] в своей принципиальной статье показали, что рекордная продолжительность жизни в период между 1840 и 2000 гг. увеличивалась линейно, не обнаруживая тенденции к стабилизации. Известно, что в простейшем случае линейное увеличение продолжительности жизни наблюдается при снижении силы смертности с постоянным коэффициентом уменьшения [11, 12]. Тренд Оппена и Вепеля говорит о том, что продолжительность жизни в странах с самой низкой смертностью удлиняется с приблизительно постоянной скоростью и этот эмпирический тренд не позволяют говорить о приближении к некоему верхнему пределу продолжительности жизни человека.

Однако этот важный научный результат касается увеличения периодной ожидаемой продолжительности жизни, которая является обобщенной мерой высоты смертности в данном календарном году. Величина продолжительности жизни показывает, сколько лет проживет человек, если на протяжении его жизни смертность будет оставаться неизменной и соответствовать возрастным коэффициентам смертности данного года. Периодная продолжительность жизни – характеристика текущего состояния здоровья и скорости замещения населения, но, в общем случае, не отражает длительность жизни индивидов, составляющих население. Поскольку смертность изменяется во времени, периодная продолжительность жизни отличается от времени жизни реальных людей или их совокупностей – поколений одного года рождения (когорт). Поскольку с конца XIX в. смертность почти всюду и всегда снижалась (за исключением нескольких

эпизодов мировых войн, эпидемий и регресса), ожидаемая продолжительность жизни почти в любом году ниже когортной ожидаемой продолжительности жизни родившихся в этом году. Недавние исследования показали, что режим снижения силы смертности с постоянным коэффициентом уменьшения приводит к линейному повышению когортной продолжительности жизни с более высокой скоростью по сравнению со скоростью линейного роста периодной продолжительности жизни [1, 5].

Как выглядят тренды времени жизни авангардных популяций в когортном измерении? На этот вопрос отвечает настоящее исследование. Наш анализ трендов рекордной продолжительности жизни реальных поколений женщин основан на высококачественных и детальных данных смертности из Human Mortality Database (HMD).

Данные и методы

HMD содержит данные смертности в 37 экономически развитых странах мира, классифицированные по однолетним возрастным группам, календарным годам и годам рождения. Для анализа использованы данные по когортам женщин, родившимся с 1870 по 1950 г. включительно. Более ранние данные не были использованы по двум причинам. Во-первых, до 1860-х гг. ни одна страна мира не имела данных смертности по однолетним возрастным группам, что делает невозможным однозначную оценку смертности в когортах. По той же причине из анализа были исключены все данные, восстановленные из укрупненных (пятилетних) возрастных интервалов. Во-вторых, вызывает сомнение качество исторических данных смертности в большинстве стран ввиду неполной регистрации рождений и смертей. Например, исчерпывающая регистрация смертей в Швеции – признанном мировом лидере по качеству демографической статистики, была установлена только в 1860-е годы. Кроме того, из анализа были исключены данные относительно более низкого качества, например, данные из восточноевропейских стран.

Особого внимания заслуживают данные смертности Новой Зеландии. Эта страна интересна тем, что смертность ее населения в конце XIX и начале XX в. была необычайно низкой. С точки зрения полноты регистрации данные смертности белого населения Новой Зеландии могли бы использоваться для анализа. Однако есть предположение, что феномен низкой смертности в Новой Зеландии является (полностью или частично) артефактом, который объясняется селективностью малочисленного неаборигенного населения этой отдаленной страны в конце XIX и начале XX в. Поэтому было решено исключить из анализа Новую Зеландию в период 1870-1920 гг..

В итоге для анализа были отобраны 24 страны с наиболее качественными данными. В каждом календарном году была определена страна с максимальной продолжительностью жизни. В число таких стран в разные годы попали: Австралия,

Дания, Исландия, Япония, Новая Зеландия (неаборигенное население), Норвегия и Швеция. Таким образом, подобно Оппену и Вупелю, мы построили временной ряд рекордных величин периодной ожидаемой продолжительности жизни с 1870 по 2008 г.

Для того, чтобы получить оценки продолжительности жизни в когортах вплоть до 1950 г. рождения включительно, необходимо иметь данные смертности хотя бы до 2050 г. Мы посчитали достаточным 100 лет наблюдения с учетом того, что при прогнозируемом режиме смертности возраста старше 100 лет не будут оказывать значимого эффекта на продолжительность жизни. Прогноз коэффициентов смертности на период 2009-2050 гг. был построен с помощью метода Ли-Картер [2]. Метод основан на следующей модели поверхности смертности:

$$\ln m_{x,t} = a_x + b_x k_t + \varepsilon_{x,t},$$

где $m_{x,t}$ – коэффициент смертности в возрасте x в календарном году t ; a_x – усредненный по времени эффект возраста; k_t – усредненный по возрасту эффект времени (календарного года); b_x – эффект взаимодействия, выражающий специфическую чувствительность коэффициента смертности в возрасте x к изменениям во времени k_t и $\varepsilon_{x,t}$ – случайные возмущения.

Для идентификации модели были использованы коэффициенты $m_{x,t}$ за относительно короткий период 1960-2008 гг. Дело в том, что изменения смертности в этот период времени хорошо отражают современный паттерн прогресса, в котором ведущую роль играет сокращение смертности в старших возрастах [10].

Экстраполяция тренда k_t в модели Ли-Картер позволила спрогнозировать коэффициенты смертности на период 2009-2050 гг. и построить когортные и периодные таблицы смертности для вычисления прогнозных оценок когортной продолжительности жизни до 1950 г. рождения и периодной продолжительности жизни до 2050 г.

Получив оценки когортной продолжительности жизни, для каждого года рождения с 1870 по 1950 г., в каждом году была определена страна с рекордной (максимальной среди всех стран) продолжительностью жизни. Оказалось, что для годов рождения с 1870 до 1920 рекордная продолжительность жизни наблюдалась исключительно в скандинавских странах, причем в основном в Норвегии. Рекордная продолжительность жизни когорт 1921-1950 гг. рождения отмечалась в Швейцарии, Австралии, Новой Зеландии (неаборигенное население) и Норвегии.

Тренды рекордной продолжительности жизни

Результаты расчетов позволяют графически изобразить временные ряды периодной и когортной продолжительности жизни в странах с рекордно низкой смертностью. На *рисунке 1* показаны:

1) Ряд рекордной когортной продолжительности жизни для когорт 1870-1920 годов рождения. В 2008 г. (последний год наблюдения) эти когорты либо уже вымерли, либо достигли весьма преклонного возраста (минимум 88 лет для когорты 1920 г.). Поэтому продолжительность жизни в них была рассчитана точно или с минимальной погрешностью.

2) Ряд рекордной когортной продолжительности жизни для когорт 1921-1950 годов рождения. В этих когортах коэффициенты смертности наблюдаются до возрастов в диапазоне от 58 лет (когорты 1950 г.р.) до 87 лет (когорты 1921 г.р.). Оценки продолжительности жизни здесь частично основаны на прогнозе смертности в старших возрастах методом Ли-Картера.

3) Линия тренда, построенная методом наименьших квадратов и хорошо аппроксимирующая ряды 1) и 2). Она показывает скорость роста продолжительности жизни для когорт 1870-1950 годов рождения.

4) Ряд рекордной периодной продолжительности жизни с 1870 по 2008 год. Значения продолжительности жизни в нем целиком основаны на наблюдаемых коэффициентах смертности.

5) Ряд рекордной периодной продолжительности жизни в 2009-2050 гг. Значения продолжительности жизни в нем основаны на коэффициентах смертности, полученных из модели Ли-Картер.

6) Линия периодного тренда, построенная на данных 4).

7) Линия периодного тренда, построенная на данных 5).

На *рисунке 1* показаны также доверительные интервалы для тех оценок рекордных когортной и периодной продолжительностей жизни, которые частично или полностью вычислены из спрогнозированных коэффициентов смертности.

Рисунок 1 показывает, что рекордные периодная и когортная продолжительности жизни увеличиваются практически линейно и с разной скоростью. В соответствии с теоретическими моделями, рекордная когортная продолжительность жизни растет значительно быстрее рекордной периодной продолжительности жизни.

Для сравнения когортной и периодной продолжительности жизни используются показатели, предложенные Голдштайном и Вахтером [1]: разрыв (gap, G) и лаг (lag, L). Разрыв – это разница между продолжительностью жизни когорты, рожденной в году t , и

периодной продолжительностью жизни в году t . G показывает, на сколько лет больше проживет средний новорожденный в рассматриваемом году в результате снижения смертности в течение его будущей жизни. L равен тому времени, за которое периодная продолжительность жизни достигает значений когортной продолжительности жизни для данного года рождения.

Если линейный тренды по годам рождения и календарным годам выражаются как

$$e^C(t) = c_0 + c_1(t - 1870)$$

и

$$e^P(t) = p_0 + p_1(t - 1870),$$

соответственно, то разрыв и лаг равны:

$$G(t) = (c_0 - p_0) + (c_1 - p_1)(t - 1870),$$

$$L(t) = \frac{(c_0 - p_0)}{c_1} + \frac{(c_1 - p_1)}{c_1}(t - 1870).$$

Как видно из рисунка 1, долговременные линейные тренды роста рекордной продолжительности жизни по когортам и периодам имеют разные наклоны, за счет чего разрыв и лаг быстро увеличиваются. В когортах средний годовой прирост составляет 0,43 года жизни (или 10 часов за сутки), а по календарным периодам – 0,28 года (или почти 7 часов за сутки). Таким образом, разрыв между когортной и периодной рекордными продолжительностями жизни вырос с 1870 по 1920 г. с 1,3 до 8,9 лет. Лаг для того же периода времени вырос с 3,0 до 20,3 лет. Предсказанная линейным трендом рекордная продолжительность жизни для 1950 года рождения составляет 84,9 года, а периодная продолжительность жизни для этого года - равна 71,9 года ($G(1950)=13$).

Хотя линейный рост периодной продолжительности жизни по Оппену и Вопелю в целом соответствует эмпирическим данным, более детальный анализ, проведенный Валленом и Милле, показал, что на самом деле скорость роста несколько варьирует в зависимости от времени [10]. В этой связи, для рекордной периодной продолжительности жизни были построены два тренда: 1870-2008 гг. и 1960-2008 гг. Как показывает рисунок, последний тренд несколько более медленный по сравнению с длительным трендом (приросты: 0,23 против 0,28 лет за год, соответственно).

В соответствии с этими двумя трендами построены два прогноза роста рекордной периодной продолжительности жизни до 2050 г. Отметим, что продолжение тренда 1960-2008 гг. практически неотличимо от прогнозных значений периодной продолжительности жизни, основанных на модели Ли-Картер (см. рисунок).

Рекордная когортная продолжительность жизни для 1950 г. рождения составляет 83,8 лет, что примерно на год меньше значения, соответствующего длительному линейному тренду когортной продолжительности жизни, и на 10 лет выше наблюдаемой в этом году рекордной периодной продолжительности жизни. Экстраполяция когортных трендов на года рождения после 1950 г. (не показана на рисунке) быстро ведет к очень высоким значениям продолжительности жизни, превышающим 100 лет в рекордных женских когортах 1970-х годов рождения.

Время, прожитое в разных возрастах

Возрастные распределения смертности в периодной и когортной таблицах смертности может существенно различаться между собой. Величина различий зависит от динамики возрастной смертности во времени. В этой связи представляется интересным сравнение времени жизни, прожитого в разных интервалах возраста в рекордных таблицах смертности по календарным годам и по годам рождения. Эти показатели зависят еще и от того, какие страны именно являются рекордными в когортном и периодном измерениях.

В стандартных обозначениях таблицы смертности разложение продолжительности жизни на возрастные составляющие проводили по формуле:

$$e_0 = (T_0 - T_{15}) + (T_{15} - T_{45}) + (T_{45} - T_{65}) + (T_{65} - T_{85}) + T_{85},$$

считая корень таблицы смертности (начальный размер когорты в возрасте 0) равным единице.

В этой формуле каждый аддитивный член, за исключением первого, связан с предыдущими членами, поскольку время жизни, прожитое в возрасте x и последующих возрастах (T_x) зависит от числа доживающих до возраста x .

Очевидно, что и в когортных, и в периодных таблицах время жизни во всех возрастных интервалах увеличивалось. В 1870 г. разложение продолжительности жизни на возрастные составляющие было примерно одинаково для рекордной когорты 1870 г. рождения и для периодной таблицы смертности с рекордной продолжительностью жизни 1870 г. (табл. 1). Для 1950 г. результат того же сравнения – иной. Различие в распределениях объясняется двумя причинами. Во-первых, между 1870 и 1950 гг. когортная и периодная продолжительности жизни выросли в разной степени – на 30 лет и на 21 год, соответственно. Во-вторых, возрастные составляющие прогресса в когортном и периодном измерениях различались между собой. Если в когортной продолжительности жизни прирост времени жизни после 65 лет составил примерно половину, то в периодной продолжительности жизни прирост этого времени жизни составил примерно треть.

В целом, увеличение времени жизни в возрастах 65 лет и старше, то есть в пенсионных возрастах, является особенно значительным. За 80 лет рекордная когортная

продолжительность жизни в возрасте 65 лет увеличилась с 15,4 до 28,4 года, а рекордная периодная продолжительность жизни – с 13 до 16,3 года. Таким образом, разрыв вырос с 1,4 до 8,5 года (табл. 2).

Таблица 1

Когортная и периодная продолжительности жизни женщин по возрастным интервалам в странах с рекордной продолжительностью жизни при рождении в 1870 и 1950 гг.

	1870	1950	Увеличение
Когортная продолжительность жизни			
0–14	12,52	14,51	2,00
15–44	21,64	28,70	7,06
45–64	11,72	18,46	6,74
65–84	7,10	16,30	9,20
85+	0,73	5,80	5,06
Всего	53,71	83,77	30,06
Периодная продолжительность жизни			
0–14	12,69	14,57	1,88
15–44	22,25	28,62	6,37
45–64	11,52	17,38	5,86
65–84	5,65	11,47	5,82
85+	0,44	1,48	1,04
Всего	52,55	73,53	20,98
Разрыв между когортой и периодом	1,16	10,25	

Примечание. Страны с рекордной продолжительностью жизни: Норвегия (когорта 1870 г.р.), Швейцария (когорта 1950 г.р.), Норвегия (период 1870 г.) и Исландия (период 1950 г.)

Таблица 2

Рекордные когортные и периодные продолжительности жизни женщин в различных возрастах в странах с рекордной продолжительностью жизни в возрасте 0 лет в 1870, 1950 и 2008 гг.

Возраст	Когорта		Период		
	1870	1950	1870	1950	2008
0	53,71	83,77	52,55	73,53	86,04
15	52,02	71,82	49,19	60,90	71,38
45	30,24	42,93	26,82	32,92	42,08
65	15,35	24,80	12,98	16,33	23,63
85	4,77	8,59	4,88	5,96	8,19

Примечание. Страны с рекордной продолжительностью жизни: Норвегия (когорта 1870 г.р.), Швейцария (когорта 1950 г.р.), Норвегия (период 1870 г.), Исландия (период 1950 г.), Япония (период 2008 г.)

Заключение

Увеличение когортной и периодной продолжительностей жизни – результат общемирового снижения смертности.

Мы установили, что с 1870 по 1920 г. рекордная когортная продолжительность жизни увеличивалась в среднем на 0,43 года в год, а рекордная периодная продолжительность жизни с 1870 по 2008г – на 0,28 года в год. Расчеты показывают, что рекордная продолжительность жизни для когорты 1950 года рождения может составить 84 года, тогда как рекордная периодная ожидаемая продолжительность жизни в этом году равнялась 73,5 года. Если та же тенденция сокращения женской смертности будет продолжаться, то вполне возможно, что в странах с самой низкой смертностью женские когорты 1970-х годов рождения будут доживать до 100 лет.

Максимальное увеличение времени жизни в реальных поколениях будет происходить в возрастах старше 65 лет. Это приведет как к изменениям в устоявшемся жизненном цикле, так и к большим социально-экономическим последствиям.

К сожалению, во многих странах при обсуждении проблем старения населения рассматриваются, в основном, периодные данные продолжительности жизни. Однако, учитывая тот факт, что продолжительность жизни в когортах увеличивается в 1,5 раза быстрее, чем в календарном времени, развитые страны могут столкнуться с большим, чем ожидалось, накоплением старых и очень старых людей в населении и неожиданно быстрым нарастанием проблем в области здравоохранения и пенсионной системы.

Некоторые исследователи полагают, что новые болезни могут замедлить процесс улучшения здоровья населения и увеличения продолжительности его жизни [8]. Например, в качестве одного из факторов риска приводится ожирение, которое способствует развитию многих болезней. Однако ни в одной из развитых стран, где стоит проблема ожирения населения, до сих пор не испытывала снижения продолжительности жизни. Здесь уместно вспомнить, что, несмотря на общемировую эпидемию курения XX в., продолжительность жизни в развитых странах почти непрерывно росла, а рекордная продолжительность жизни увеличивалась линейно. Таким образом, нет никаких оснований полагать, что снижение смертности от всех причин смерти, продолжающееся уже почти два века, приостановится, если только какие-либо неожиданные неблагоприятные факторы не затормозят прогресс, отдалив тем самым уровни смертности, которые могут быть достигнуты при нынешних тенденциях.

К тому же выводу можно прийти, отмечая исключительно низкие уровни смертности, которые уже сегодня наблюдаются в отдельных группах населения, и

принимая во внимание те резервы снижения смертности, которые связаны с хорошо известными предотвратимыми факторами риска [3, 4, 6, 9].

Благодарности

Это исследование выполнялось в рамках проекта Human Mortality Database Института демографических исследований Общества Макса Планка (Росток, Германия). Создание русской версии было поддержано фондом Д. Зимина «Династия» (Москва, Россия). Мы благодарны Трифону Миссову и Адаму Ленарту за полезное обсуждение методов и результатов и Елене Чуриловой за подготовку первой версии русского текста. Для прогнозных расчетов использовалась функция `lca.forecast` from R-пакета `demography` Роба Хайдмана, размещенная по адресу <http://robjhyndman.com/software/demography>.

Литература

1. *Goldstein J. R., Wachter K. W.* Relationships between period and cohort life expectancy: Gaps and lags // *Population Studies*. 2006. Vol. 3. P. 257–269.
2. *Lee R. D., Carter L. R.* Modeling and forecasting U.S. mortality // *J. Amer. Statist. Ass.* 1992. Vol. 87(419). P. 659–675.
3. *Manton K. G., Stallard E., Tolley H. D.* Limits to human life expectancy: Evidence, prospects, and implications // *Population and Development Rev.* 1991. Vol. 17(4). P. 603–637.
4. *Martelin T.* Socio-demographic differences in mortality at older ages in Finland // In: *Health and Mortality among Elderly Populations / Caselli G. and Lopez A. D. (eds.)*. Oxford: Clarendon Press, 1996. P. 112–134.
5. *Missov T. I., Lenart A.* Linking period and cohort life-expectancy linear increases in Gompertz proportional hazard models // *Demogr. Res.* 2011. Vol. 24(19). P. 455–468.
6. *Murray C. J. L., Kulkarni S. C., Michaud C. et al.* Eight Americas: Investigating mortality disparities across races, counties, and race-counties in the United States // *PLoS Medicine*. 2006. Vol. 3. Iss. 9. P. e260.
7. *Oeppen J. E., Vaupel J. W.* Broken limits of life expectancy. *Science*. 2002. Vol. 296. P. 1029–1031.
8. *Olshansky S. J., Passaro D. J., Hershow R. C. et al.* A potential decline in life expectancy in the United States in the 21st century // *New Engl. J. Med.* 2005. Vol. 352. P. 1138–1145.
9. *Shkolnikov V. M., Scholz R., Jdanov D. et al.* Length of life and pensions of five million retired German men // *Europ. J. Publ. Hlth.* 2007. Vol. 18(3). P. 264–269.
10. *Vallin J., Meslé F.* The segmented trend line of highest life expectancies // *Population and Development Review*. 2009. Vol. 35(1). P. 159–187.

11. *Vaupel J. W.* How change in age-specific mortality affects life expectancy // *Population Studies*. 1986. Vol. 40. P. 147–157.

12. *Vaupel J. W., Gowan A. E.* Passage to Methuselah: Some demographic consequences of continued progress against mortality // *Amer. J. Publ. Hlth.* 1986. Vol. 76(4). P. 430–433.

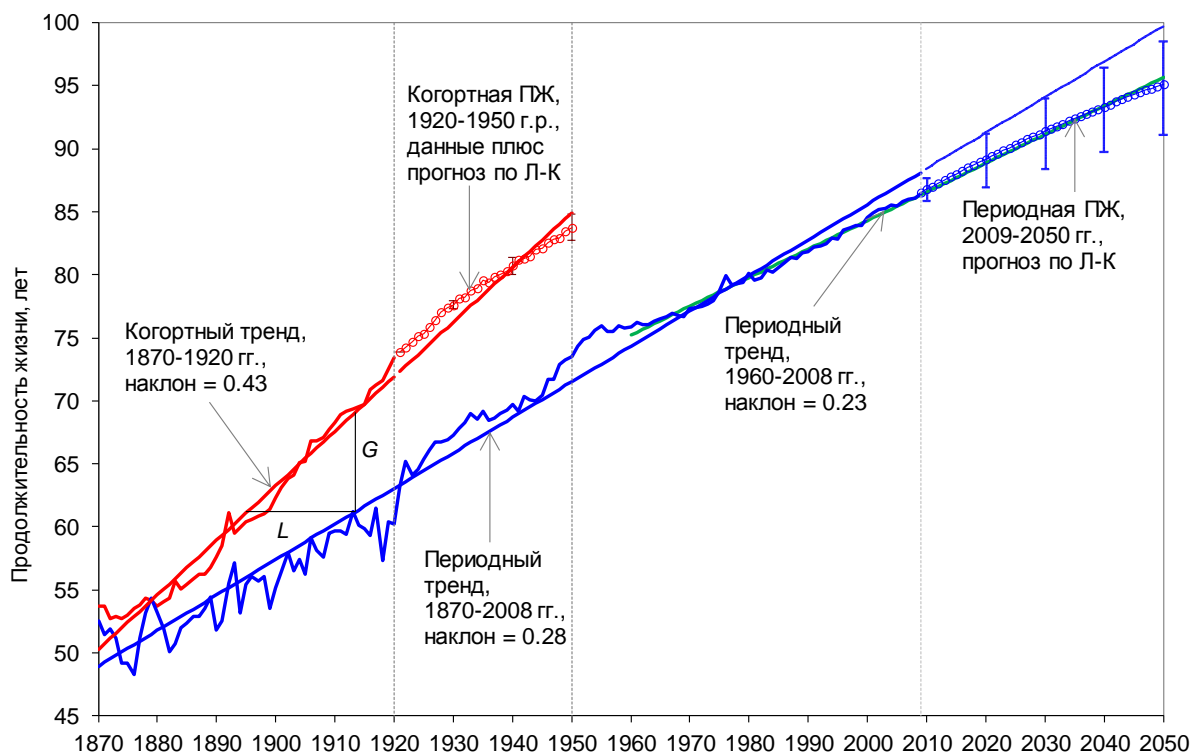


Рисунок 1- Тренды рекордной продолжительности жизни по календарному времени и когортам с 1870 г.