

**Заседание демографической секции Дома ученых**

**Динамика изменения продолжительности жизни в России за последние полвека и перспективы  
достижения уровня 80+ к 2030 году.**

**Дмитрий Помазкин**

**[Dmitri.pomazkin@mail.ru](mailto:Dmitri.pomazkin@mail.ru)**

**Москва 22.11.2018**

*Тяжелую болезнь вначале легко вылечить, но трудно распознать, когда же она усилилась, ее легко распознать, но уже трудно вылечить.*

Николло Макиавелли 1469-1527

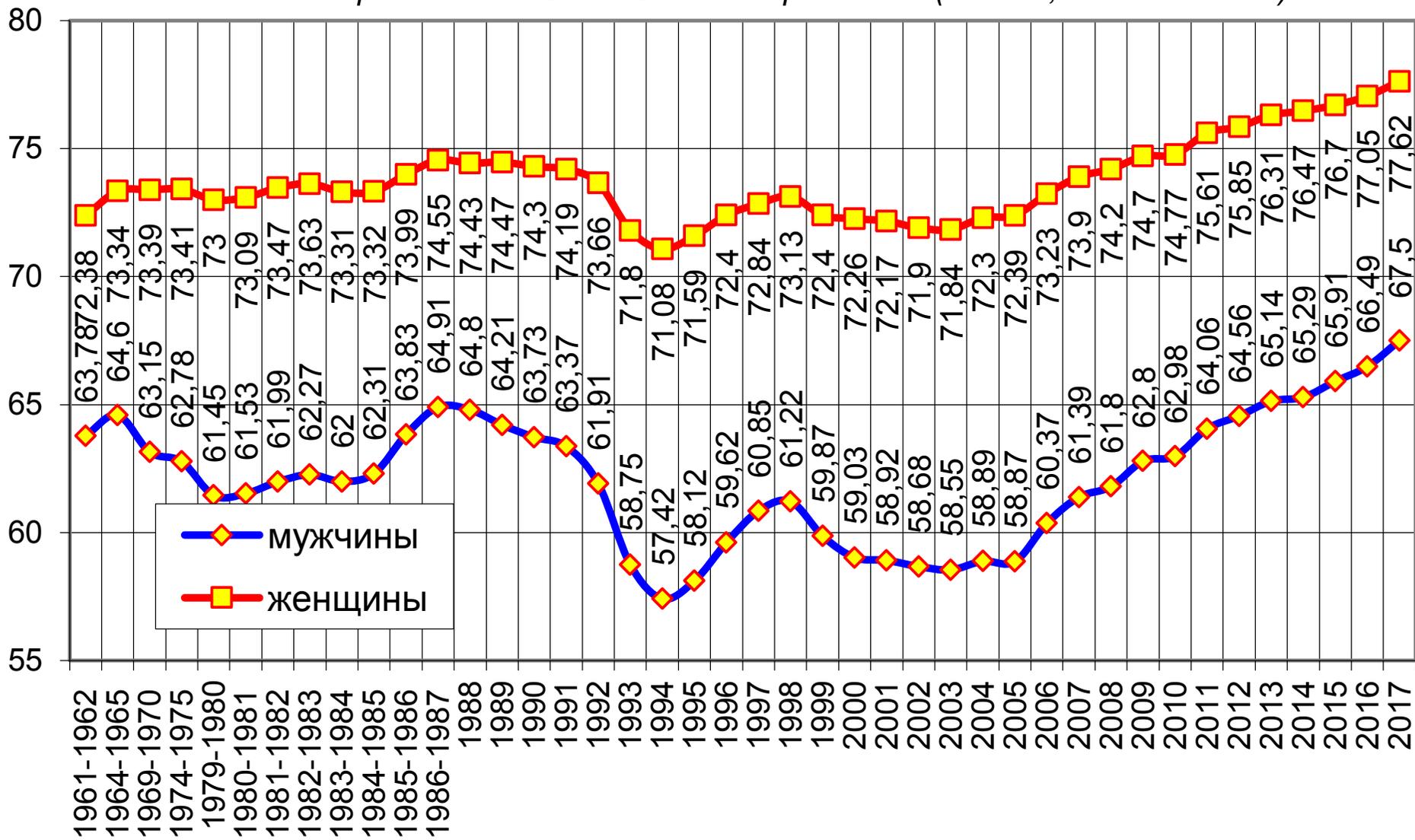
Начиная с 2006 года в РФ наблюдается устойчивый рост продолжительности жизни существенно превосходящий темпы роста в других странах. В материалах демографической политики определены целевые показатели для ожидаемой продолжительности жизни (ОПЖ, ex) в РФ. К 2025 году ОПЖ должна достичь значения 78<sup>1</sup> лет, а в президентском послании Федеральному собранию (01.03.2018) указан ориентир 80 лет к 2030 году<sup>2</sup>. С одной стороны наблюдаемые темпы роста продолжительности жизни и заметная разница по сравнению с рядом стран позволяют предположить о сохранении темпа снижения смертности в ближайшие 10 лет и достижения целевых показателей. Однако, с другой стороны есть риски, что наблюдаемый рост связан с эффектом низкой базы и может замедлиться, что не позволит ОПЖ достичь требуемых значений. В работе проанализированы исторические данные за последние десятилетия и сделаны оценки влияния роста ОПЖ на социально-демографические показатели в РФ. На рис. приведены данные Росстата для ОПЖ за последние 60 лет. Видно изменение тренда, начиная с 2006 года, причем в некоторые периоды ОПЖ для мужчин увеличивается почти на год. В странах Европы увеличение продолжительности жизни на 1 год в течение последних 50 – ти лет происходит в среднем за 5 лет. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении за 6 лет выросла для всего населения на 2,46 года (с 70,24 до 72,70 года): у мужчин – на 2,95 года (с 64,56 до 67,51 года), у женщин – на 1,78 года (с 75,86 до 77,64 года). Сократилась разница в ожидаемой продолжительности жизни у мужчин и женщин (с 11,30 до 10,13 года).

---

<sup>1</sup> Указ Президента РФ №204 от 7.05.18 “О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года”

<sup>2</sup> К концу следующего десятилетия Россия должна уверенно войти в клуб стран «80 плюс», где продолжительность жизни превышает 80 лет

Ожидаемая продолжительность жизни с рождения (Россия, все население)





**ЦЕЛЬ:** повышение к 2024 г. ожидаемой продолжительности жизни при рождении до 78 лет (к 2030 г. — до 80 лет)

## ФЕДЕРАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ

Развитие системы оказания первичной медико-санитарной помощи

*Т.В. Яковлева*

Обеспечение медицинских организаций системы здравоохранения квалифицированными кадрами

*Т.В. Яковлева*

Борьба с сердечно-сосудистыми заболеваниями

*Т.В. Яковлева*

Методическое руководство национальными медицинскими исследовательскими центрами

*С.А. Краевой*

Борьба с онкологическими заболеваниями

*Т.В. Яковлева*

Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы здравоохранения (ЕГИСЗ)

*Н.А. Хорова*

Развитие детского здравоохранения, включая создание современной инфраструктуры оказания медицинской помощи детям

*Т.В. Яковлева*

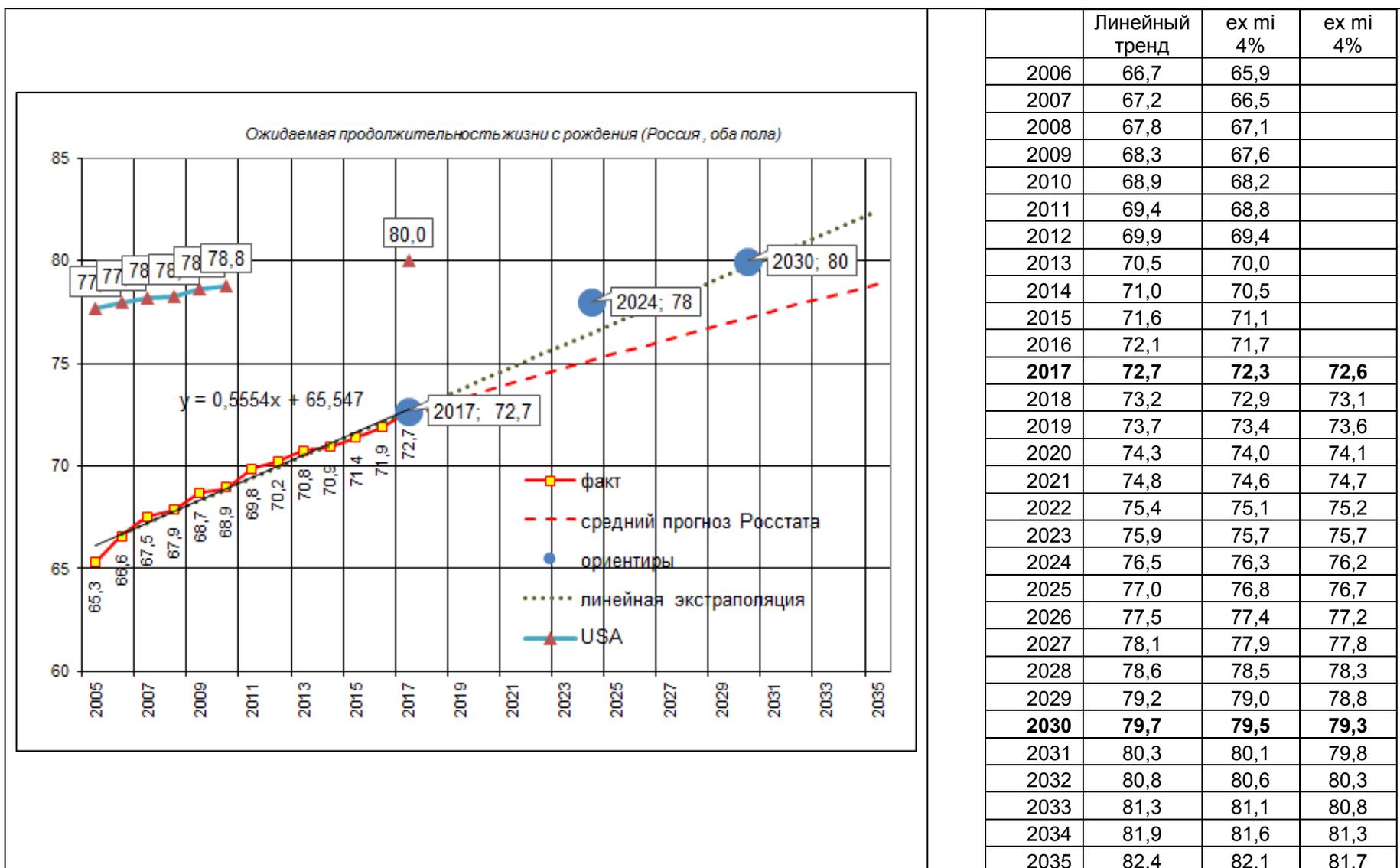
Развитие экспорта медицинских услуг

*О.О. Салагай*

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

- Снижение смертности населения трудоспособного возраста с 473,4 в 2017 году до 350 случаев на 100 тыс. населения в 2024 году **(на 26%)**;
- Снижение смертности от болезней системы кровообращения с 587,6 в 2017 году до 450 случаев на 100 тыс. населения в 2024 году **(на 23,4%)**;
- Снижение смертности от новообразований, в том числе от злокачественных с 200,6 случаев в 2017 году до 185 случаев на 100 тыс. населения **(на 7,8%)**;
- Снижение младенческой смертности с 5,6 в 2017 году до 4,5 случая на 1 тыс. родившихся детей в 2024 году **(на 19,6%)**

Результаты прогноза ожидаемой продолжительности жизни для мужчин и женщин приведены на рис. В качестве ориентиров приведены показатели демографической политики, которые превышают значения среднего прогноза Росстата.

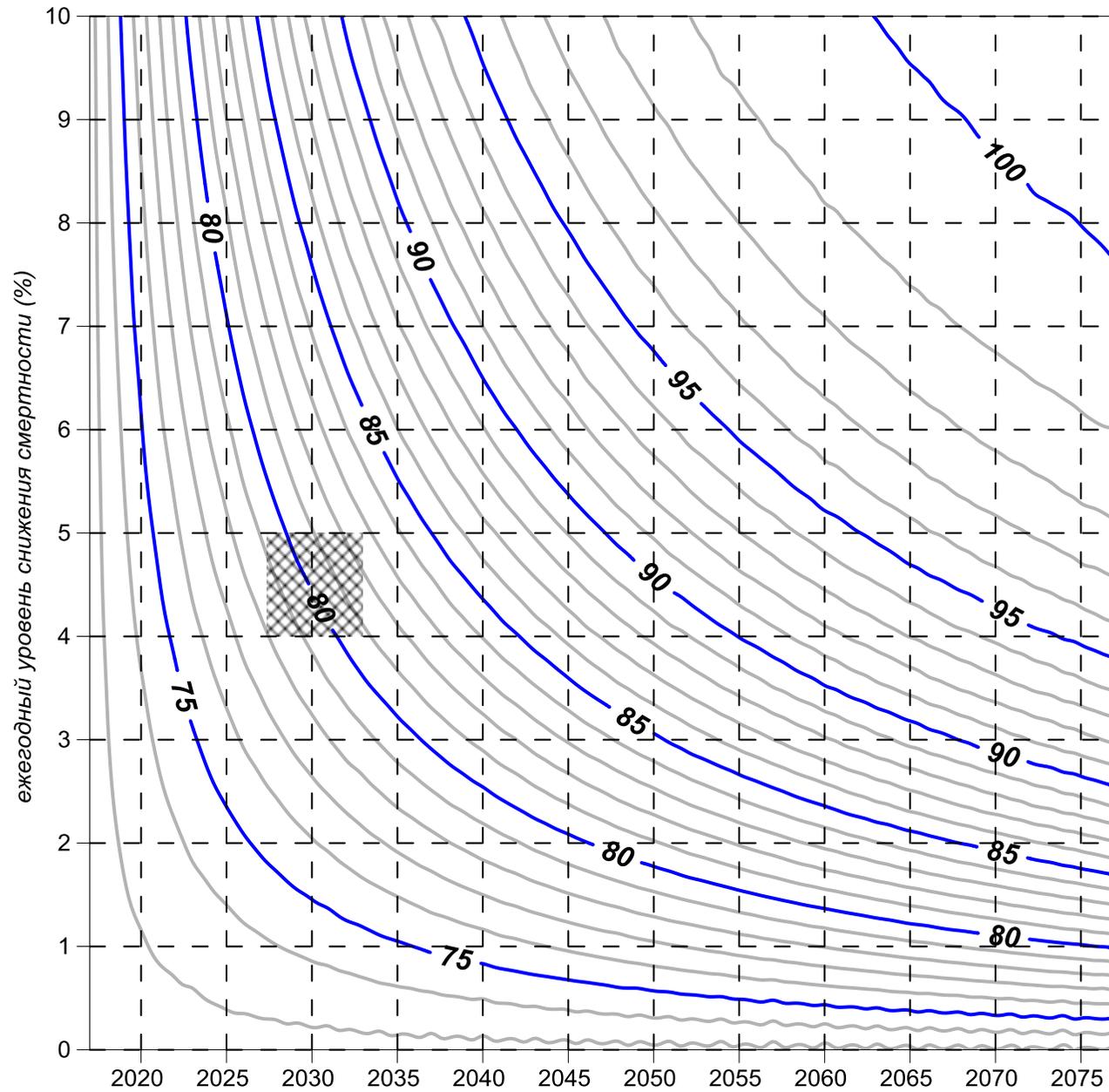


1.5 трлн. \$ тратится в США на паллиативную помощь, хотя такие больные составляют только 5% от общего числа. (Эксперт 46, 2018)

1.5 трлн. \$ объем студенческих кредитов в США

1.5 трлн. \$ - объем ВВП РФ

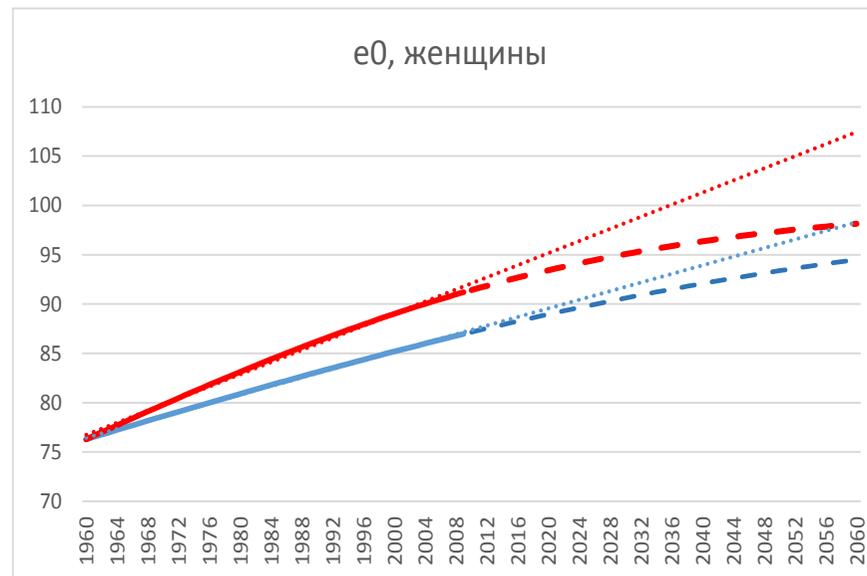
Ожидаемая продолжительность жизни с момента рождения, оба пола, в зависимости от темпа снижения смертности указана на изолиниях. Видно, что достижение  $e_0$  значения 80 лет в 2030 году возможно при темпе снижения смертности 4.5%, что превышает наблюдаемый сегодня темп.



## Но это не закон Гука!

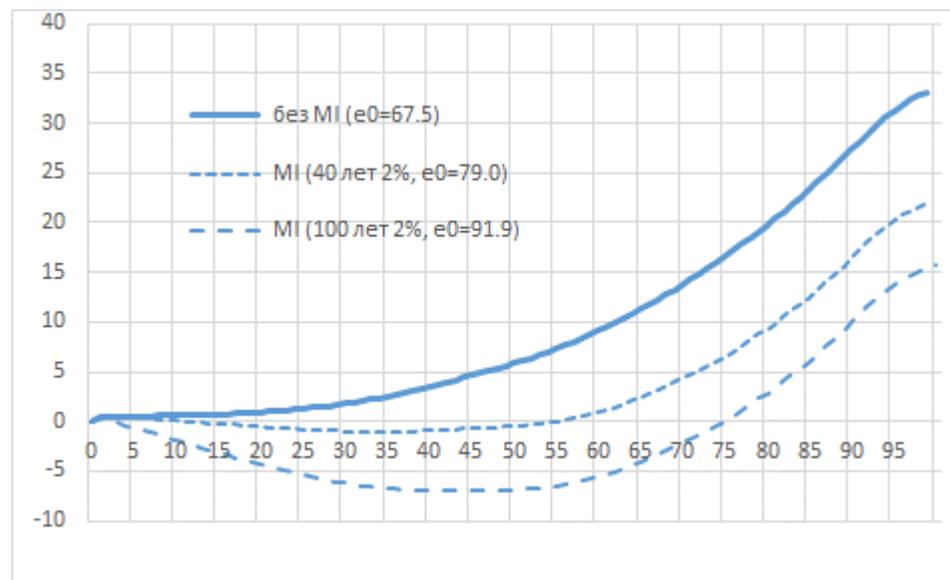
Возникает естественный вопрос, чем ограничен максимальный возраст дожития и как долго может продолжаться переходный период? Для ряда стран наблюдается почти линейный тренд увеличения ожидаемой продолжительности жизни с момента рождения с темпом около 2 лет за каждое десятилетие в течение последних 60 лет. За это время продолжительность жизни  $e_0$  в ряде стран увеличилась на 12-14 лет. Учитывая, что дисперсия ожидаемой продолжительности жизни равна квадрату корню из удвоенного значения, примерно 15% из родившихся сегодня мужчин (без учета дальнейшего снижения смертности) доживут до 93 лет. Принимая во внимание существенное различие между когортой и популяционной смертностью, доля доживающих до указанного возраста может быть значительно выше. Следовательно, можно допустить, что с течением времени в среднем ожидаемая продолжительность жизни для мужчин может приблизиться к возрасту 90 лет (в Японии для женщин ожидаемая продолжительность жизни уже составляет 86 лет), на что понадобится приблизительно еще 50 лет при наблюдаемом сегодня темпе снижения смертности.

Однако, для сохранения линейного темпа роста продолжительности жизни темп снижения смертности должен увеличиваться. Т.е. с течением времени исчезает пропорциональная зависимость. На рис. показана экстраполяция для  $e_0$  для женщин в случае длительного периода снижения смертности на 2-3% в год и расчетные значения для  $e_0$  в случае сохранения темпов снижения смертности. Т.е. существует еще одно ограничение, связанное с требованием роста темпа снижения смертности. (данный эффект проявляется при высоких значениях  $e_0$  и может быть связан с приближением к предельному возрасту дожития)



Согласно данным таблицы смертности РФ за 2017, мужчины, достигшие возраста 60 лет, живут на 9 лет больше, чем новорожденные. Женщины, в возрасте 55 лет больше на 3,5 года. Кто дожил до старших возрастов, преодолел риски смерти до своего возраста, а молодым эти риски предстоит еще преодолеть и часть из них не доживет до старших возрастов. Поэтому если сравнить продолжительность жизни мужчины, достигшего, например, 60 лет, то она составит 16.3 года. Т.е. продолжительность жизни составит  $60+16.3=76.3$ . С момента рождения продолжительность жизни у мужчин - 67.2. Поэтому получается  $76.3-67.2=9.1$  года.

На рис, приведена разница в продолжительности жизни в отдельном возрасте и при рождении.



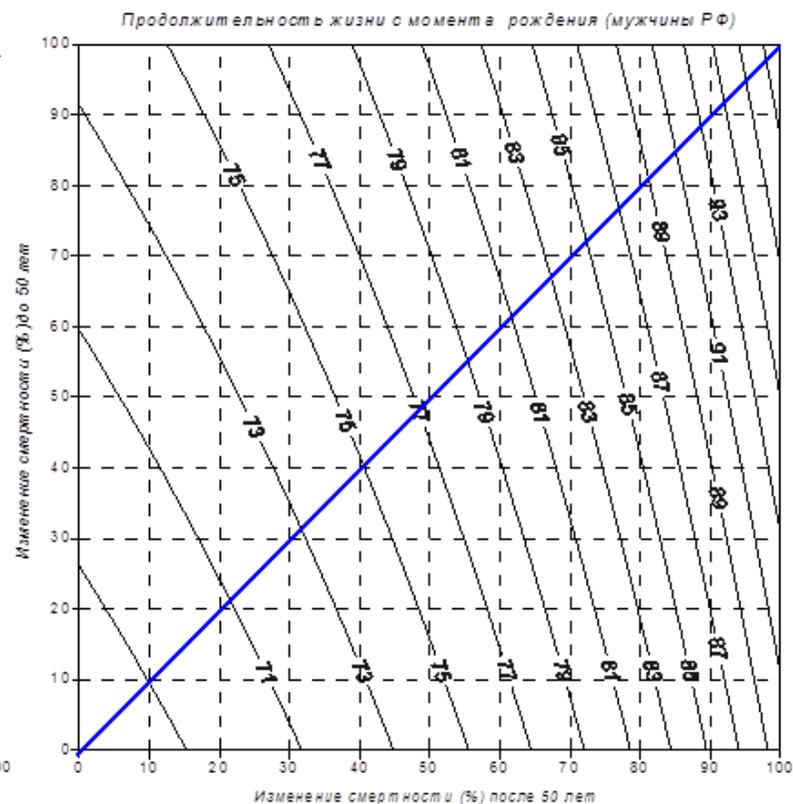
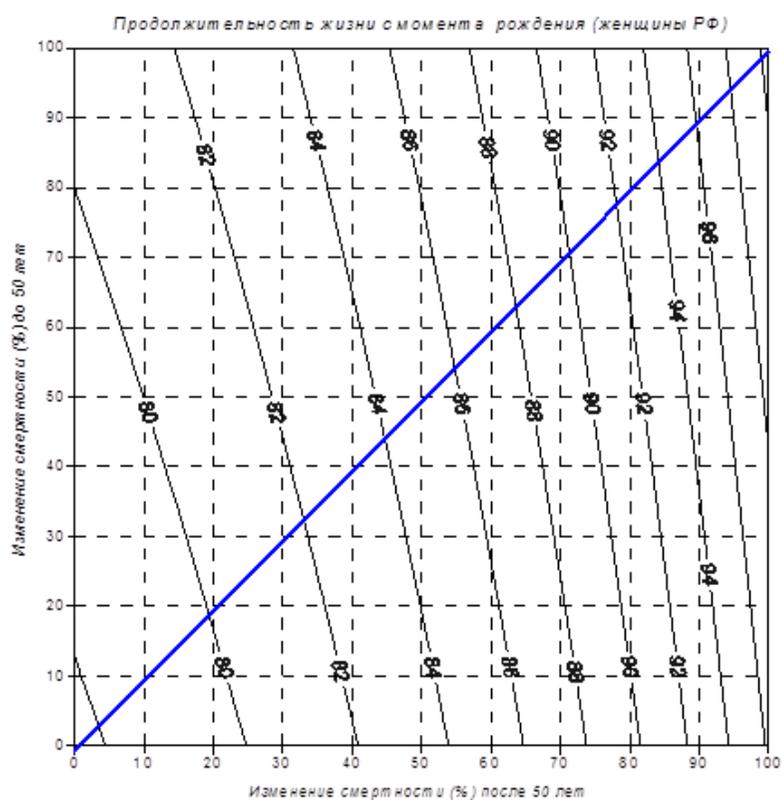
Но, если учитывать снижение смертности на 2% в год в течение 40 лет, то 60 –летние живут как новорожденные (верхняя пунктирная линия). При этом по популяции прод. жизни у мужчин с рождения будет 79 лет, вместо 67.5 как сейчас.

Если не останавливать процесс снижения смертности, то в течение 100 лет прод. жизни с рождения по популяции у мужчин будет 92года. При этом только 75 летние будут жить столько же как новорожденные (верхняя пунктирная линия).

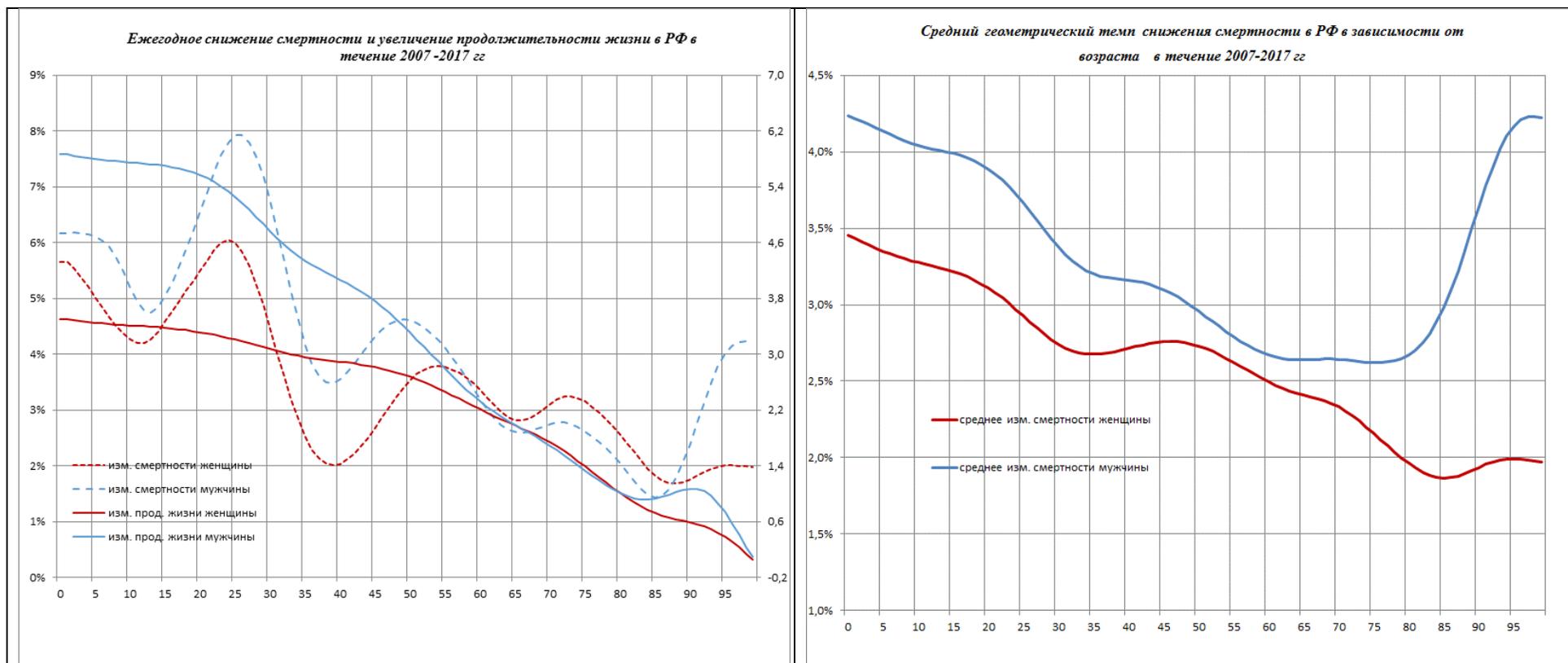
Если разделить возраст на две части - до 50 лет и старше, и посмотреть влияние (вклад) в продолжительность жизни с момента рождения изменения смертности в этих группах возрастов, то получается, что у женщин при снижении смертности на 80% (ежегодный темп снижения 15% в год в течение 10 лет) в возрастах до 50 лет и при отсутствии снижения смертности в возрастах старше 50 лет прод. жизни увеличивается на 2.4 года, у мужчин на 5.3 года. (Продолжительность жизни с момента рождения у женщин в РФ по таблице 2017 года составляет 77.6 года, у мужчин – 67.5 года.) По диагонали – продолжительность жизни при одинаковом темпе снижения смертности во всех возрастах.

На рис. приведены значения ожидаемой продолжительности жизни в зависимости от уровня снижения смертности. По оси X отложено снижение смертности в возрастах старше 50 лет, по оси Y в возрастах до 50 лет.

ежегодный темп снижения в течение 10 лет	1,0%	2,2%	3,5%	5,0%	6,7%	8,8%	11,3%	14,9%	20,6%	49,9%
ежегодный темп снижения в течение 13 лет	0,8%	1,7%	2,7%	3,9%	5,2%	6,8%	8,8%	11,6%	16,2%	41,2%
величина снижения	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	99,9%



Если же предположить, что ежегодные темпы снижения смертности в течение последующих 10 лет не изменятся и составят для женщин до 50 лет – 4-5% в год, после 50 – 2-3% в год и для мужчин – 5-6% и 2-3% соответственно, то в течение последующих 10 лет смертность у женщин в возрасте до 50 лет снизится на 34-40%, после 50 на 20-25%, у мужчин в возрасте до 50 лет на 40-45%, после 50 лет на 20-25%. Таким образом, максимальная ожидаемая продолжительность жизни у женщин через 10 лет может быть 81 год, у мужчин – 73 года. Среднее арифметическое – 77 лет.



Если же говорить про 2030 год, то у женщин максимальный возраст может быть 82 года, у мужчин -75, среднее арифметическое – 78.5 года. Это конечно же очень грубо, но дает некоторую оценку.

Эффект тренда снижения смертности состоит в том, что при выборе в качестве долгосрочного темпа среднего значения, возникает ошибка, связанная с направлением и величиной тренда. На рис. приведены изменения смертности в течение 2017 года и для примера изменение вероятности смерти для мужчин в возрасте 60 лет в течение последних 10 лет. Изменение смертности за 2017 год превышает среднее значения снижения смертности практически во всех возрастах, но это не дает право на их пересмотр, поскольку ожидаемый рост их в 2018 году намного меньше чем в рекордном 2017 году.



Можно построить несколько оценок для продолжительности жизни если предположить, что уровень снижения смертности не зависит от возраста. Для этого линеаризуем сумму следующего вида:

$$e_x = \sum_{a=x}^{\omega} \prod_{i=x}^a (1 - q_i) \quad (1)$$

w							Pr(i)
5							$p_1 * p_2 * p_3 * p_4 * p_5$
4							$p_1 * p_2 * p_3 * p_4$
3							$p_1 * p_2 * p_3$
2							$p_1 * p_2$
1							$p_1$
	1	2	3	4	5		$e_x = \sum Pr(i)$

В результате при снижении смертности во всех возрастах на величину  $1-\alpha$  для оценки значения продолжительности жизни  $e'_x$  справедливо выражение:

$$e'_x = (\omega - x) * (1 - \alpha) + \alpha * e_x \quad (2)$$

где

$\omega$  – предельный возраст таблицы смертности

$1-\alpha$  – величина снижения смертности

$q$  – вероятность смерти

Однако, расплатой за простоту является слишком высокая погрешность. Например, для женского населения РФ продолжительность жизни в возрасте 55 лет равна 25.4 года. Если предположить, что смертность в каждом возрасте мгновенно снизится на 20%, то продолжительность жизни увеличится до 27.4 года. Тогда как, оценка показывает 29.3 года. Если оставить в сумме слагаемые второго порядка, то выражение (2) сводится к виду:

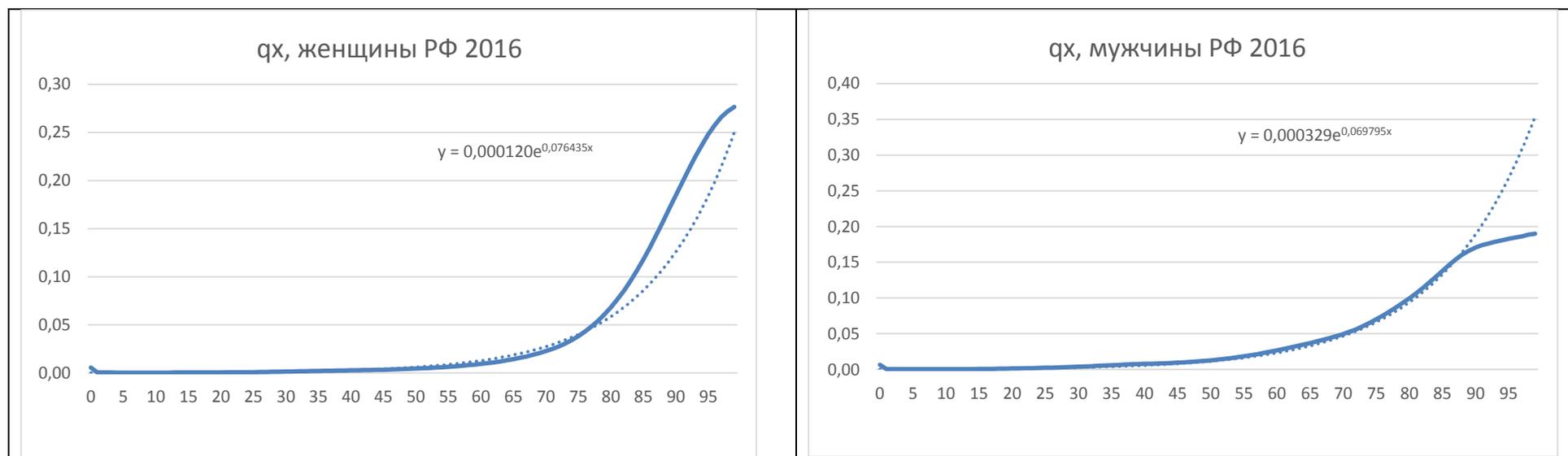
$$e'_x = (\omega - x) * (1 - \alpha) + \alpha * e_x + (\alpha^2 - \alpha) * \sum_{i=x}^{\omega} \sum_{j=i+1}^{\omega} q_i * q_j \quad (3)$$

Продолжительность жизни по формуле (3) при принятом предположении о снижении смертности составит 28.4 года, что так же является достаточно грубым приближением, несмотря на значительное усложнение расчетов. При расчете продолжительности жизни для мужчин погрешность оказывается еще больше.

Рассмотрим приближение суммы в выражении 3, используя аппроксимацию Гомперца

$$qx = A * \exp(k * x)$$

В качестве коэффициентов A и k используем значения, полученные при аппроксимации экспоненциальной функцией методом наименьших квадратов для табличных значений вероятности смерти для женщин и мужчин в РФ, рассчитанных по сглаженной таблице смертности за 2016 год.



Значения коэффициентов (A) и (k) приведены в таблице

	A	k
Женщины	0,00012	0,0764
Мужчины	0,00033	0,069

Приведем значения qx в начальных возрастах для мужчин и женщин (таблица)

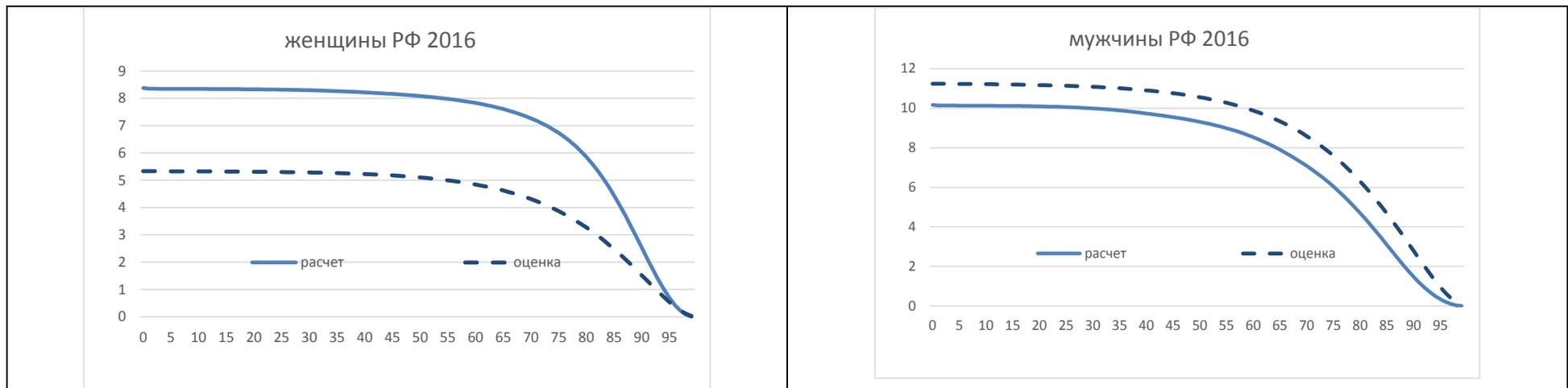
Таблица. Вероятности смерти в младших возрастах

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
женщины	0,00499	0,00043	0,00028	0,00023	0,00022	0,00018	0,00018	0,00018	0,00017	0,00015	0,00016
мужчины	0,00610	0,00056	0,00040	0,00029	0,00022	0,00023	0,00024	0,00024	0,00021	0,00020	0,00021

Можно отметить, что в младших возрастах наблюдается снижение смертности с увеличением возраста и приближение Гомперца оказывается близким, учитывая большой диапазон аппроксимации от 0 до 100 лет.

$$\sum_{i=x}^{\omega} \sum_{j=i+1}^{\omega} q_i * q_j \rightarrow \frac{1}{2} A^2 * \int_x^w \int_y^w \exp(kx) * \exp(k * y) = \frac{1}{2} \frac{A^2}{k^2} (\exp(wk) - \exp(xk))^2 \quad (4)$$

Приведем сравнение значений, полученных с использованием оценки (4) с расчетной величиной суммы в формуле (3)



Однако, учитывая громоздкость вычислений и высокую погрешность на практике для оценки эффекта роста продолжительности жизни целесообразно численное вычисление, в предположении о независимости величины снижения смертности от возраста, при котором требуются только исходные значения таблицы смертности. Тем не менее, рассмотренные примеры позволяют понять природу явления снижения смертности (mortality improvement) и в ряде случаев быстро провести оценку этого эффекта. Ниже в таблице и на графиках приведено сравнение численных результатов с оценкой по формуле 2 для ТС РФ 2017 (crude rates). Зависимость продолжительности жизни от возраста и сравнение с оценкой для снижения смертности приведена для случая снижения  $qx$  на 50% всех возрастах.

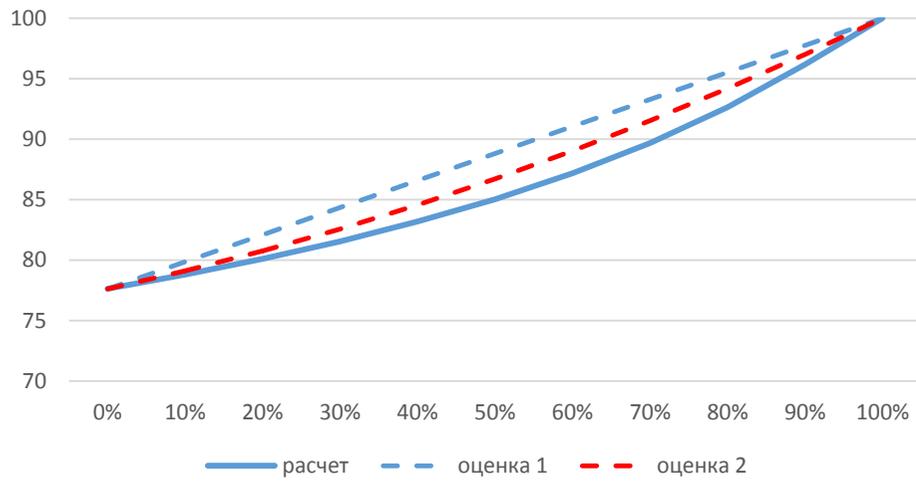
		снижение смертности в каждом возрасте										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
женщины	расчет	77,6	78,8	80,1	81,6	83,2	85,0	87,2	89,7	92,6	96,2	100
	оценка 1	77,6	79,9	82,1	84,3	86,6	88,8	91,0	93,3	95,5	97,8	100
	отклонение 1 (%)	0,0%	1,3%	2,5%	3,4%	4,1%	4,4%	4,4%	4,0%	3,1%	1,6%	0,0%
	оценка 2	77,6	79,1	80,8	82,6	84,6	86,7	89,0	91,5	94,2	97,0	100,0
	отклонение 2 (%)	0,0%	0,4%	0,8%	1,3%	1,7%	2,0%	2,1%	2,1%	1,7%	0,9%	0,0%
мужчины	расчет	67,5	69,0	70,7	72,7	74,9	77,5	80,5	84,1	88,4	93,8	100
	оценка 1	67,5	70,8	74,0	77,3	80,5	83,8	87,0	90,3	93,5	96,8	100
	отклонение (%)	0,0%	2,5%	4,6%	6,3%	7,5%	8,1%	8,1%	7,4%	5,7%	3,1%	0,0%
	оценка 2	67,5	69,8	72,4	75,1	78,1	81,2	84,6	88,1	91,9	95,8	100
	отклонение 2 (%)	0,0%	1,2%	2,3%	3,4%	4,2%	4,9%	5,1%	4,8%	3,9%	2,2%	0,0%

Продолжительность жизни с момента рождения в зависимости от снижения уровня смертности во всех возрастах

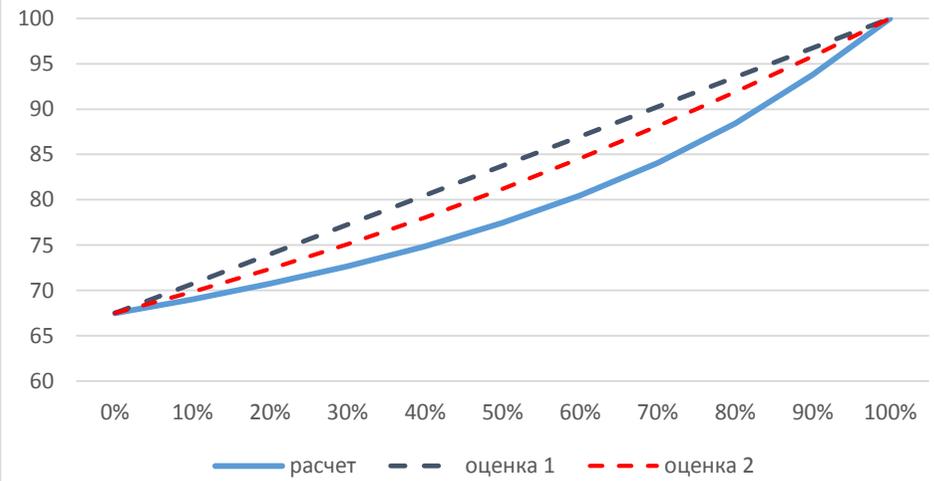
женщины

мужчины

Е0, женщины в зависимости от снижения смертности



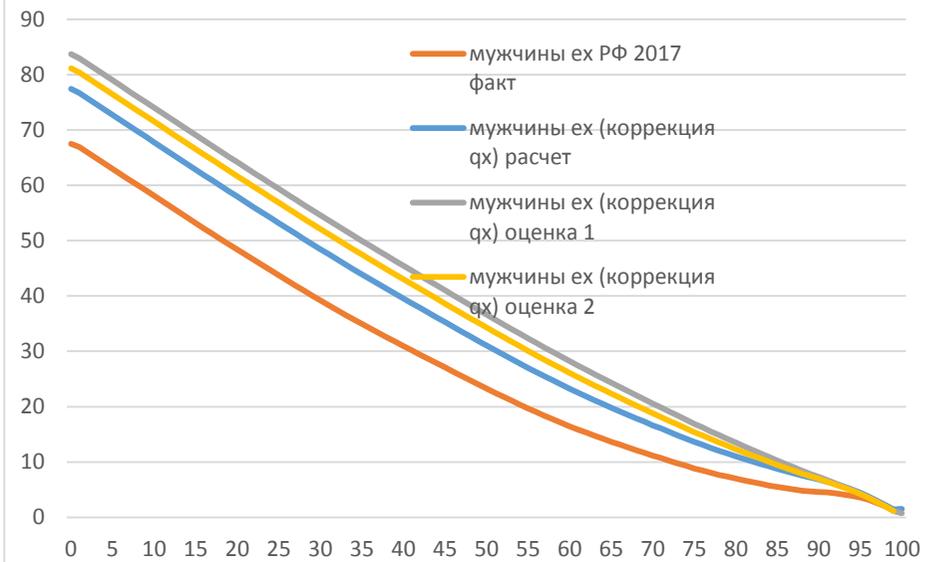
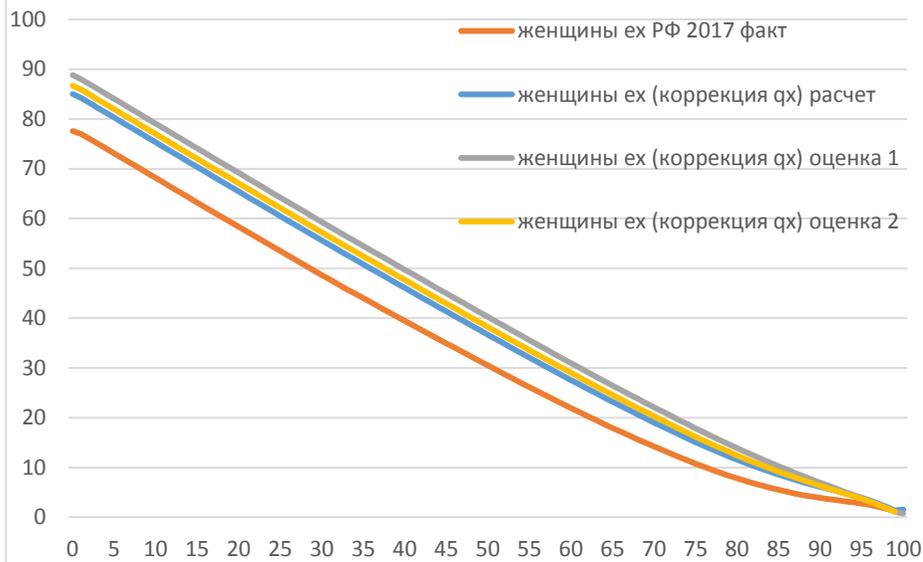
Е0, мужчины в зависимости от снижения смертности



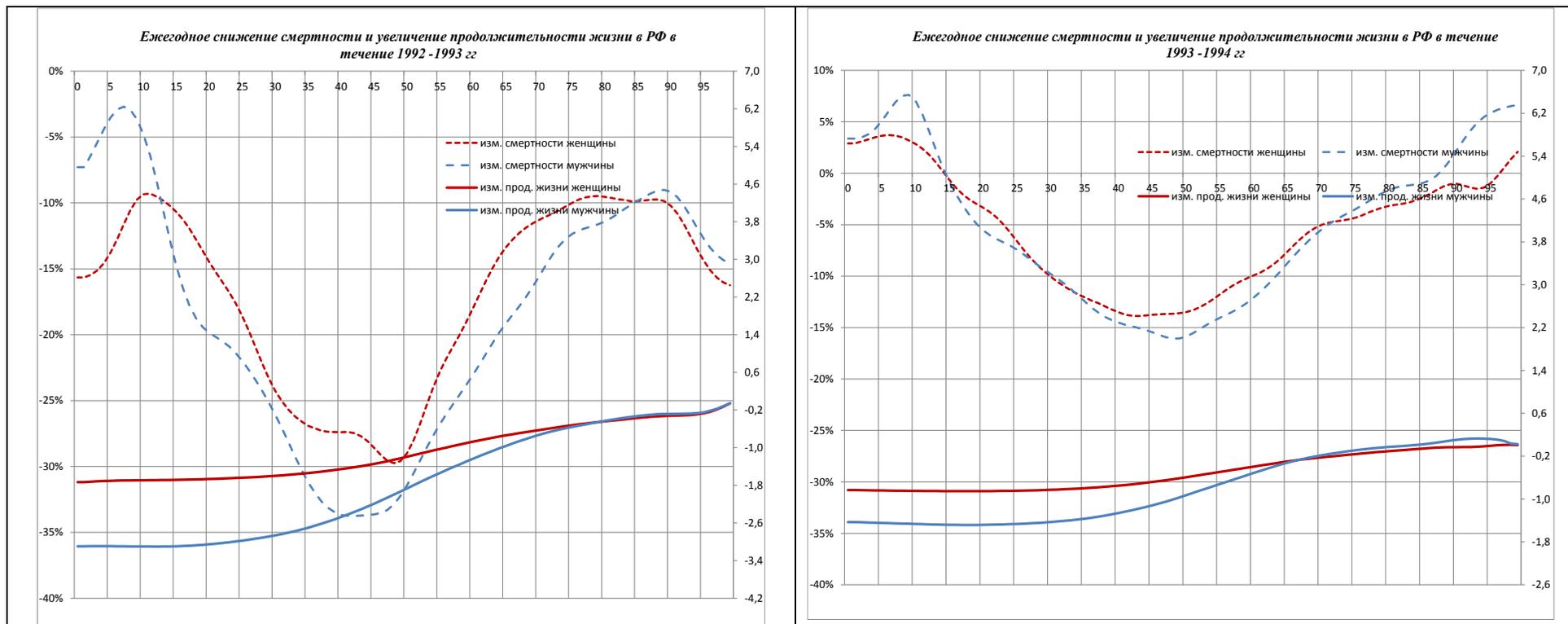
Продолжительность жизни в зависимости от возраста при снижении уровня смертности на 50% во всех возрастах

женщины

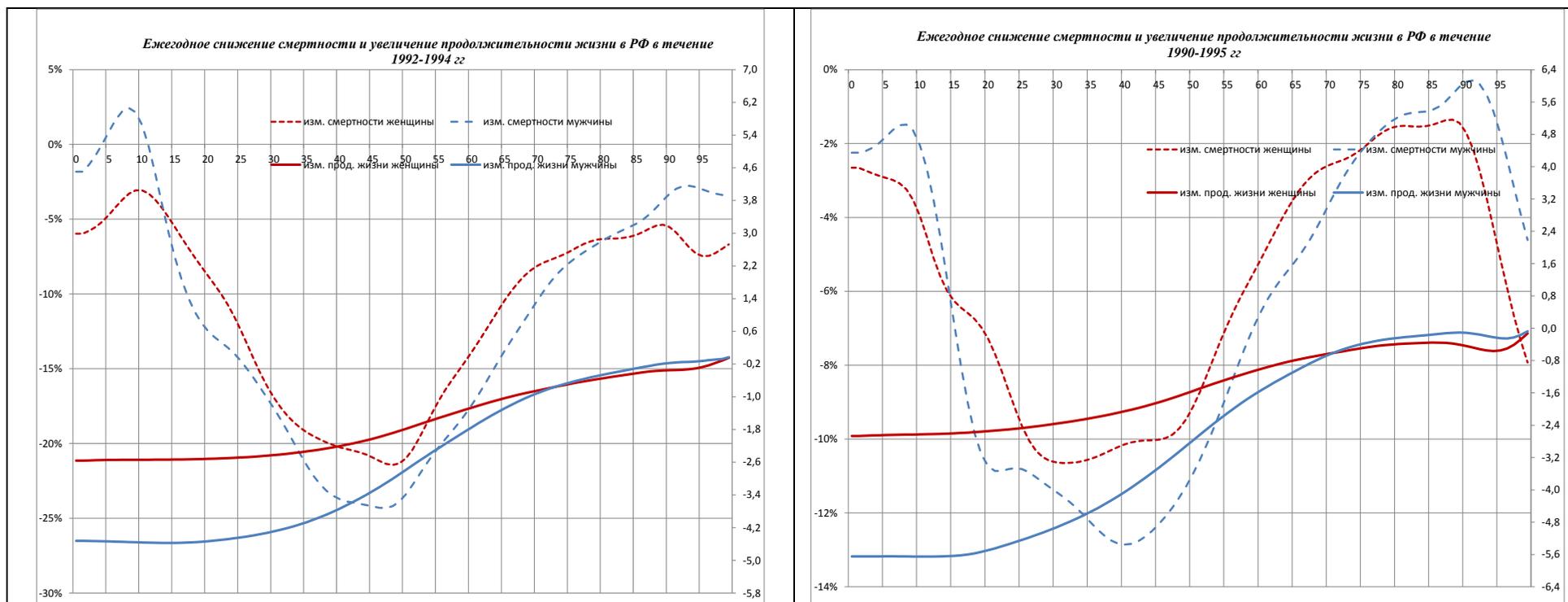
мужчины



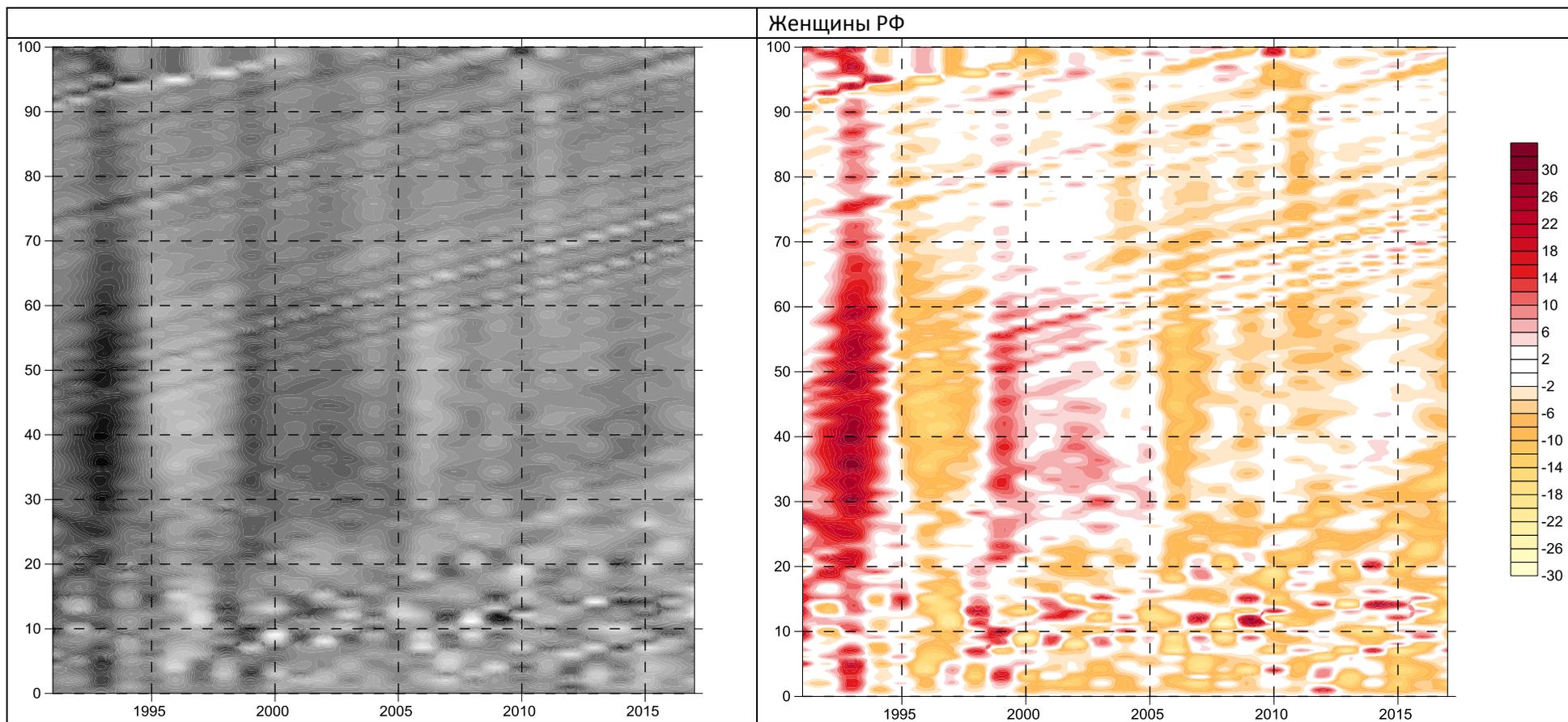
Снижение смертности наблюдается не так давно. В течение 90-х годов в РФ наблюдались периоды сильного (экстремального) роста смертности. Минимальные значения продолжительности жизни были зафиксированы в 2004 году. Максимальный рост смертности был зафиксирован в 2003 году. В некоторых возрастах увеличение смертности превышало 30%.

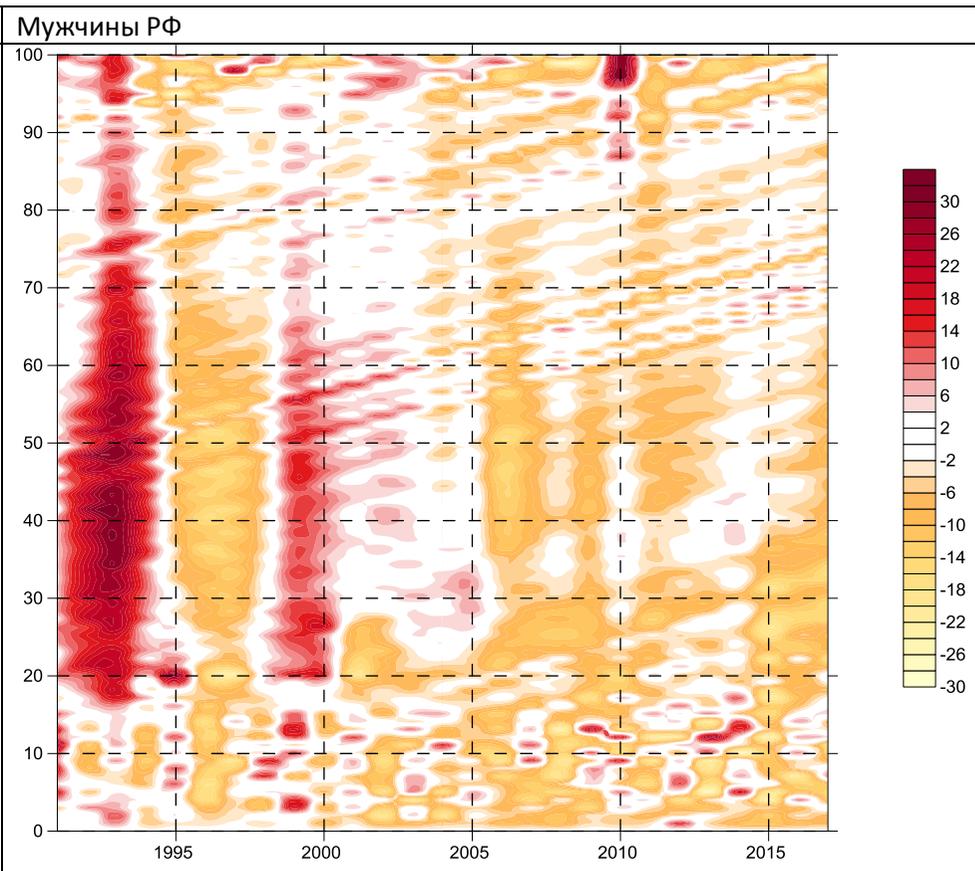
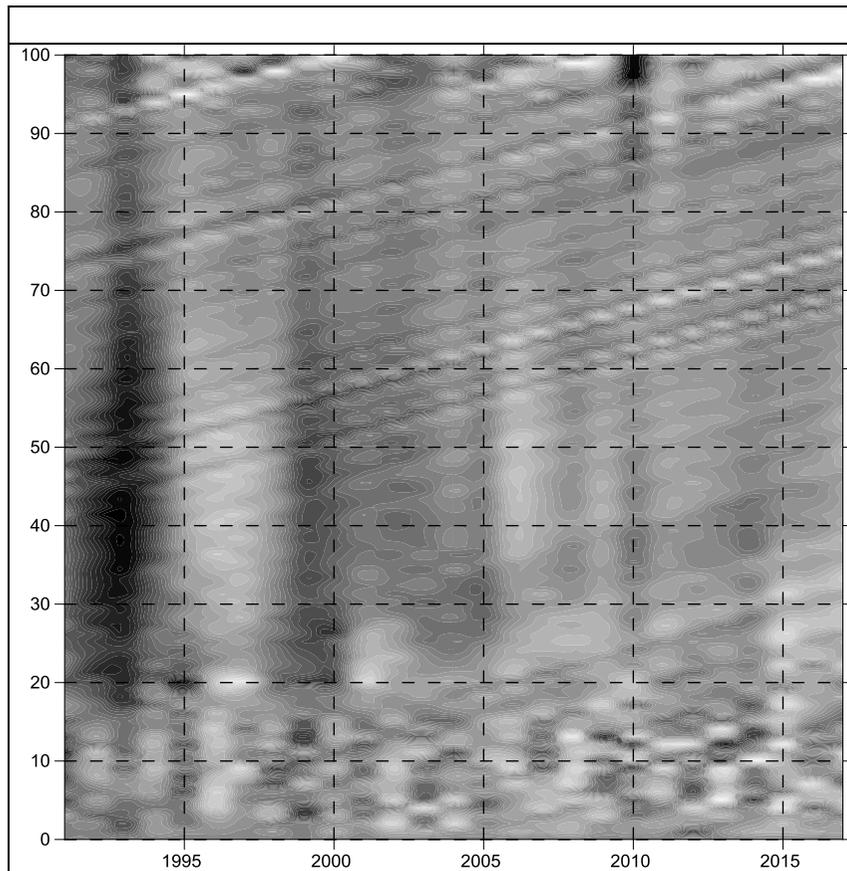


Если посмотреть на темп изменения смертности на интервале больше года, то максимальные значения на 2-х летнем интервале на превышают 25% на 5-ти летнем интервале 15%

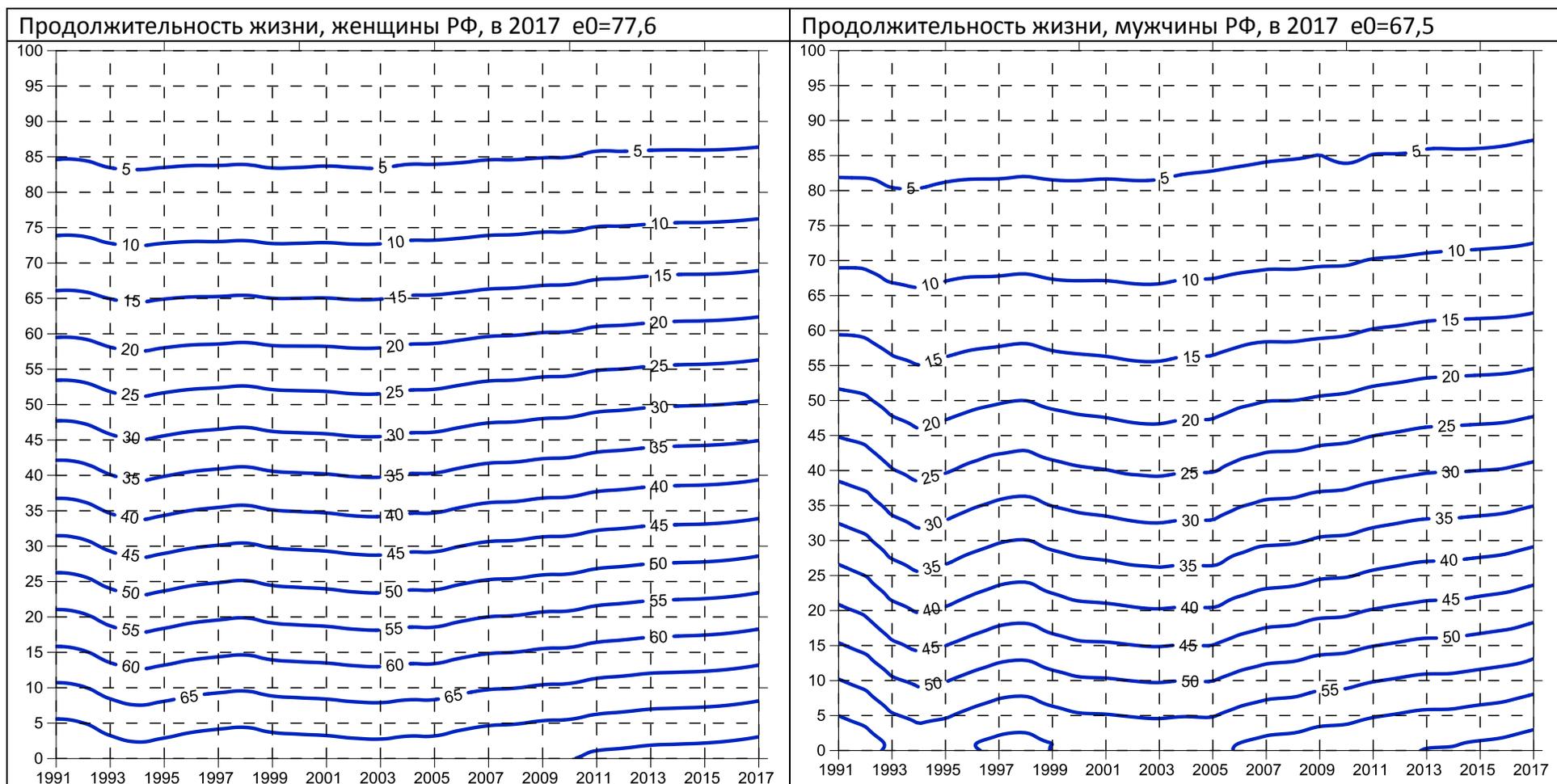


На теплокартах показаны ежегодные процентные изменения смертности в зависимости от возраста, в РФ начиная с 1990 года.

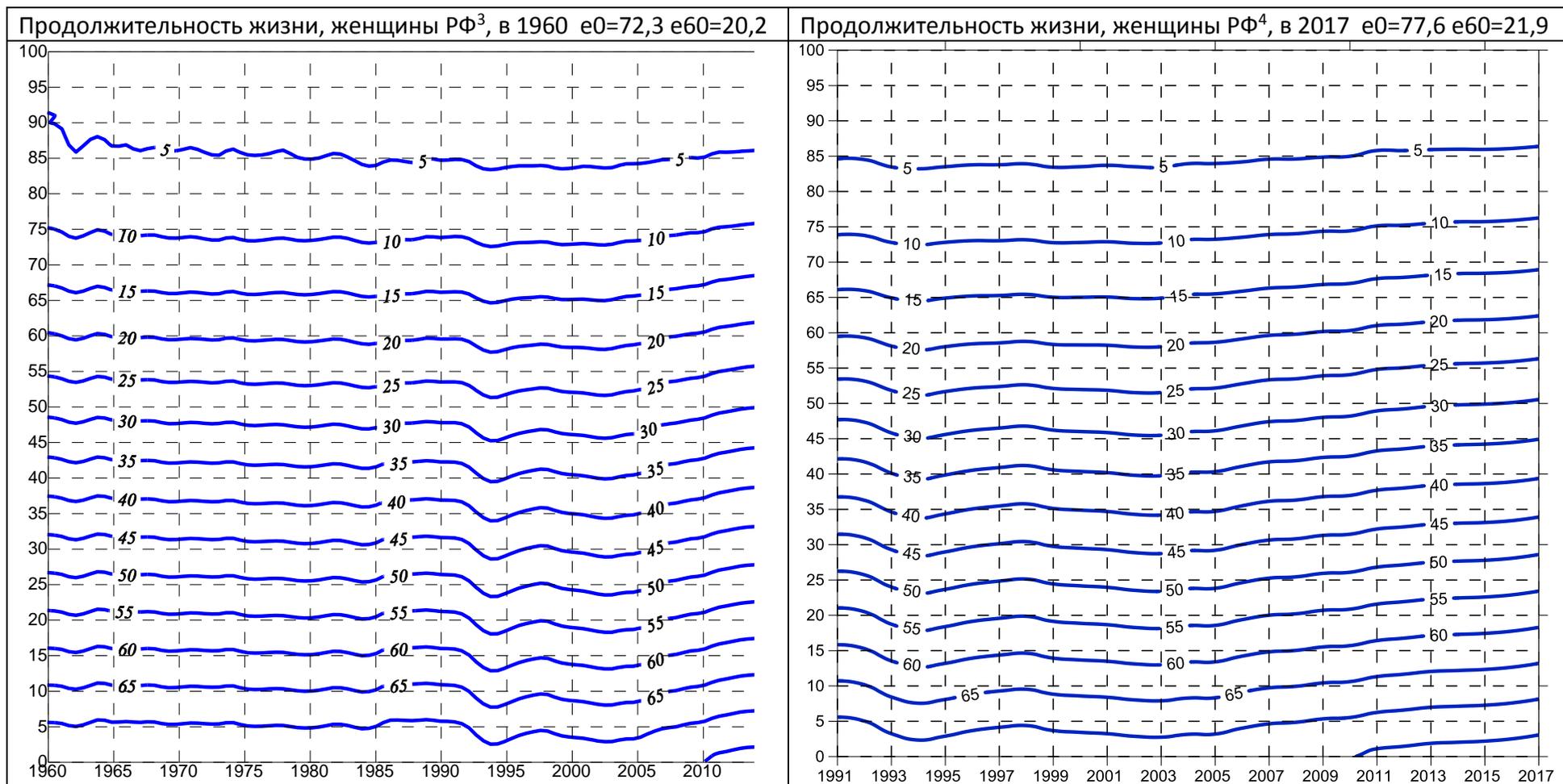




Значения ожидаемой продолжительности жизни (ex) для мужчин и женщин в зависимости от возраста и времени для населения РФ. Диаграммы подтверждают утверждение о росте ex во всех возрастах начиная с 2006 года. ex у мужчин подвержена более сильным колебаниям, чем у женщин.



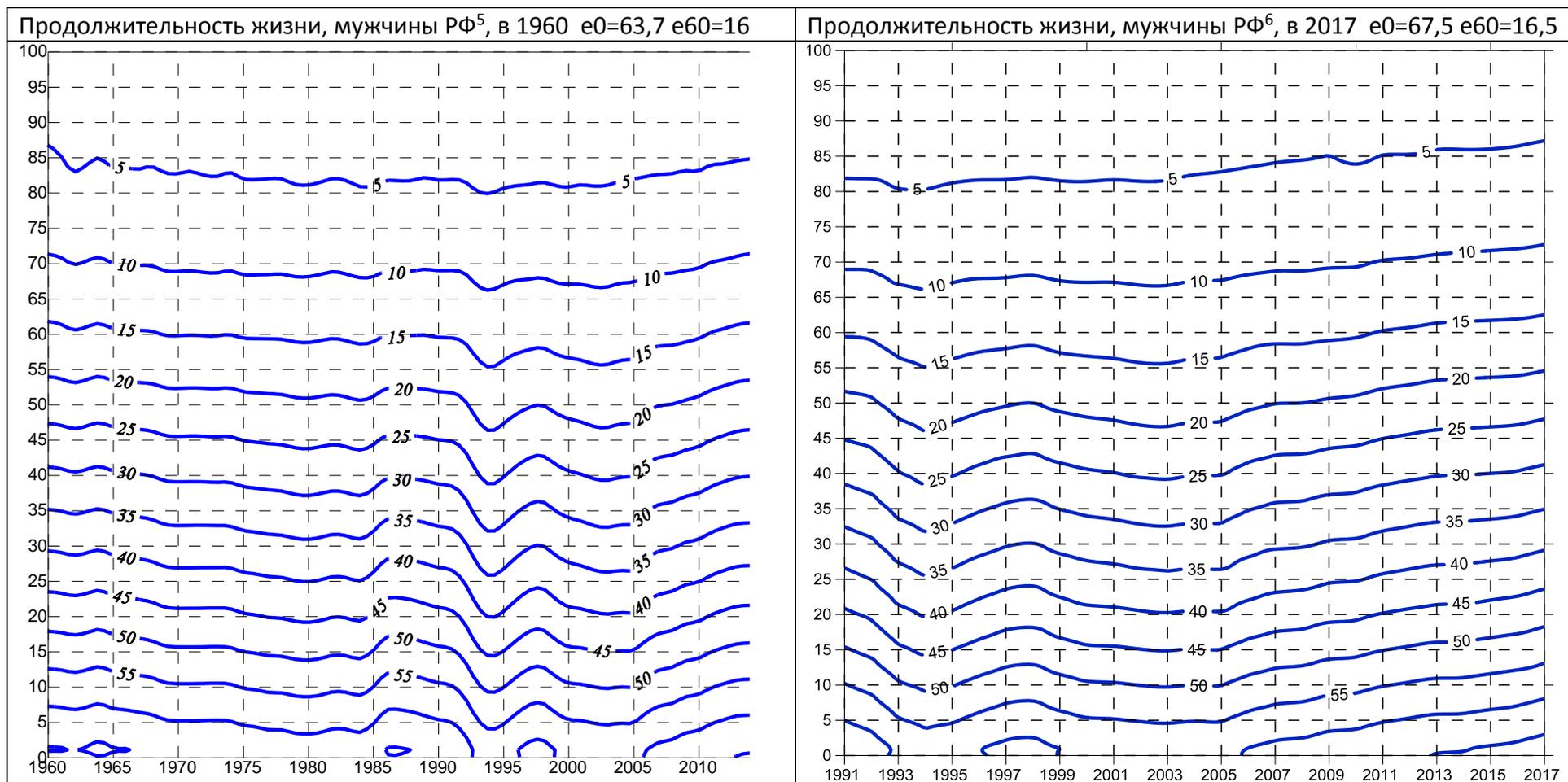
Значения ожидаемой продолжительности жизни (ex) для женщин в зависимости от возраста и времени для населения РФ, построенные по данным HMD в интервале 1960-2014 и Росстата в интервале 1991-2017.



<sup>3</sup> mortality.org

<sup>4</sup> Росстат

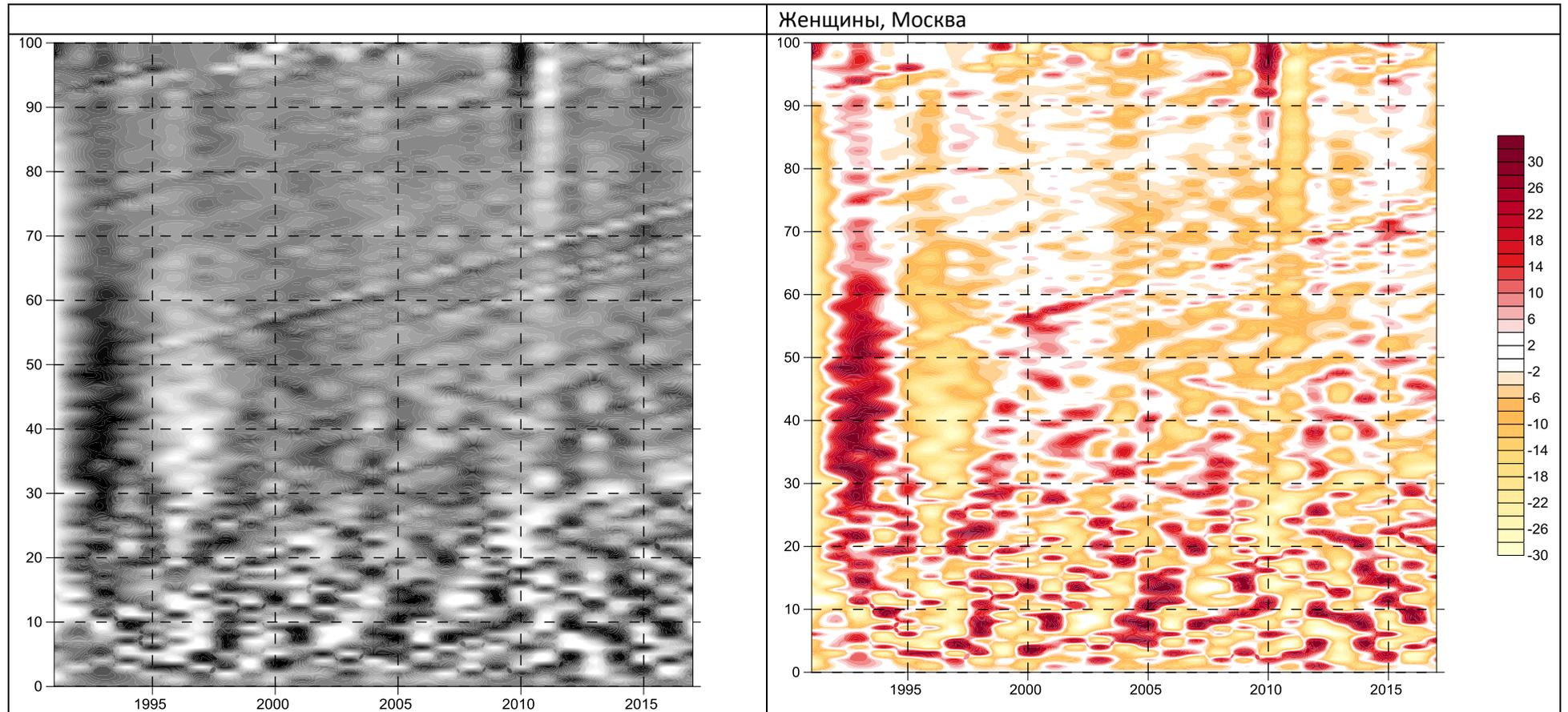
Значения ожидаемой продолжительности жизни (ex) для мужчин в зависимости от возраста и времени для населения РФ, построенные по данным HMDB в интервале 1960-2014 и Росстата в интервале 1991-2017.

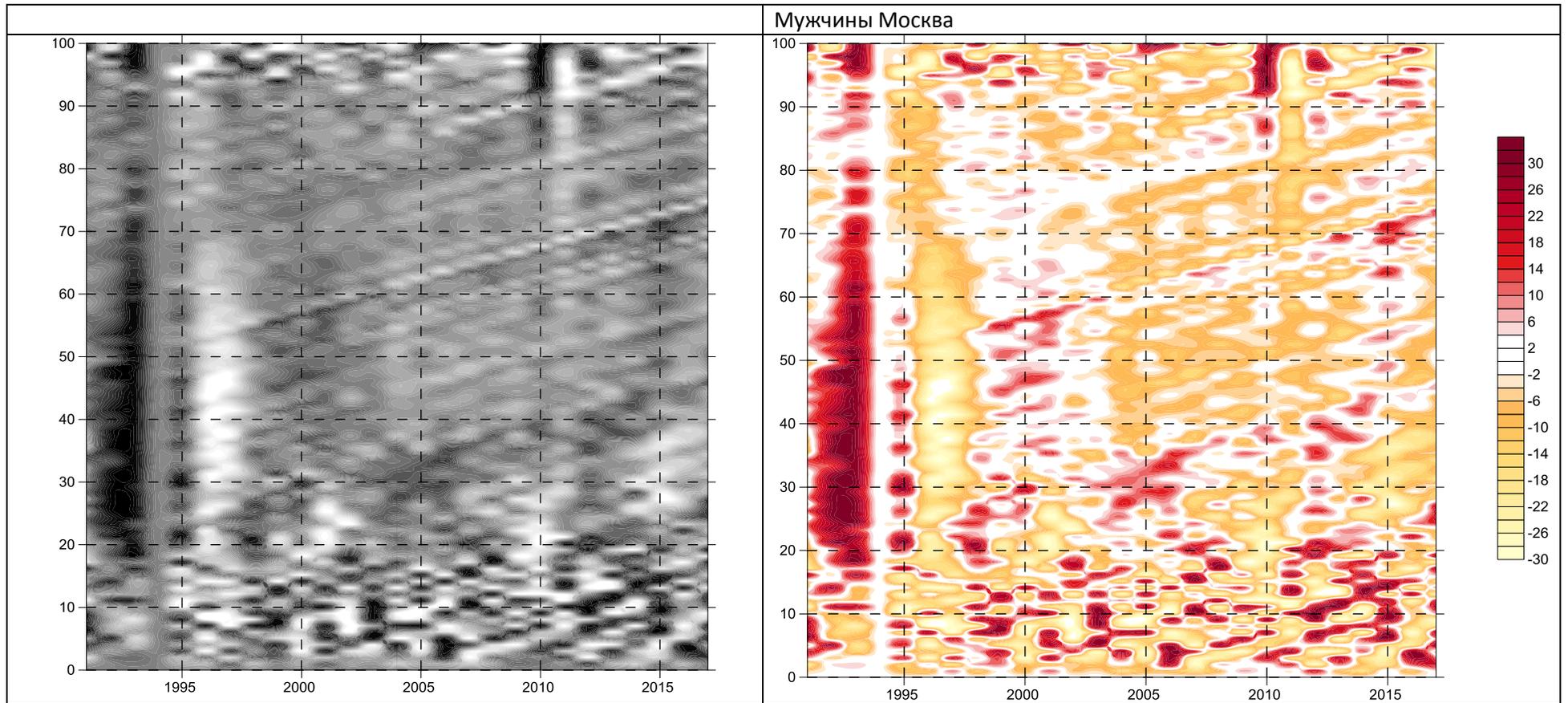


<sup>5</sup> mortality.org

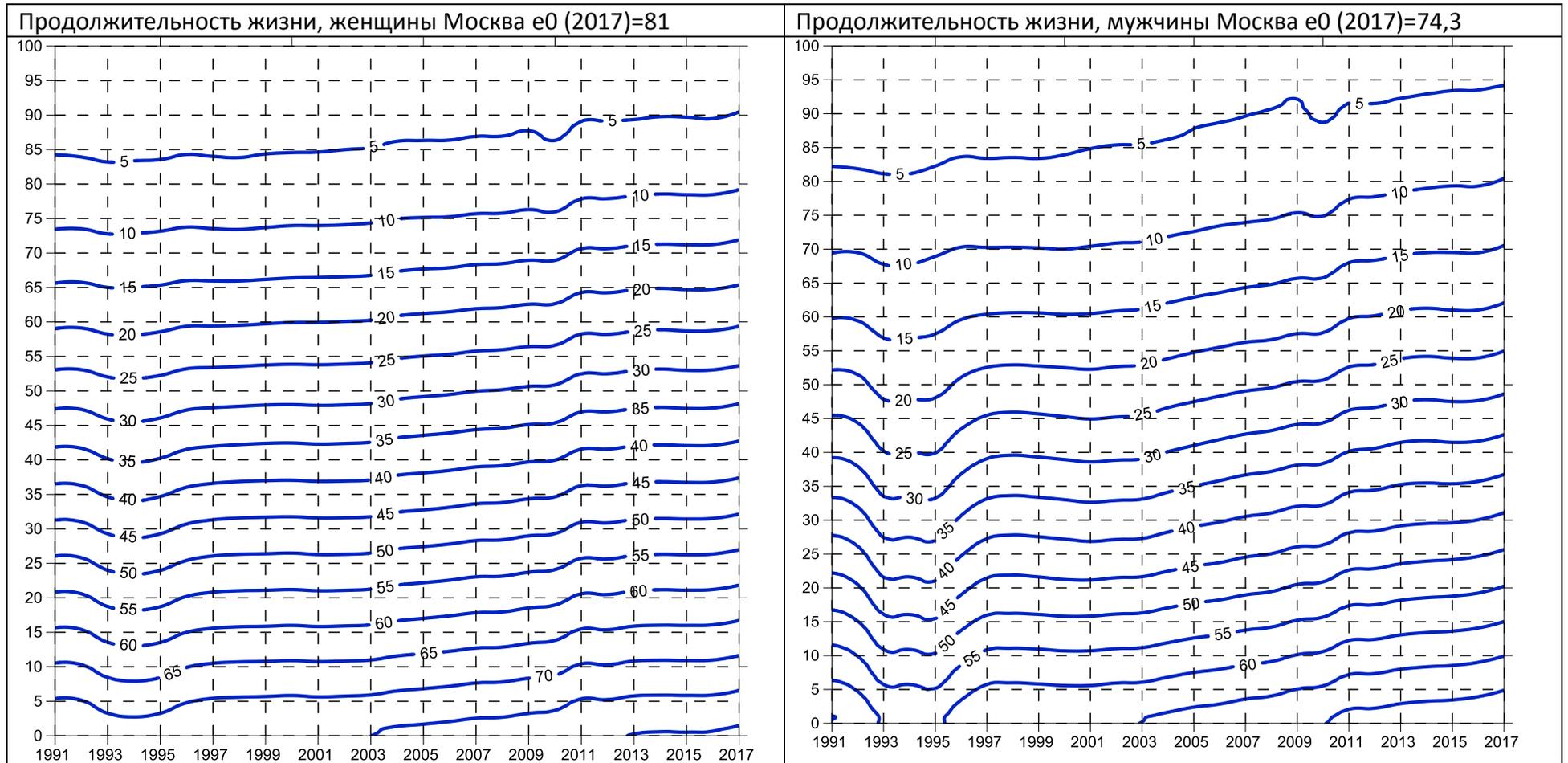
<sup>6</sup> Росстат

Для сравнения аналогичные проекции приведены для населения г. Москвы.

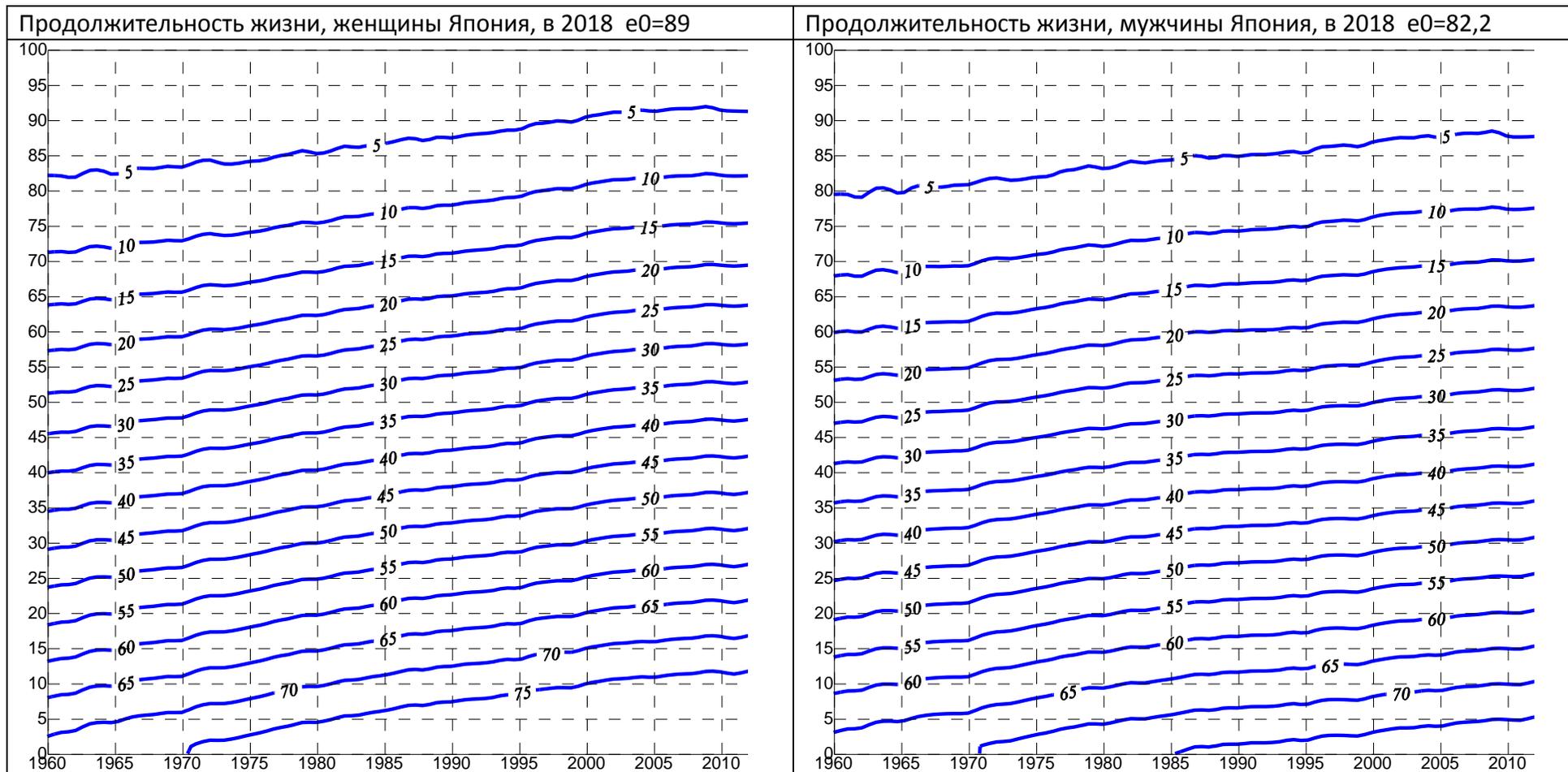




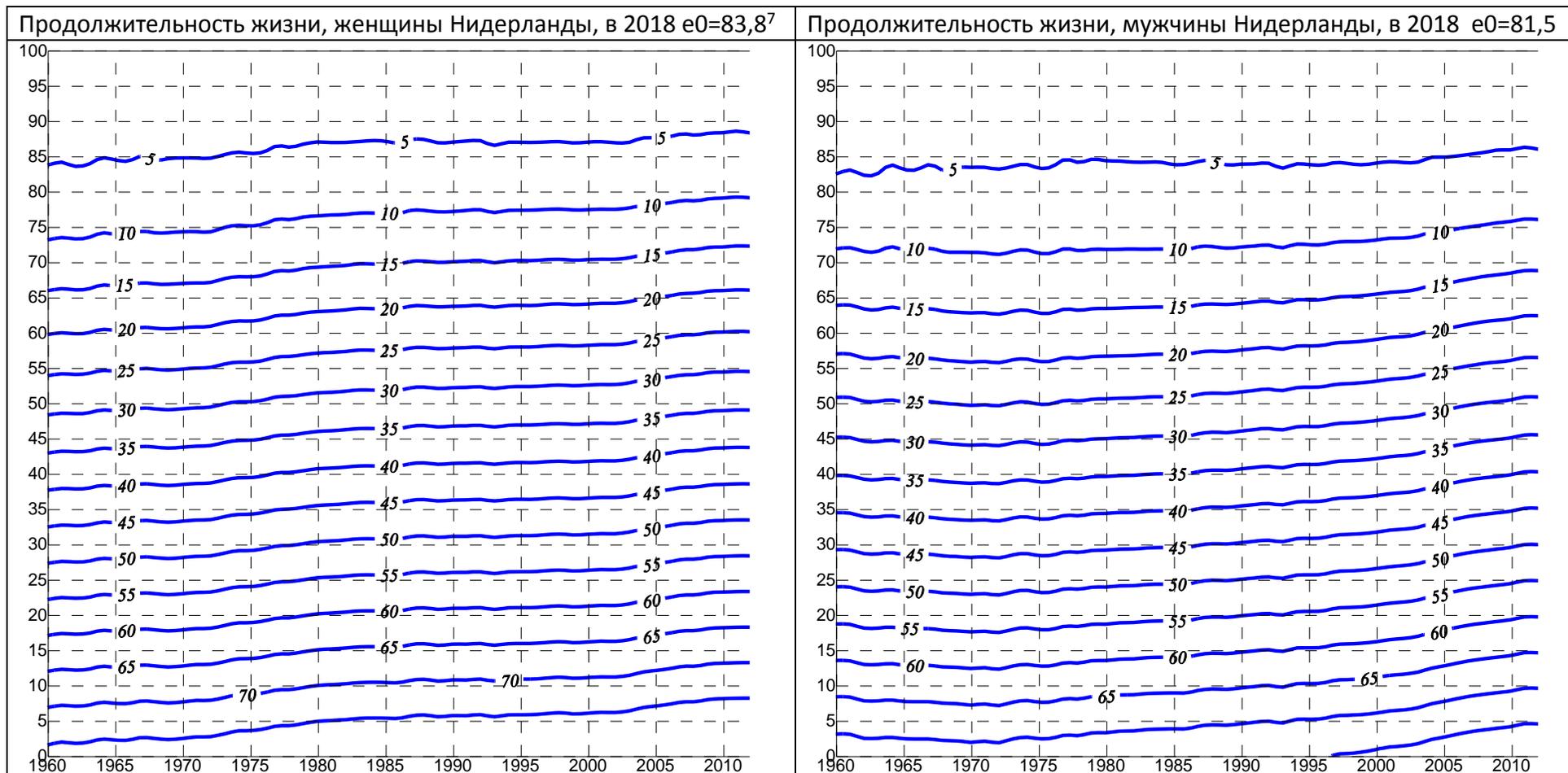
Интересно отметить, что для населения г. Москвы начало роста продолжительности жизни среди мужчин наблюдается на 2 года раньше, чем в РФ, а для женщин наблюдается практически монотонный рост их после провала, наблюдаемого в 90-х.



Значения ожидаемой продолжительности жизни (ex) для мужчин и женщин в зависимости от возраста и времени для Японии.

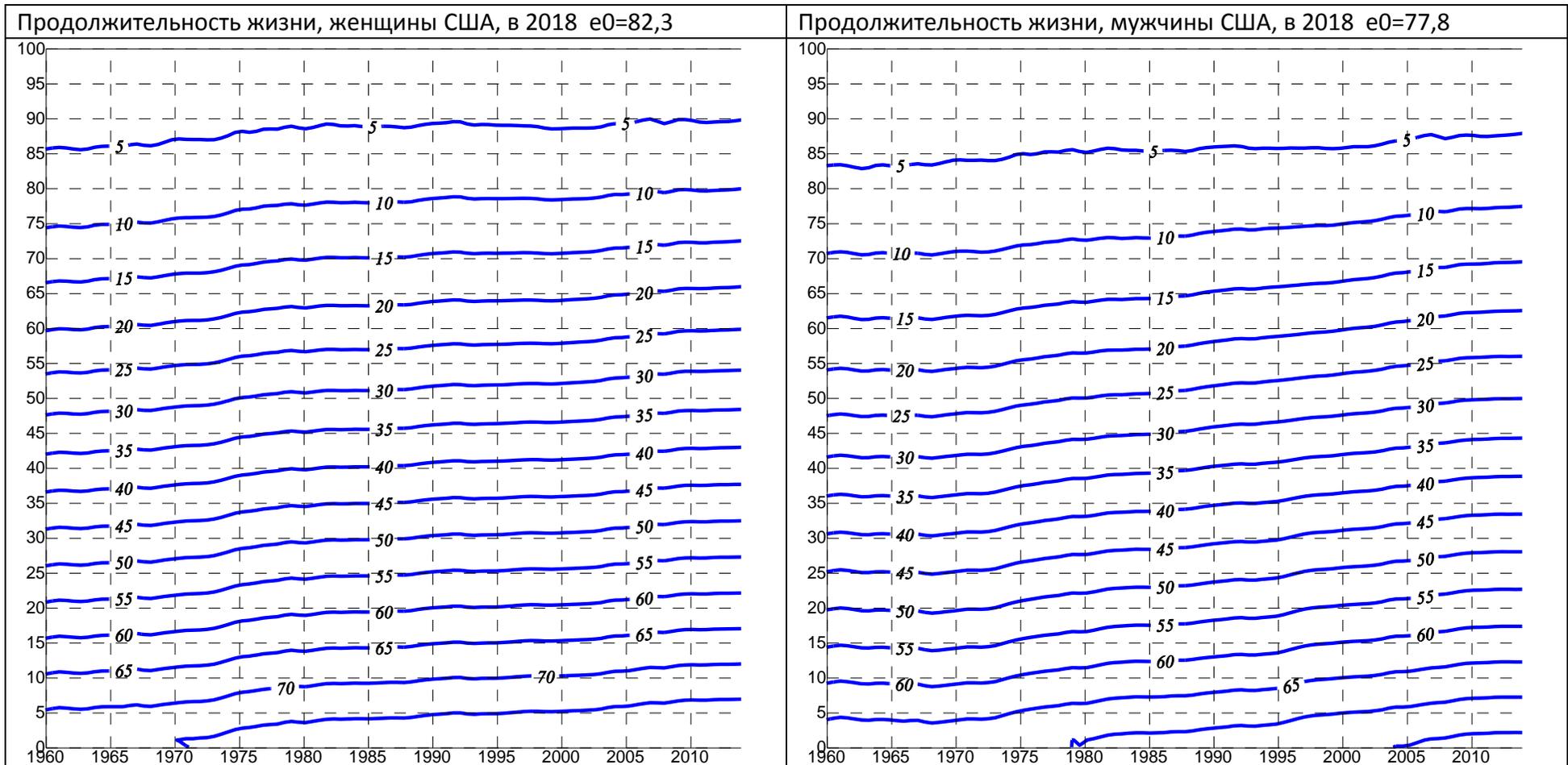


Значения ожидаемой продолжительности жизни (ex) для мужчин и женщин в зависимости от возраста и времени для Нидерландов

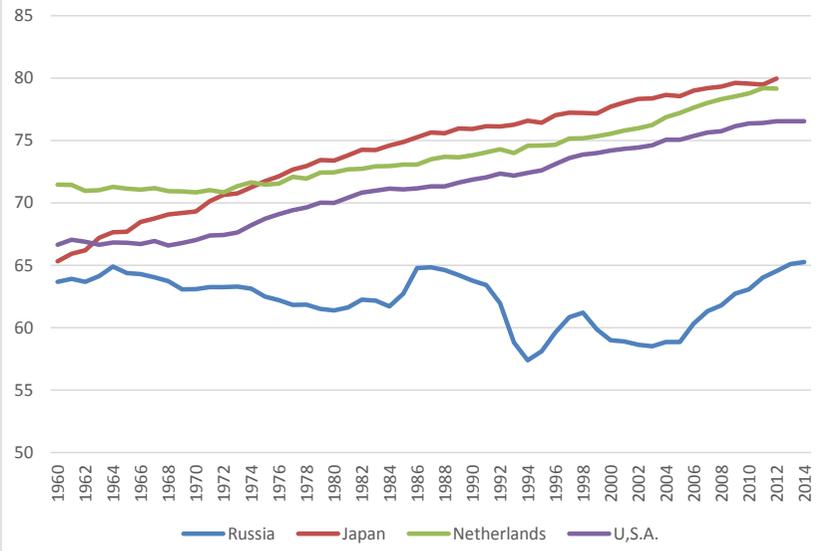


<sup>7</sup> Оценка, <https://www.cia.gov/library/publications/resources/the-world-factbook/geos/nl.html>

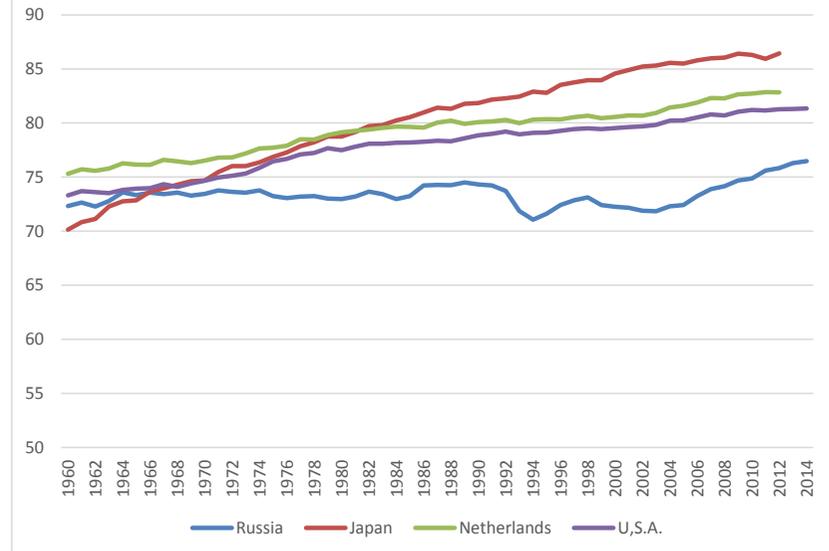
Значения ожидаемой продолжительности жизни (ex) для мужчин и женщин в зависимости от возраста и времени для США



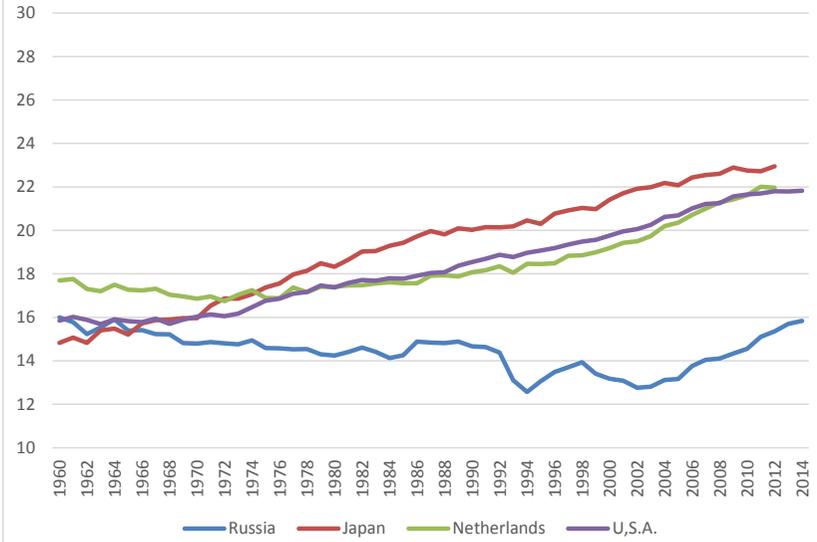
е0, мужчины



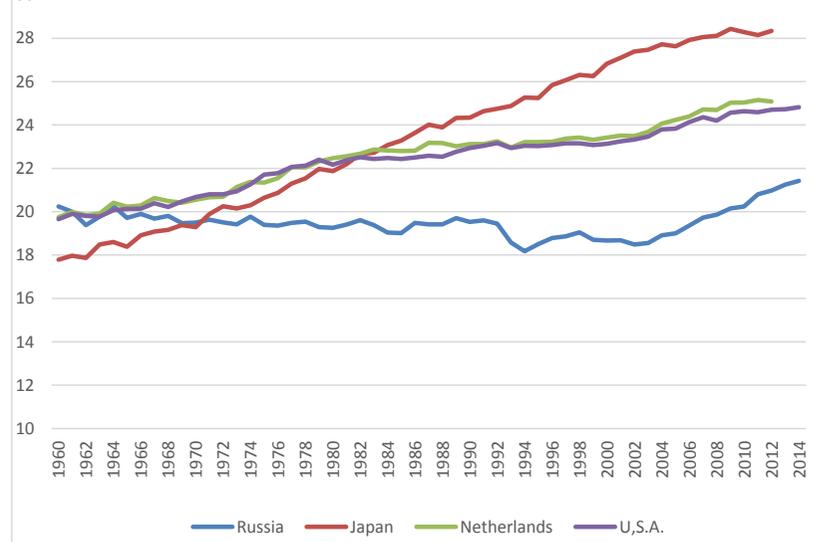
е0, женщины



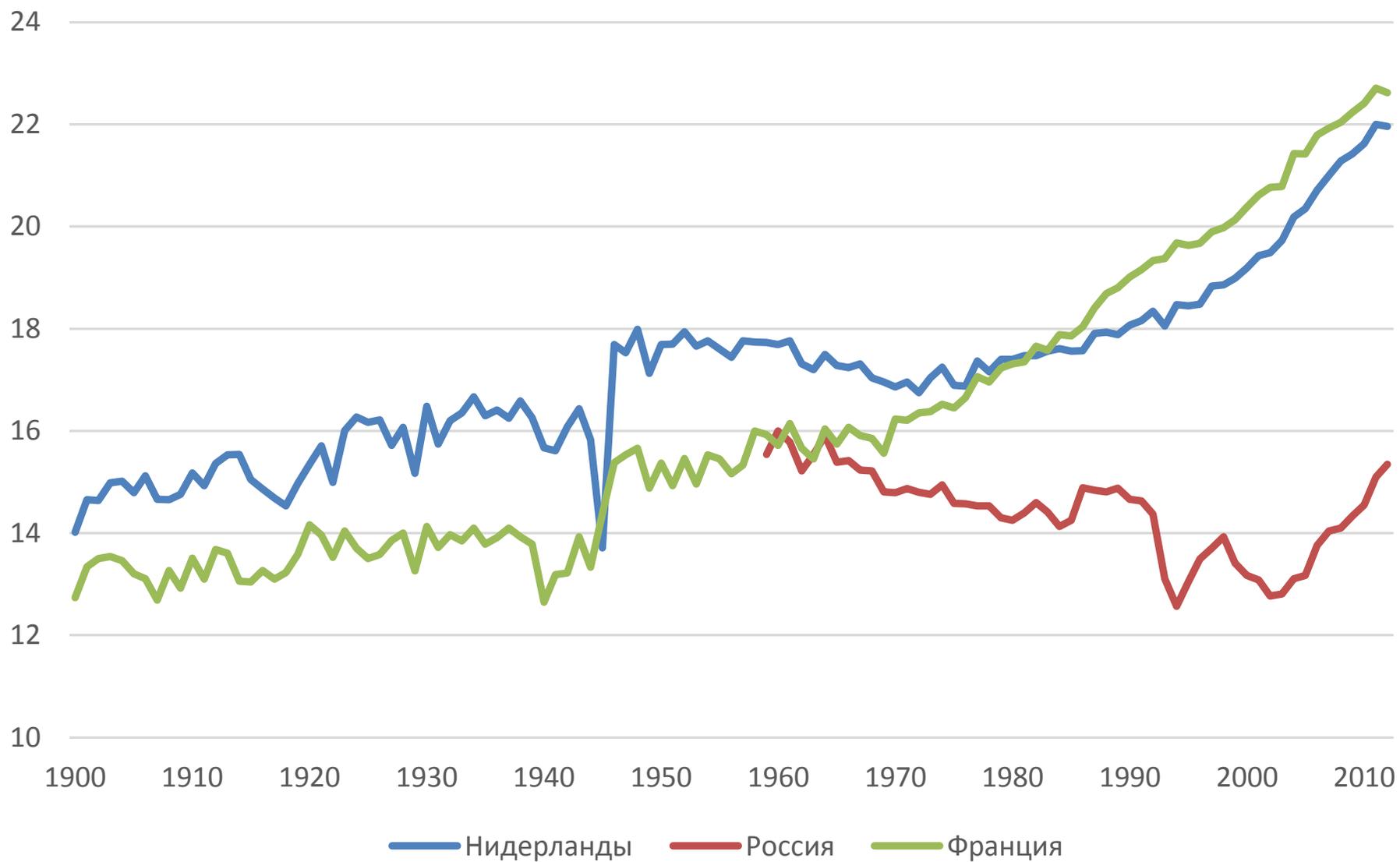
е60, мужчины



е60, женщины



# е60, мужчины



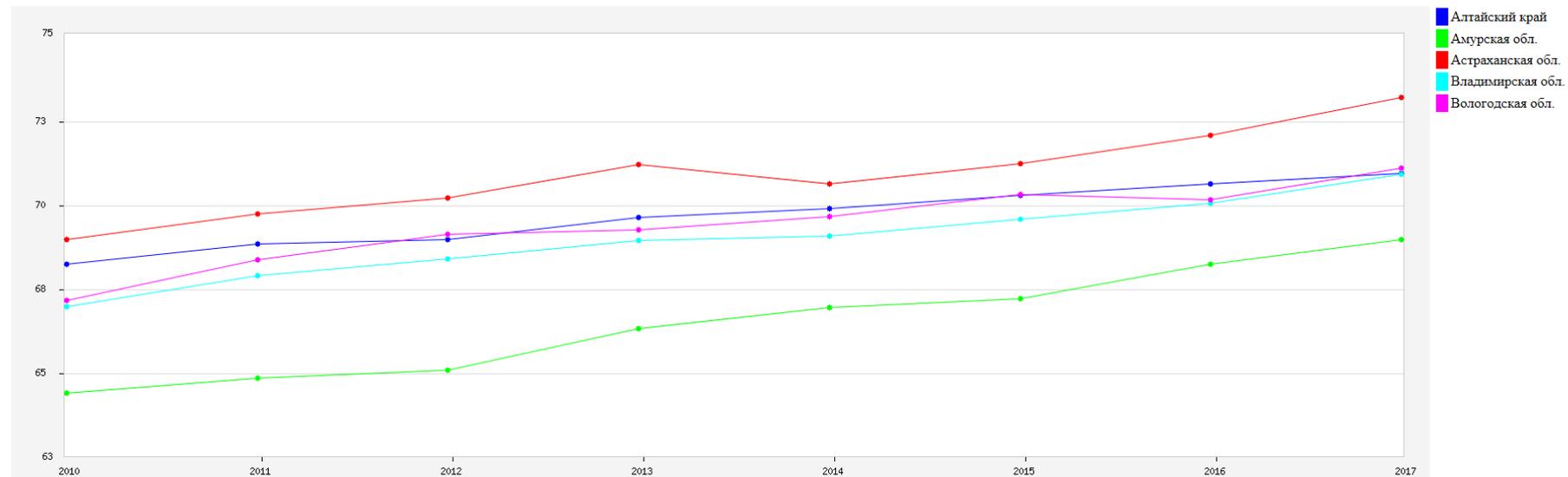
Регион \* для выбора нескольких - ctrl+  
 Владимирская обл.  
 Волгоградская обл.  
 Вологодская обл.  
 Воронежская обл.  
 Еврейская авт. обл.

Возраст 0 110

Пол  мужчины  женщины

Расширенное сравнение

Продолжительность жизни  таблица  график



Период с 2010 по 2017

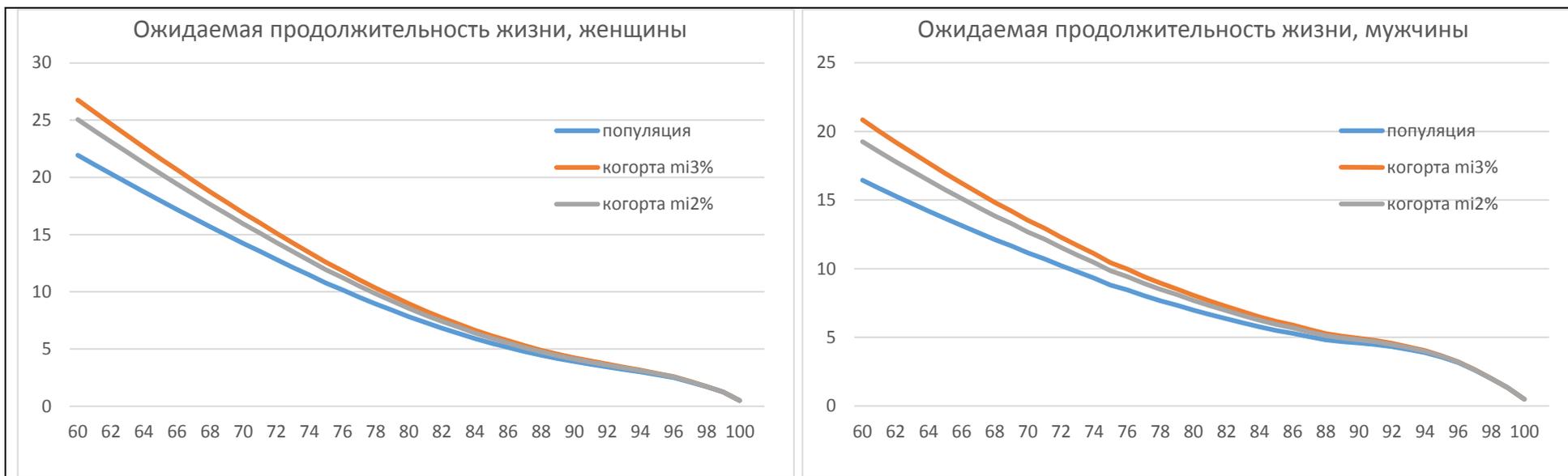
[Экспорт данных](#) \* Источник данных [www.gks.ru](http://www.gks.ru)

Региональные отличия ожидаемой продолжительности жизни (оба пола)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Республика Ингушетия	74,5	76,1	77,6	78,6	79,1	79,7	80,4	81,2
Республика Дагестан	74	74,2	74,8	75,6	75,7	76,3	77,1	77,7
Москва г.	74,0	75,6	75,6	76,2	76,5	76,6	76,9	77,7
Карачаево-Черкесская Республика	72,3	72,7	73,2	73,8	73,7	74,3	74,5	75,7
Кабардино-Балкарская Республика	72,0	72,4	73,1	73,5	74,0	74,4	74,9	75,6
Республика Северная Осетия-Алания	72,5	72,5	73,2	73,8	73,6	74,0	74,8	75,2
Санкт-Петербург г.	71,8	72,8	73,1	73,9	74,2	74,1	74,6	75,1
Республика Чечня	71,5	72,2	71,8	73,1	73,0	73,4	74,1	74,7
Ставропольский край	71,0	71,5	72,0	72,6	72,6	73,2	73,3	74,0
Республика Татарстан	70,4	71,3	71,7	72,0	72,1	72,7	73,5	74,0
Ханты-мансийский авт. округ	70,3	71,2	71,8	72,2	72,2	72,5	73,4	73,8
Белгородская обл.	71,2	71,7	71,8	72,1	72,2	72,5	72,8	73,5
Республика Калмыкия	69,5	70,9	71,3	71,4	72,0	72,1	73,3	73,5
Ямало-ненецкий авт. округ	70,1	70,5	70,7	67,7	71,9	71,6	72,1	73,4
Волгоградская обл.	69,7	70,5	71,0	71,3	71,6	71,9	72,4	73,4
Краснодарский край	70,9	71,1	71,7	72,2	72,2	72,4	72,7	73,3
<b>Российская Федерация</b>	<b>69</b>	<b>69,8</b>	<b>70,2</b>	<b>70,7</b>	<b>70,9</b>	<b>71,3</b>	<b>71,8</b>	<b>72,6</b>
Курганская обл.	67,8	68,5	68,5	68,5	68,9	69,2	69,5	70,8
Республика Бурятия	66,3	66,3	66,9	67,7	68,6	69,1	69,6	70,6
Красноярский край	67,7	68,3	68,5	69,1	69,2	69,7	70,0	70,5
Республика Карелия	66,6	68,0	68,1	69,1	69,3	69,2	69,7	70,5
Приморский край	66,8	67,4	68,0	68,3	68,9	69,3	69,8	70,4
Тверская обл.	66,1	67,1	67,9	68,2	68,5	69,1	69,2	70,4
Сахалинская обл.	65,3	66,0	66,9	67,9	68,1	68,2	68,8	70,3
Камчатский край	66,2	66,8	67,5	68,3	68,3	68,8	69,0	70,2
Республика Хакассия	67,1	67,8	67,7	68,5	68,8	68,6	69,3	70,1
Псковская обл.	65,0	66,7	66,8	67,9	68,2	68,5	69,3	70,0
Хабаровский край	66,0	66,3	67,3	68,0	68,1	68,8	69,2	69,8
Забайкальский край	65	66,0	66,4	67,3	67,5	67,5	68,4	69,6
Новгородская обл.	65,3	66,7	67,6	67,8	68,4	68,7	69,1	69,6
Магаданская обл.	65,4	65,7		67,3	67,4	68,3	69,0	69,4
Кемеровская обл.	65,6	66,3	66,9	67,8	67,8	68,3	68,7	69,3
Амурская обл.	64,7	65,2	65,4	66,6	67,2	67,5	68,4	69,1
Иркутская обл.	65,4	66,1	66,4	66,8	66,9	67,4	68,2	69,1
Еврейская авт. обл.	64,2	63,7	64,4	65,3	65,4	65,3	66,1	68,8
Республика Тыва	60,6	61,4	61,2	61,9	61,9	63,2	64,2	66,2
Чукотский авт. округ	58,1	62,0	60,7	62,5	62,7	64,5	64,6	65,9

## Когортный эффект в гомогенной модели смертности.

Различия ОПЖ в отдельных когортах могут быть существенными. Так в случае сохранения ежегодного темпа снижения смертности на уровне 3%, женщины в возрасте 60 лет проживут на 4.8 года больше текущего значения, рассчитанного по таблице смертности РФ за 2017 год. Для мужчин в том же возрасте увеличение составит – 4.4.года. В случае более низкого ежегодного темпа снижения смертности, на уровне 2% увеличение аналогичной продолжительности жизни у женщин равно 3.1 года, у мужчин – 2.8 года.



Модель гетерогенной смертности

$$e_0 = EX = \int_0^{\infty} x * f(x) dx = - \int_0^{\infty} x * d(s(x)) = -x * s(x) \Big|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} s(x) dx = \int_0^{\infty} s(x) dx$$

$$e_x = \sum_{k=1}^{\infty} Prob(X \geq x) = \sum_{k=1}^{\infty} k p_x$$

Гомогенная модель

$$q_{x,0} = \frac{d_x}{l_x}, \quad q_{x,t} = q_{x,0} * (1 - \alpha)^t$$

Гетерогенная модель

$$q_x = \frac{d_x + \sum_{i=1}^n d_i}{l_x + \sum_{i=1}^n l_i}$$

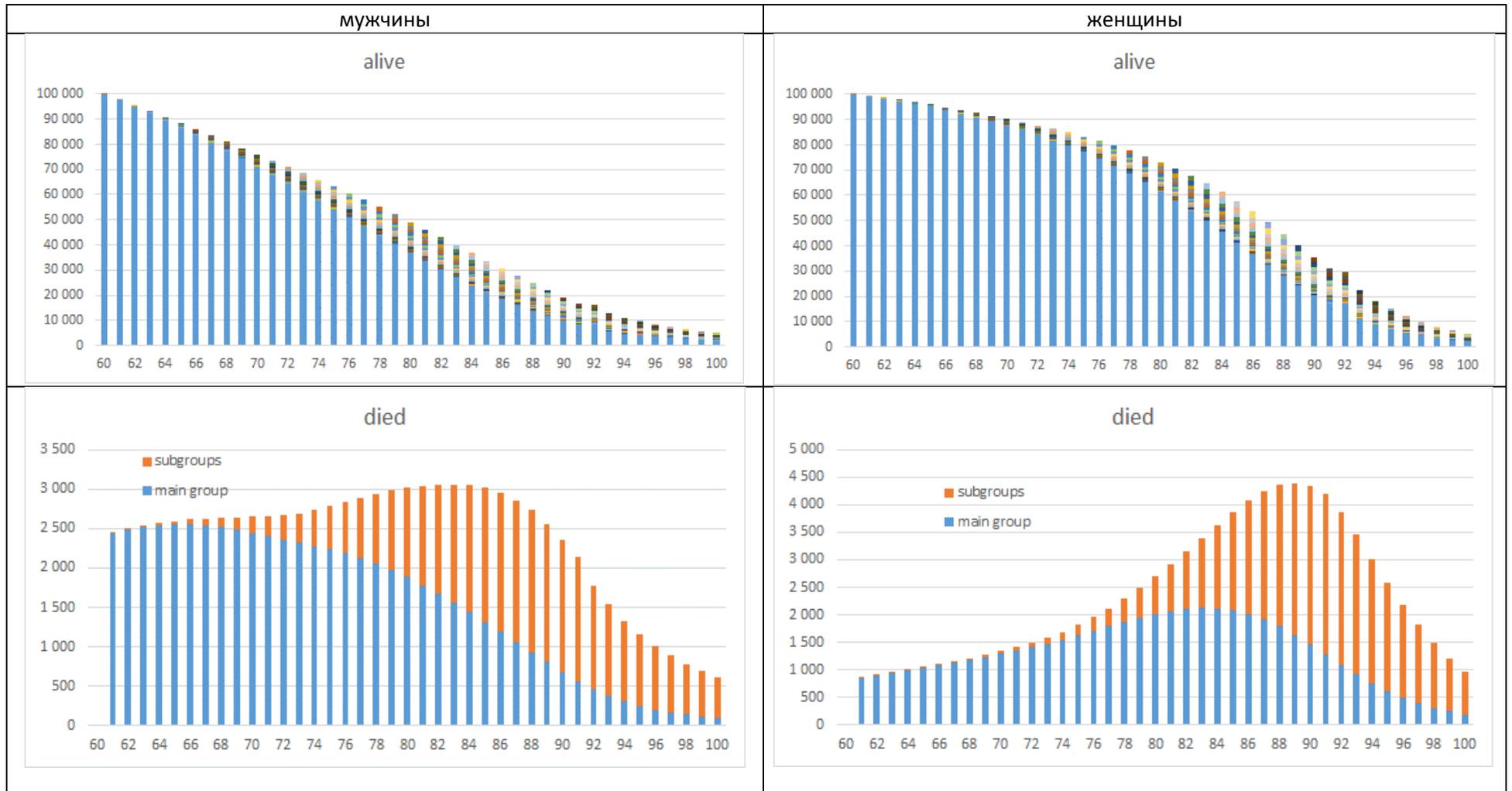
Предполагается, что смертность снижается на 3% а год в каждой возрастной группе. Смертность, оставшиеся в живых в результате снижения смертности в каждом возрасте не отличается от смертности в основной группе. В результате подгрупп не образуется.

Предполагается, что оставшиеся в живых в результате снижения смертности в каждом возрасте формируют новую подгруппу, смертность в которой отличается от смертности в основной группе. В примере ниже смертность в подгруппе соответствует смертности базового года. Lx – численность основной группы. В первый год сформировалась подгруппа (SubG 1) из оставшихся в живых численностью 75 чел. Смертность в данной подгруппе на следующий год равна 0,027147, в основной группе смертность ниже – 0,025542 (0,027147\*0,97^2)

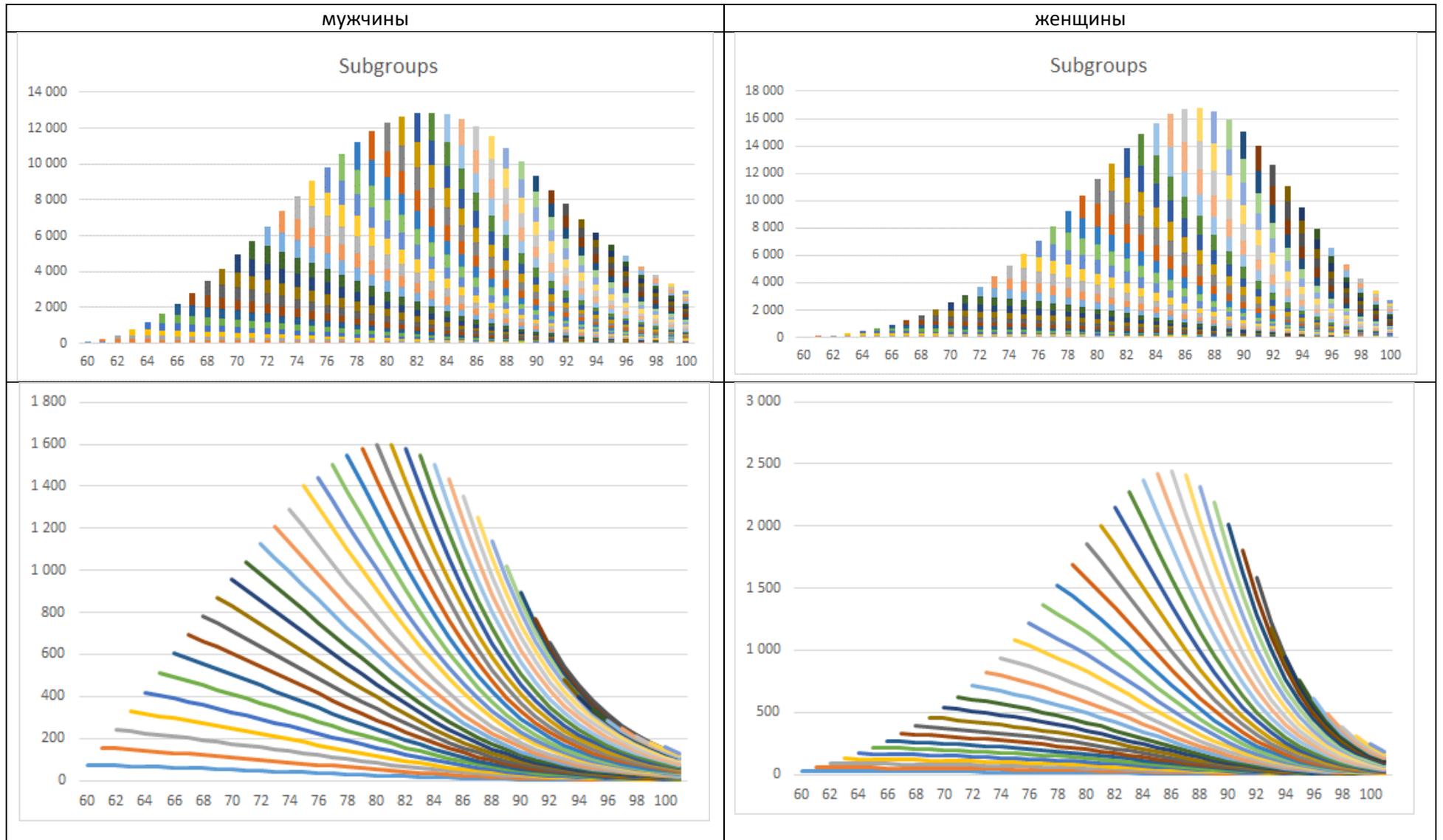
Возраст	60	61	62	63	64
Qx Sub	0,024434	0,025543	0,026612	0,027641	0,028635
Qx G	0,024434	0,025543	0,026612	0,027641	0,028635
Lx	100 000	97 632	95 221	92 776	90 304
SubG 1	0	0	0	0	0
SubG 2		0	0	0	0
SubG 3			0	0	0
SubG 4				0	0
SubG 5					0

Возраст	60	61	62	63	64
Qx Sub	0,02519	0,027147	0,029159	0,031223	0,033346
Qx G	0,02443	0,025543	0,026612	0,027641	0,028635
Lx	100 000	97 557	94 991	92 311	89 525
SubG 1	75	74	72	70	68
SubG 2		156	152	148	144
SubG 3			241	235	228
SubG 4				330	320
SubG 5					420

Результаты моделирования. Ежегодный темп снижения смертности в основной группе 3%. Начальный возраст когорты 60 лет.

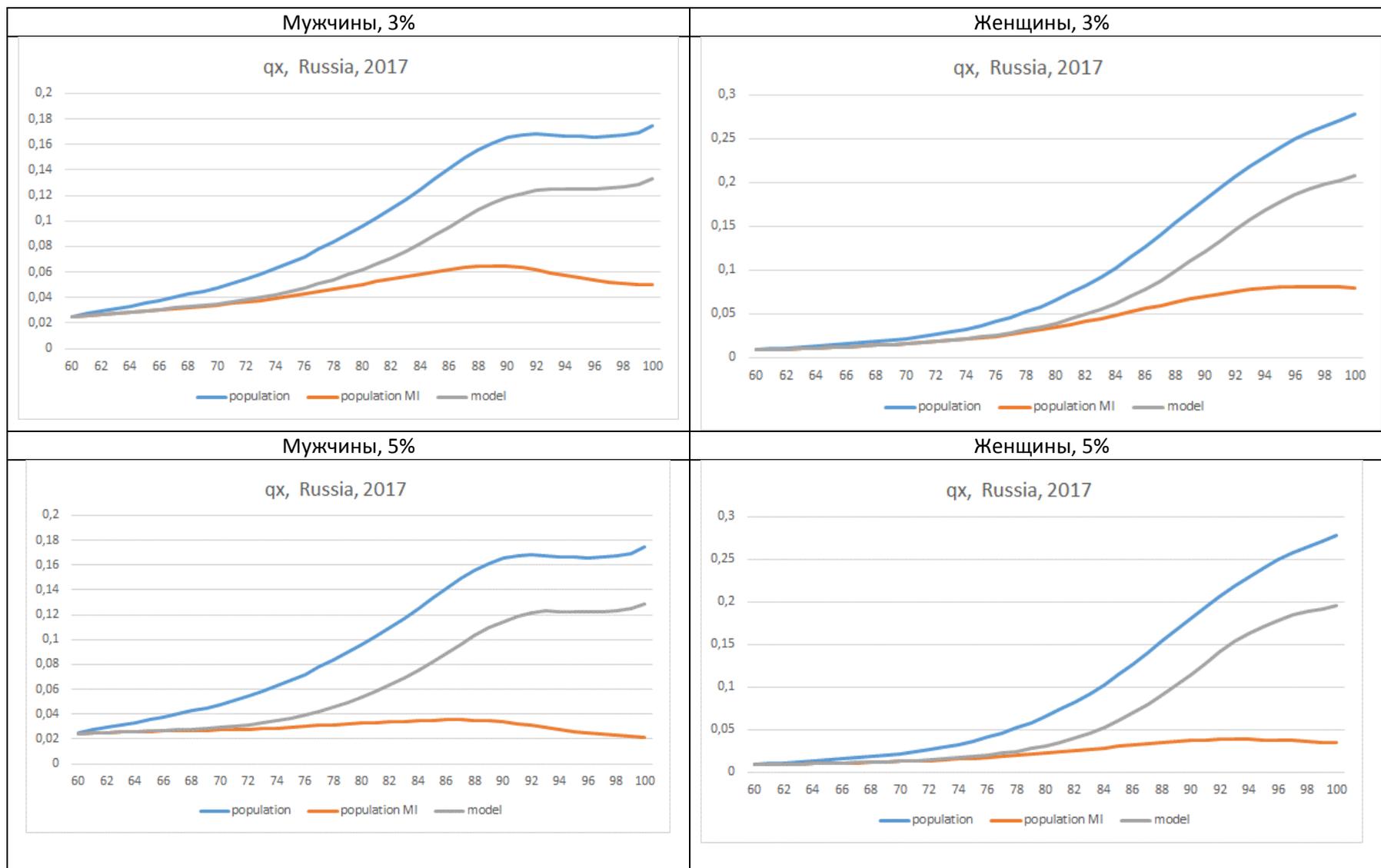


Численность в подгруппах в зависимости от возраста



Вероятность смерти в гетерогенной модели в зависимости от предполагаемого темпа снижения смертности.

Важное наблюдение. В случае сохранения базовой таблицы смертности для всех подгрупп, вероятность смерти в гетерогенной модели слабо чувствительна к темпу изменения смертности.



Ожидаемая когортная продолжительность жизни в гетерогенной модели

Рассмотрено 3 варианта гетерогенной модели

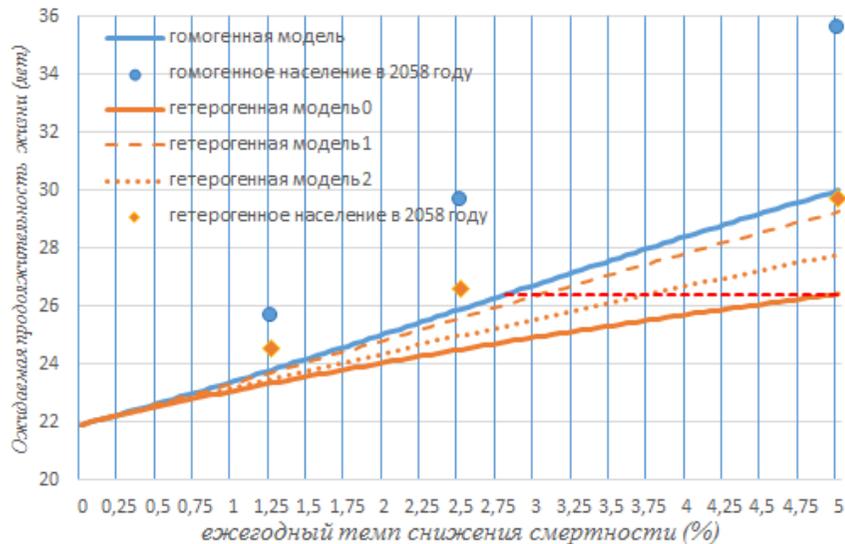
Модель 1 – базовая таблица смертности для всех подгрупп

Модель 2 – таблица смертности различная для каждой подгруппе и соответствует таблице смертности в год формирования новой подгруппы

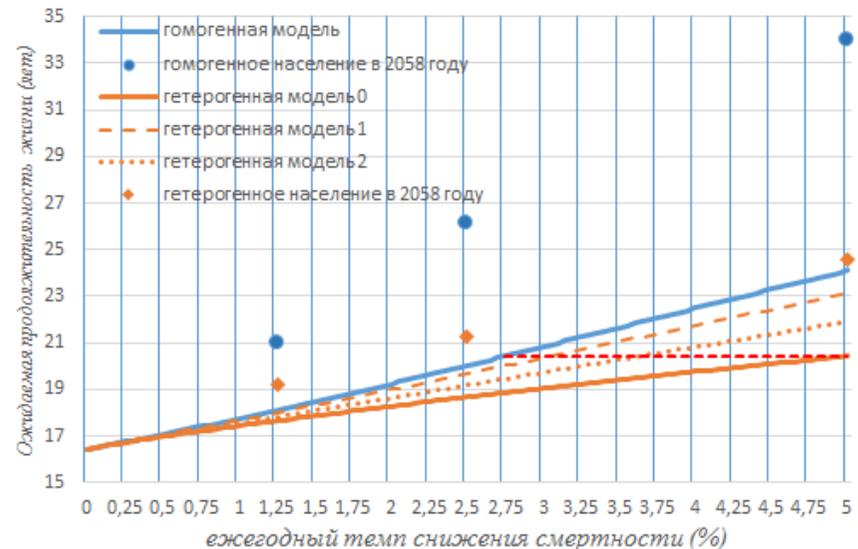
Модель 3 – комбинация моделей 1 и 2, время снижения смертности базовой таблицы ограничено.

Для примера на рис. приведены результаты расчетов когортной смертности для мужчин и женщин в возрасте 60 лет и приведено сравнение с продолжительностью жизни населения, рассчитанной по модели 1.

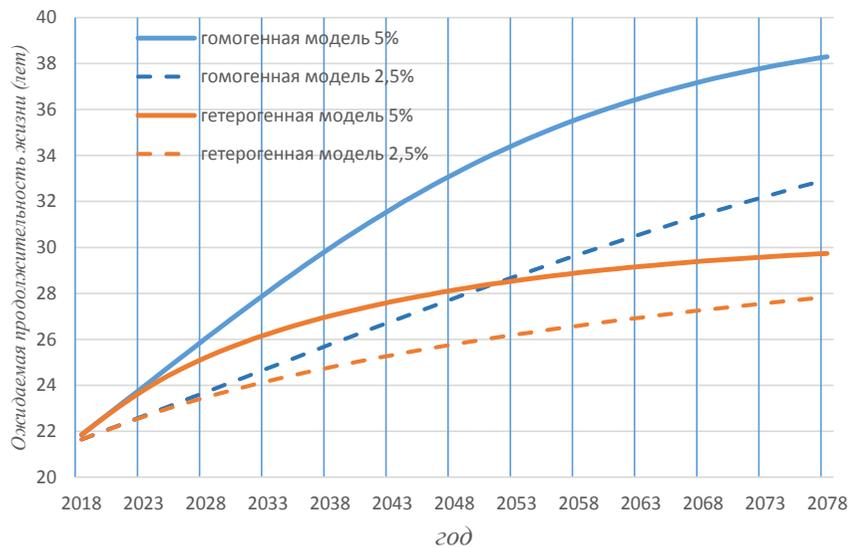
Женщины, когорта, РФ 2017, е60



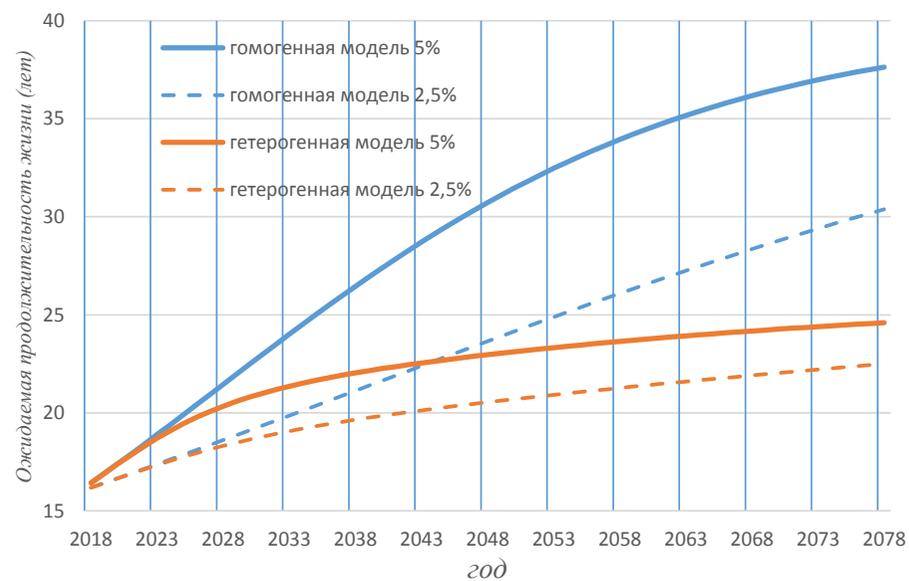
Мужчины, когорта РФ 2017, е60



Женщины РФ, е60 в зависимости от темпа снижения смертности

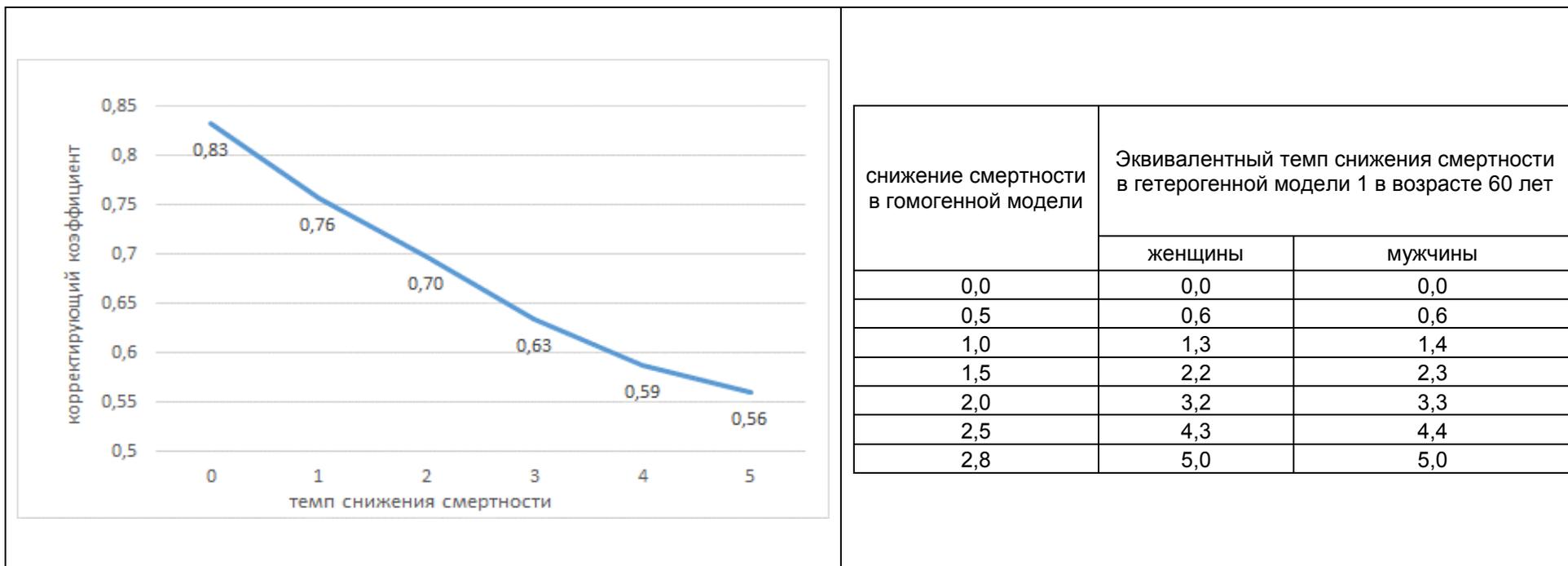


Мужчины РФ, е60 в зависимости от темпа снижения смертности

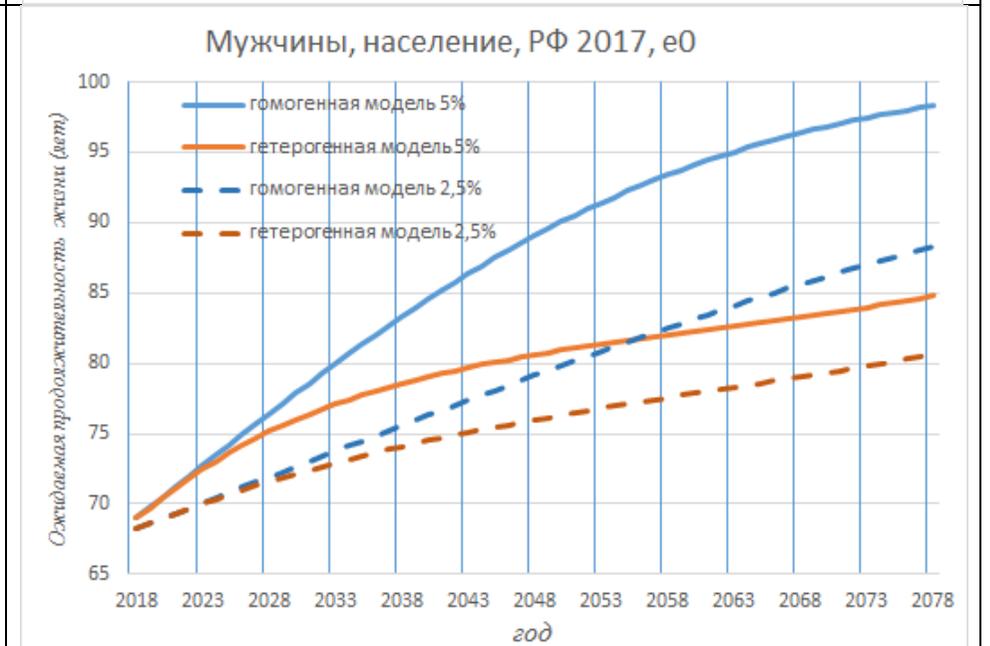
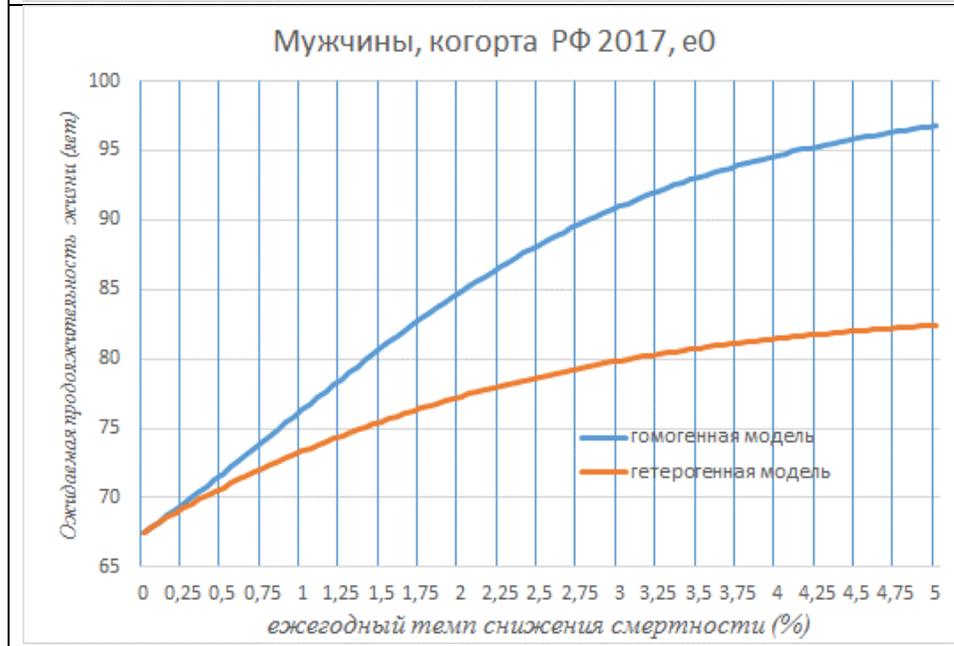
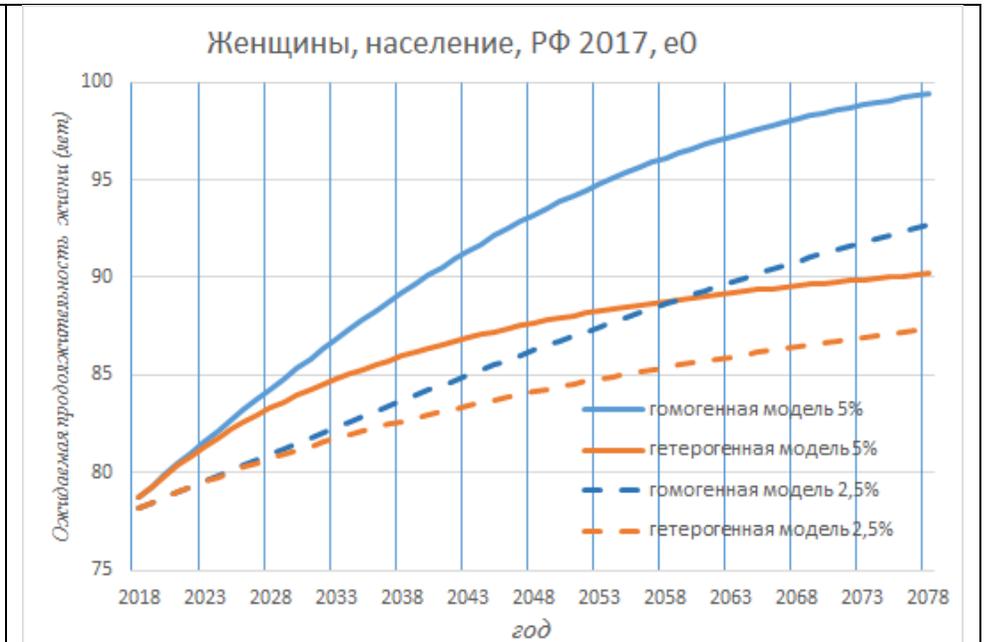


Важный вывод.

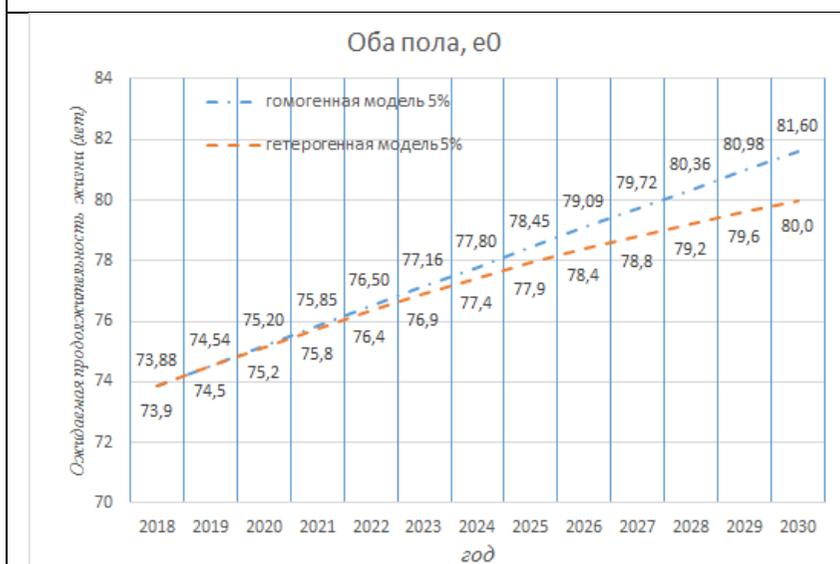
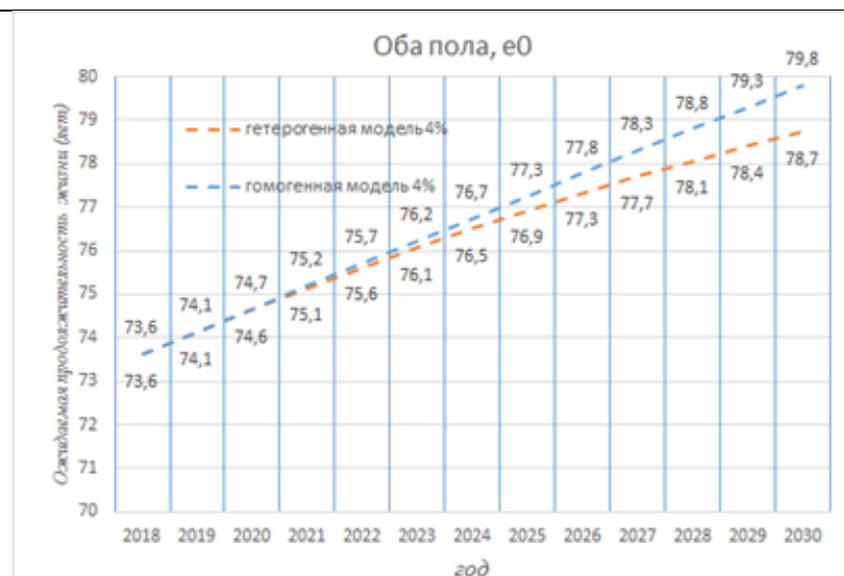
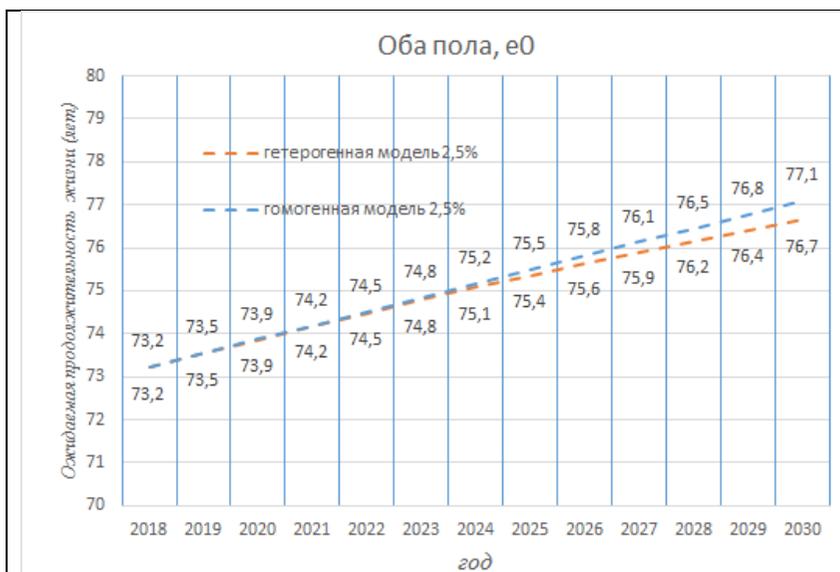
С учетом снижения смертности при переходе от гомогенной модели к гетерогенной, возможна корректировка предположений о будущем темпе снижения смертности. Так, предположение о ежегодном снижении смертности на 3% может быть скорректировано приблизительно на 40% и принято равным 1.8%. Учитывая, что наблюдаемые сегодня темпы снижения смертности находятся в интервале 2-3%, скорректированный темп снижения смертности приблизительно равен 1.5%-1.8%.



Сравнение когортной и популяционной смертности с момента рождения модели 1

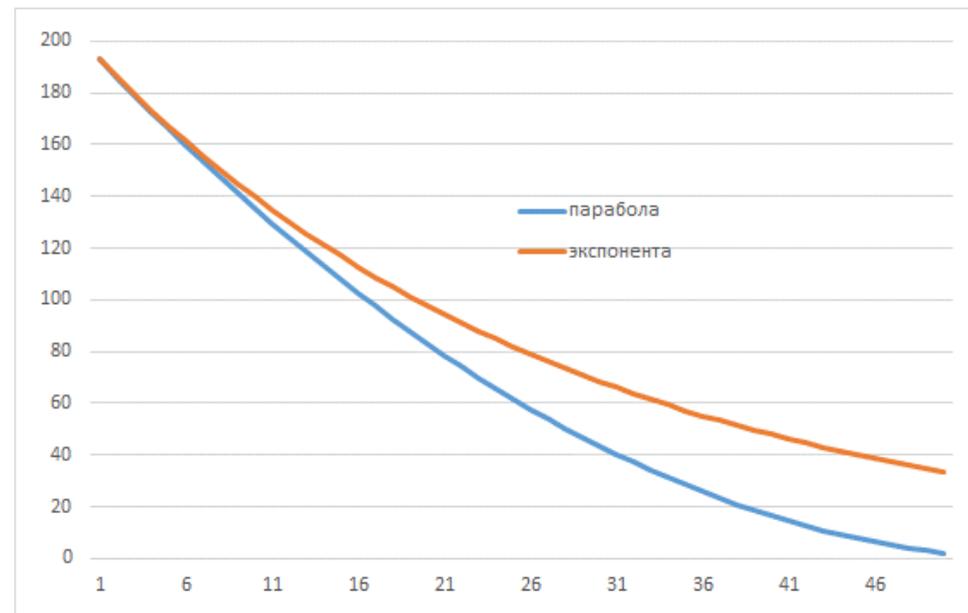


Оценка влияния неоднородности на популяционную смертность (данные модели 1). В случае сохранения темпов снижения смертности на уровне 2.5%, к 2030 году продолжительность жизни для мужчин и женщин в РФ может составить 77.1 года. С учетом корректировки уровня смертности, вызванного влиянием неоднородности, продолжительность жизни может быть рана 76.7 года. При наблюдаемом среднем темпе 4% а 2030 году с учетом неоднородности смертей ОПЖ достигает 78.7 лет. При более высоких темпах снижения смертности, например 5% в год, продолжительность жизни может достигнуть 80 лет даже с учетом неоднородности смертей, однако существование таких темпов в течение ближайших 12 лет маловероятно.



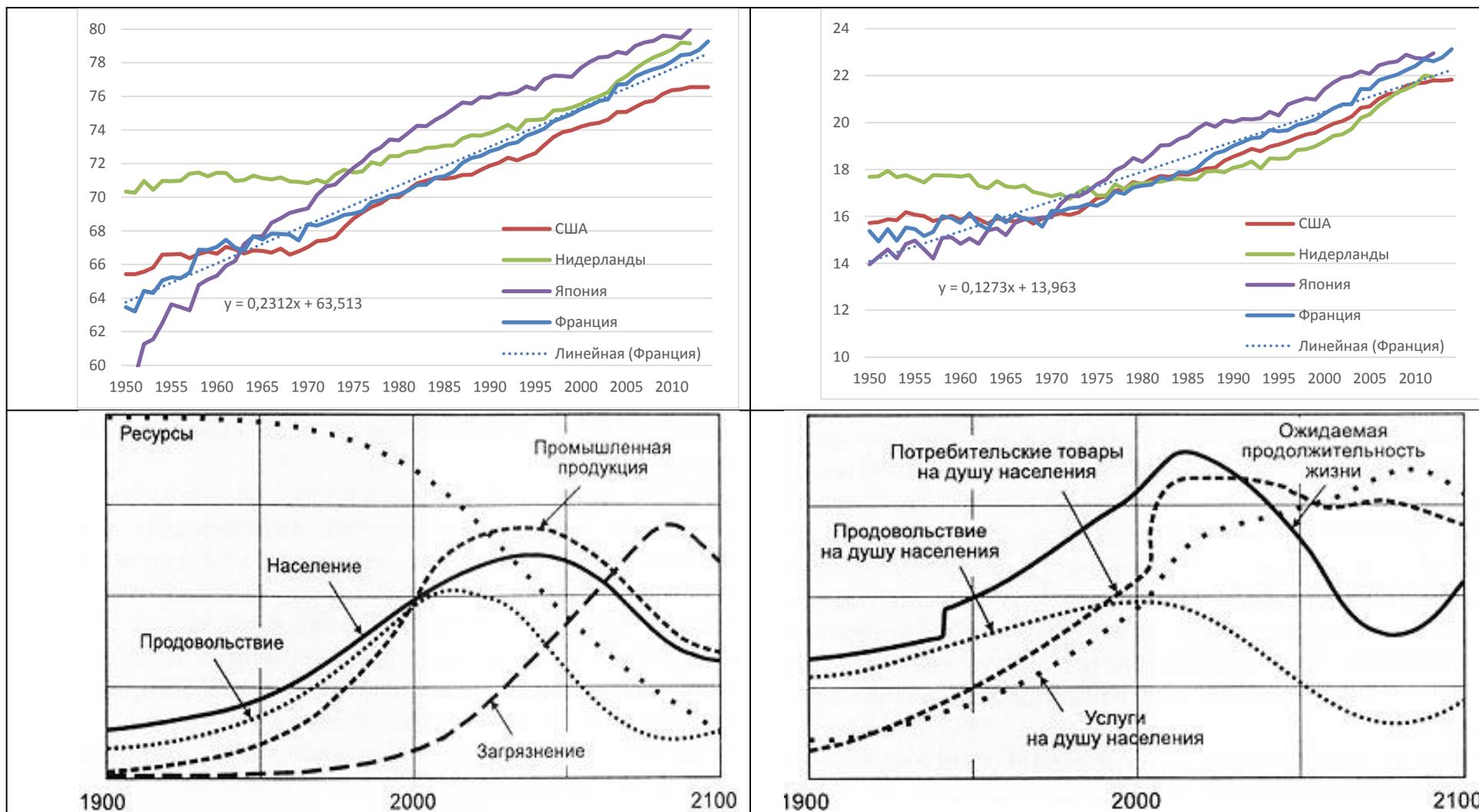
## Природные аналоги. Парабола и экспонента.

На рис. приведено решение уравнения, описывающего изменение уровня жидкости в гравитационном поле (истечение из емкости  $dy/dx = -A \cdot y^{(0.5)}$ ) и решение простейшего уравнения  $dy/dx = -A \cdot y$ , описывающего непрерывное изменение, например, смертности. Решением первого уравнения является парабола, второго – экспонента. Важно отметить, что парабола рано или поздно пересекает ось X, когда вся жидкость вытекает. Экспонента будет бесконечно долго приближаться к нулю. В природе трудно найти явления с неограниченным временем перехода. Процессы изменения смертности явно к ним не относятся, поскольку смертность не может обнулиться и ректангуляция для кривой дожития ( $Lx$ ) является только теоретическим приближением. Поэтому сделанное нами предположение о сохранении наблюдаемого сегодня или прогнозируемом темпе снижения смертности скорее всего справедливо в ограниченном временном интервале. Основным вопросом является время перехода и новое значение смертности.

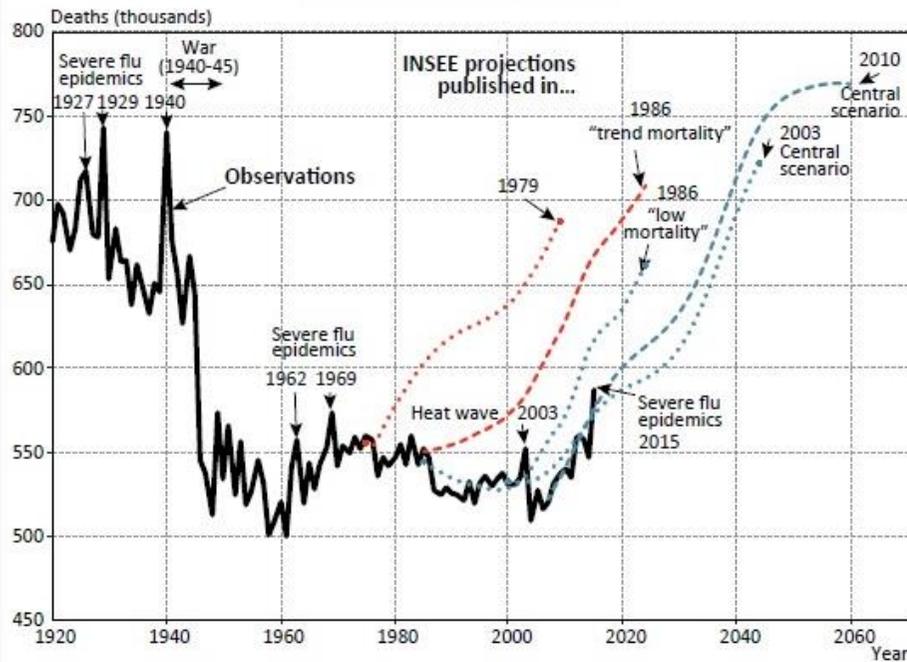


Но в природе могут существовать факторы, не только снижающие смертность, но и проводящие к ее росту, как это наблюдалось в РФ в 90-е годы. Согласно одному из сценариев Римского клуба промышленное производство достигает пика в 2040 г. и затем идет на спад. Большой промышленный капитал создает больше загрязнений, что отрицательно влияет на сельскохозяйственное производство. Приходится отвлекать капитал в аграрный сектор, чтобы поддержать производство продовольствия. Несколько позже, в расчетном 2050 г., уровень загрязнения становится столь высоким, что отрицательно отражается на ожидаемой продолжительности жизни людей. В итоге модель мира переживает «кризис загрязнения», при котором высокие уровни загрязнения отравляют земли, и это приводит к нехватке продовольствия для людей.

На рис. приведена ожидаемая продолжительность жизни для мужчин с момента рождения (левая диаграмма) и в возрасте 60 лет для некоторых стран и результаты моделирования одного из сценариев, рассмотренного Римским клубом.



**Figure 1. Annual changes in numbers of deaths in France since 1920**



G. Pison and L. Toulemon, *Population & Societies* n° 531, INED, March 2016.

Source: Insee.

Deaths in France increased by 7% between 2014 and 2015. After 70 years in which the number remained stable, is this the sign of changes to come? Gilles Pison and Laurent Toulemon look at the reasons for this surprising period of stability, and explain why the number of deaths will rise sharply in coming years, even if life expectancy continues to increase\*.

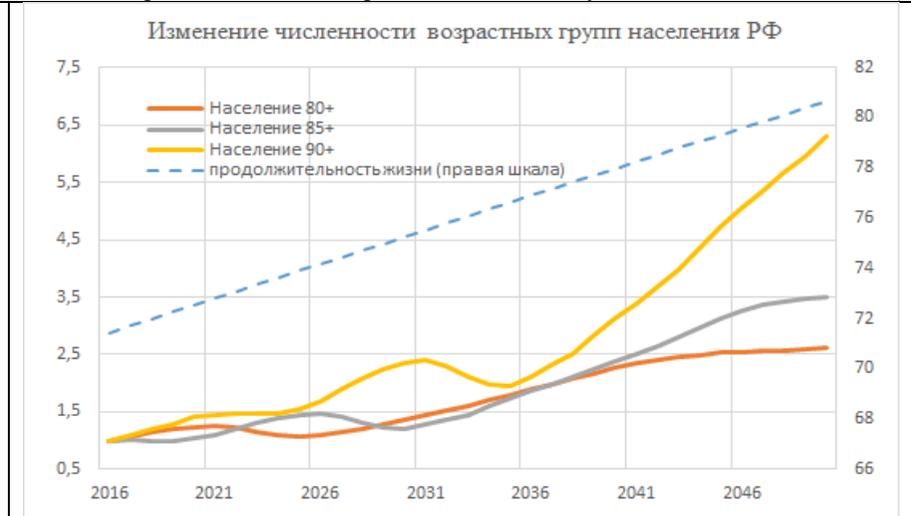
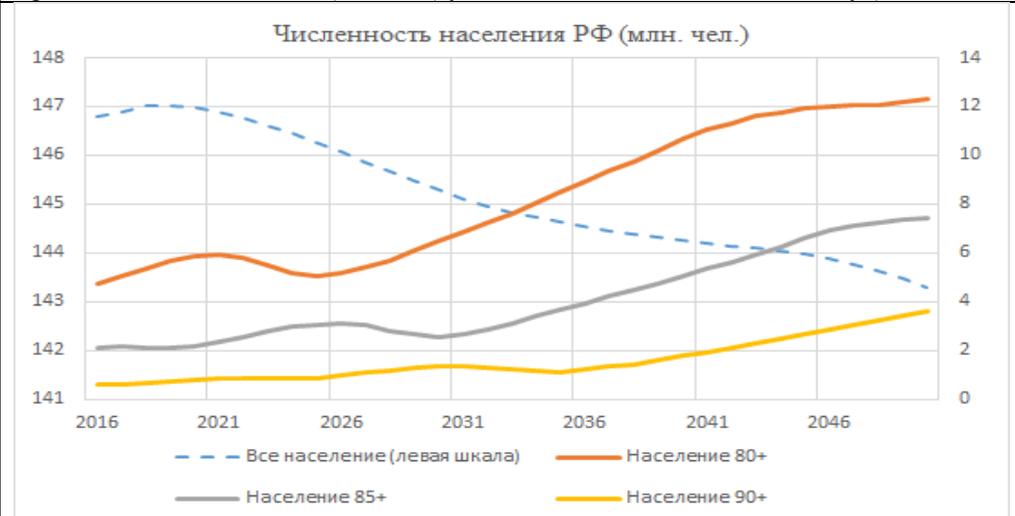
The 1979 projections used just one life expectancy assumption: a progressive levelling off, in line with the tendencies observed in previous years, with a gain of 0.8 years between 1975 and 2000. **In fact, the gain was more than 6 years!** So the projection largely overestimated the number of deaths from 1977, even before it was published in 1979, announcing a steep rise in the following years when the number of deaths actually fell slightly (Figure 1). The projections published seven years later, in 1986, were more optimistic about life expectancy which, under the “trend mortality” scenario, was forecast to increase by 1.9 years between 1985 and 2000, but still at an ever slower pace

**\*The number of deaths in France will increase over the coming years. Gilles Pison\* and Laurent Toulemon\*\* INED 2016**

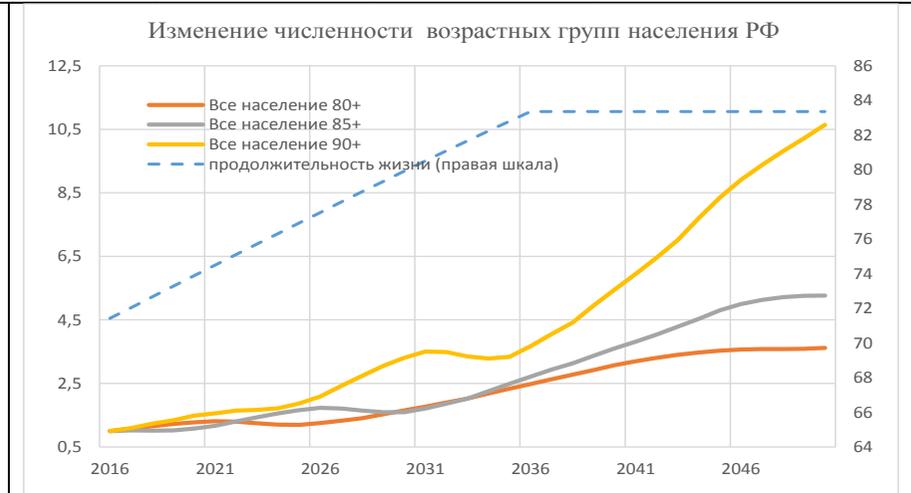
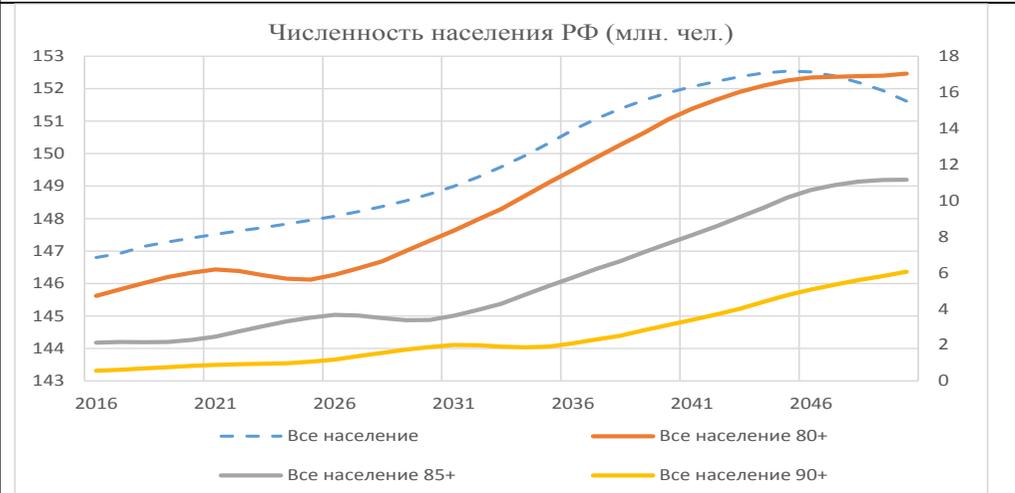
Приведем примеры влияния роста продолжительности жизни на изменение половозрастной пирамиды РФ. На рис. ниже приведено изменение численности населения в старших возрастных группах в зависимости от изменения ожидаемой продолжительности жизни. При моделировании последней предполагалось одинаковое снижение смертности во всех возрастах.



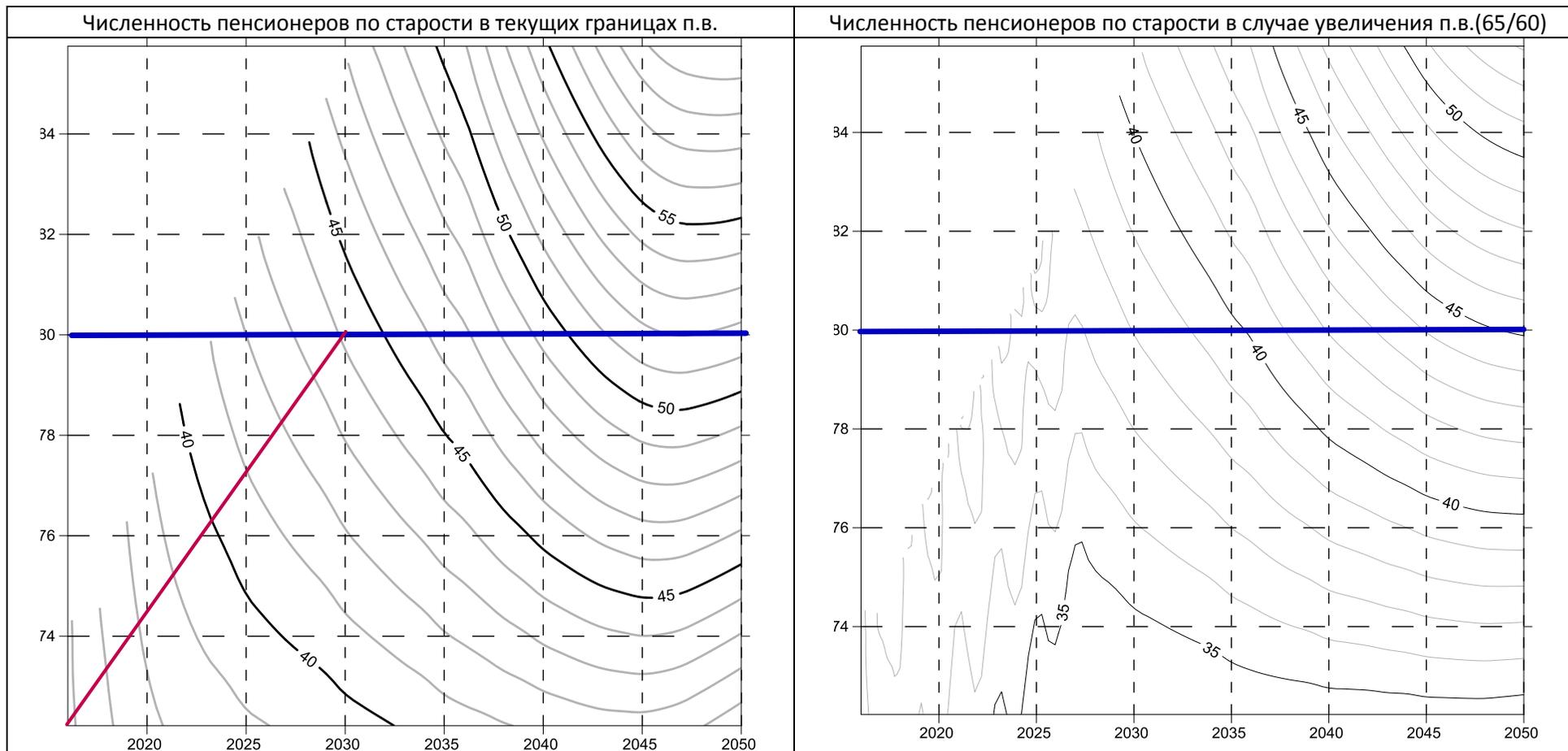
Продолжительность жизни (оба пола) увеличивается до 80 лет к 2050 году (ежегодное снижение смертности во всех возрастах на 2% для мужчин и на 1% для женщин)



Продолжительность жизни (оба пола) увеличивается до 80 лет к 2030 году (ежегодное снижение смертности во всех возрастах на 5% для мужчин и на 4% для женщин)



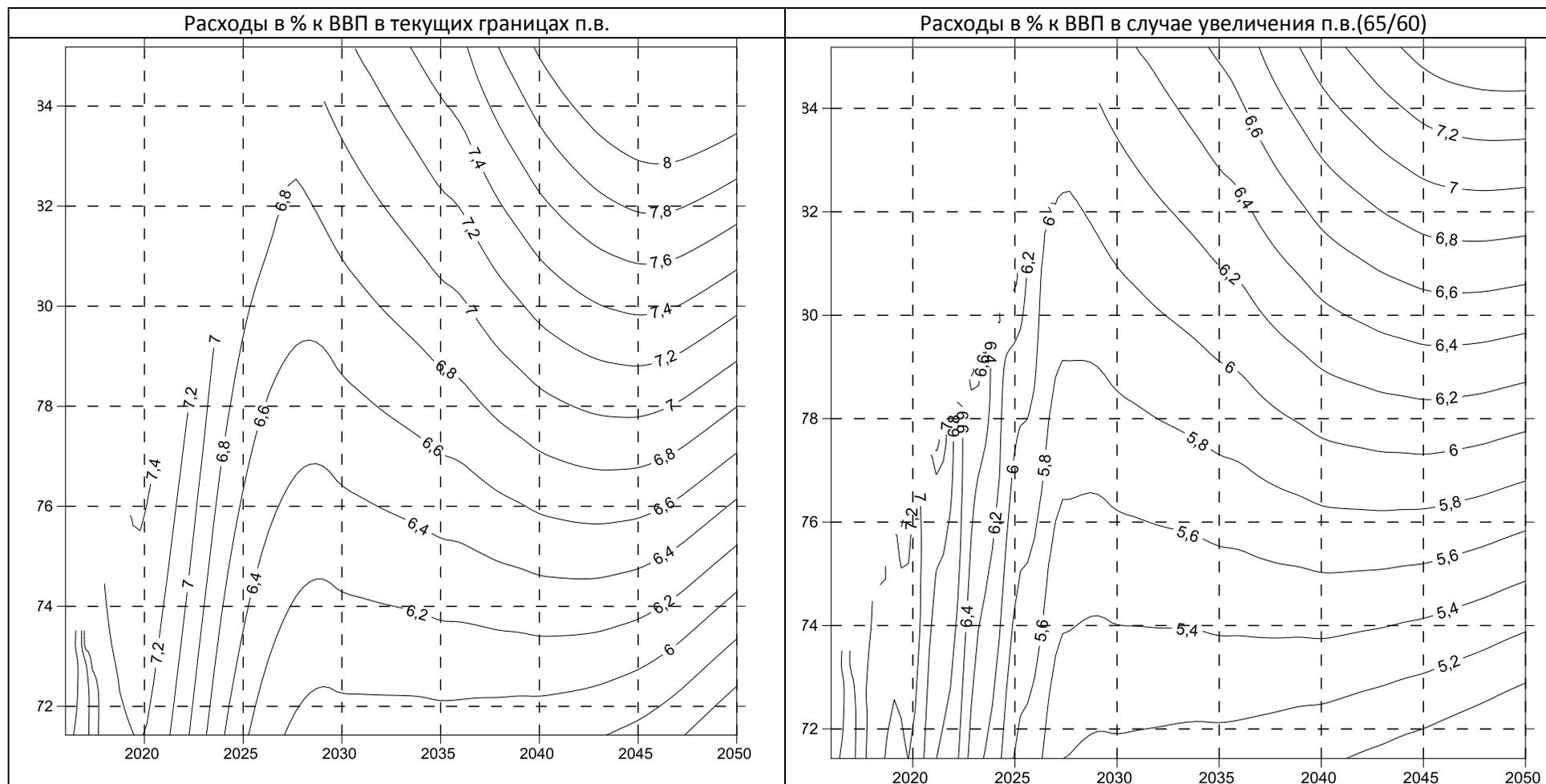
Исследована зависимость изменения численности пенсионеров по старости от роста продолжительности жизни. В случае, если к 2030 году средняя продолжительность жизни мужчин и женщин увеличится с 72.6 (данные на начало 2018 года), до 80 лет, то число пенсионеров по старости возрастет на 4.5 млн. чел. (44-39.5). В случае повышения п.в. до 65/60 лет и аналогичного увеличения продолжительности жизни, численность пенсионеров по старости в 2030 году составит 38 млн. чел. Анализ показывает существенное влияние наблюдаемого увеличения продолжительности жизни на численность пенсионеров. По оси Y указана ожидаемая продолжительность жизни по популяции (оба пола). Цифрами на графиках указана численность пенсионеров по старости (млн. чел.)



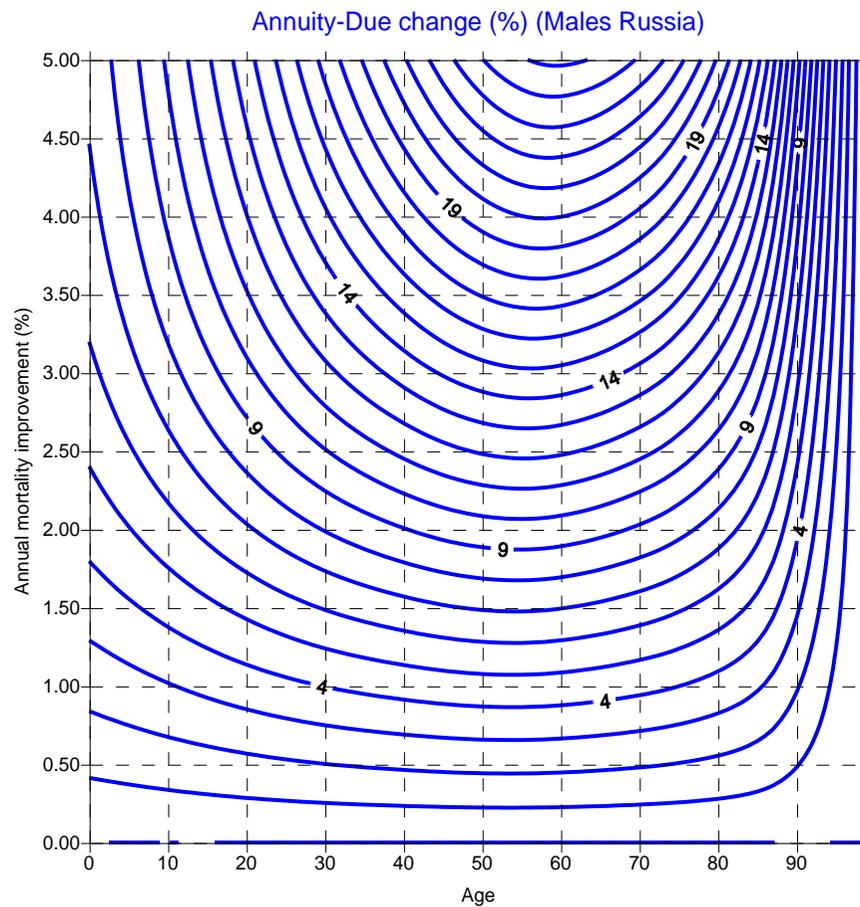
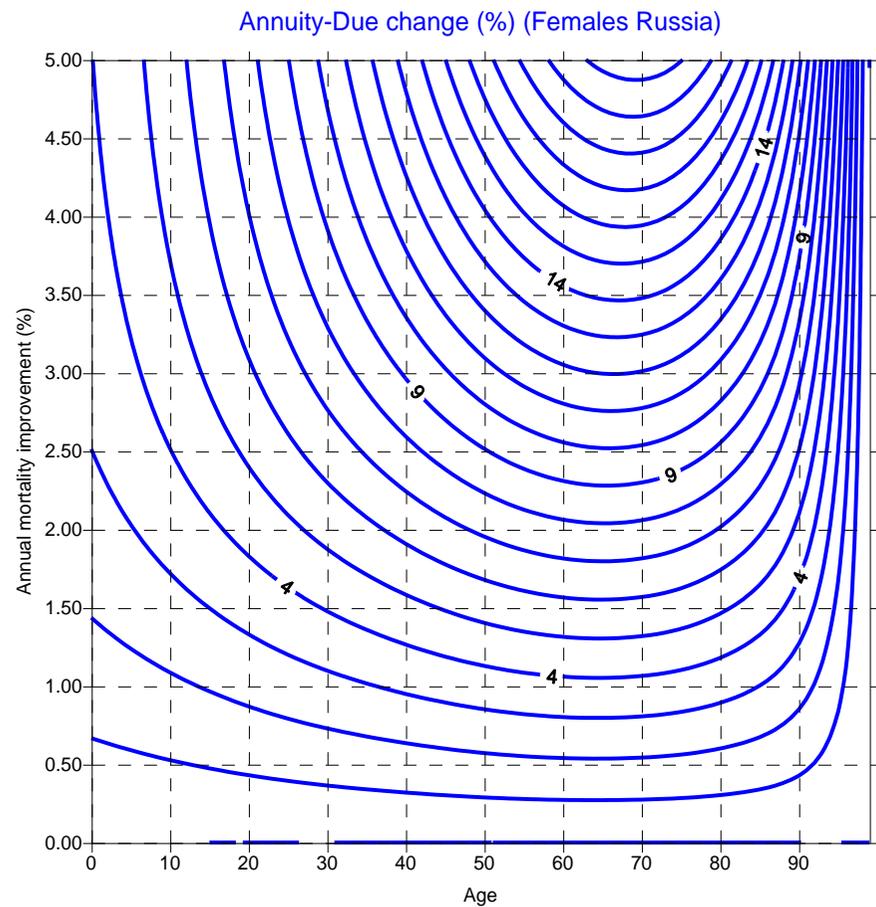
Интересным продолжением здесь может быть разложение по причинам смерти и анализ по нозологиям.

В случае сохранения текущих границ пенсионного возраста и достижения ОПЖ 80 лет к 2030 году доля пенсионных расходов составит около 6.7% от ВВП (данные левой диаграммы), что на 0.7% больше расходов случае неизменности продолжительности жизни (сохранение ОПЖ на уровне 2016 года).

В случае увеличения текущих границ пенсионного возраста и достижения ОПЖ 80 лет к 2030 году доля пенсионных расходов составит около 5.9% от ВВП (данные правой диаграммы). В случае неизменности продолжительности жизни в этом случае доля расходов равна 5.2% от ВВП.



Рассмотрены примеры влияния эффекта снижения смертности на рынок страхования, включая пенсионное страхование. На рис приведено изменение стоимости аннуитета для мужчин и женщин, в зависимости снижения уровня смертности. Показано, что при ежегодном снижении смертности на 3% стоимость обязательств по выплате пенсий с учетом процентной ставки 4% для женщин в возрасте 60 лет увеличится на 12%, у мужчин на 15%. В условиях сложившейся политики ЦБ таргетирования инфляции, приводящее к снижению рыночных процентных ставок, данное влияние может рассматриваться как существенное.



## Healthy life expectancy in Europe

Jean-Marie Robine\* and Emmanuelle Cambois\*\* for the Joint Action EHLEIS INED, Population&Societies 499, 2013

healthy\_life\_expectancy.en.pdf - Adobe Reader

Файл Редактирование Просмотр Окно Справка

Source : Joint-Action EHLEIS, www.eurohex.eu

Инструменты Комментарии

**Table. Life expectancy at age 65 in the European Union countries by health status (2008-2010)**

Country	Life expectancy at age 65							
	Total		Without activity limitation		Without chronic morbidity		In good perceived health	
	M	F	M	F	M	F	M	F
Austria	17.7	21.2	8.0	7.9	7.7	8.2	7.4	7.3
Belgium	17.5	21.1	10.5	10.2	10.6	11.2	9.3	9.4
Bulgaria	13.7	16.9	8.7	9.5	7.3	7.6	2.9	2.1
Cyprus	18.1	20.8	9.8	8.3	6.4	5.3	6.9	5.1
Czech Rep.	15.3	18.9	8.0	8.5	6.6	7.0	3.1	3.0
Denmark	16.8	19.5	11.7	12.4	10.7	11.4	10.0	10.5
Estonia	13.9	19.2	4.9	5.1	3.5	3.4	2.2	2.4
Finland	17.4	21.5	8.4	9.0	5.1	5.2	6.4	6.9
France	18.7	23.2	8.9	9.8	6.3	7.8	6.9	7.6
Germany	17.7	20.8	6.6	6.8	5.8	7.2	6.3	6.4
Greece	18.1	20.1	8.6	7.9	7.8	7.2	7.2	5.9
Hungary	14.0	18.2	5.6	6.0	3.7	4.2	2.1	2.1
Ireland	17.7	19.0	10.4	10.0	8.6	8.2	11.1	11.9
Italy	18.4	22.1	8.6	8.1	10.1	11.0	5.3	4.6
Latvia	13.2	18.1	4.8	5.4	4.5	5.1	1.7	1.7
Lithuania	13.5	18.4	6.1	6.7	5.0	5.3	1.2	1.0
Luxembourg	17.4	21.3	10.7	11.8	10.7	11.4	8.0	9.2
Malta	17.4	20.6	11.3	11.7	6.4	7.0	5.3	5.2
Netherlands	17.6	20.9	9.6	9.9	9.0	10.3	10.6	11.2
Poland	14.9	19.3	6.9	7.6	4.8	4.7	2.1	1.7
Portugal	17.1	20.6	6.8	5.6	6.5	6.4	2.4	1.5
Romania	14.0	17.2	7.0	6.7	7.7	7.5	3.7	2.9
Slovakia	14.0	17.9	3.3	2.8	5.0	4.8	2.3	1.8
Slovenia	16.5	20.7	8.3	8.8	5.6	7.0	4.7	4.4
Spain	18.2	22.3	9.5	8.7	7.7	7.9	7.6	6.9
Sweden	18.2	21.1	13.6	14.7	9.7	10.1	11.4	12.4
UK	18.0	20.7	10.9	11.7	6.8	7.8	10.7	11.9
<b>EU 27</b>	<b>17.4</b>	<b>20.9</b>	<b>8.4</b>	<b>8.6</b>	<b>7.0</b>	<b>7.8</b>	<b>6.6</b>	<b>6.6</b>
MAX	18.7	23.2	13.6	14.7	10.7	11.4	11.4	12.4
MIN	13.2	16.9	3.3	2.8	3.5	3.4	1.2	1.0
Differences	5.5	6.3	10.3	11.9	7.2	8.1	10.2	11.4

Sources : Joint-Action EHLEIS, www.eurohex.eu

and Denmark share first place for life expectancy without chronic morbidity. Slovakia ranks lowest for life expectancy without activity limitation, Estonia for life expectancy without chronic morbidity, and Lithuania for life expectancy in good perceived health.

These disparities, complex to interpret, are due partly to differences in the perception of these problems and in health expectations (Box), but also to differences in exposure to health problems and in their management, i.e. differences in mortality and morbidity. Reducing these cross-country differences would be a large step forward in achieving the target of a two-year increase in healthy life years by 2020. [6]

While women outlive men in all countries, the gender gap ranges from 1.9 years in Greece to 5.3 years in Estonia, with a European average of 3.5 years (Figure 3). During their longer lifetime, women spend more years with activity limitations than men, but there are three distinct profiles of differences

# The Population of the World (2017)

Table 1 - Area (in thousands of sq. km.)		Table 2 - Most populated countries, 2017 estimate (in millions pop.)		Table 3 - Most populated countries, projection to 2050 (in millions pop.)	
Indicator ①	Thousands	Indicator ②	Thousands	Indicator ⑤	Thousands
1 Russia	17,098	1 China	1,386.8	1 India	1,676
2 Canada	9,971	2 India	1,352.6	2 China	1,343
3 United States	9,629	<i>European Union (28)</i>	<i>511.2</i>	<i>European Union (28)</i>	<i>515</i>
4 China	9,561	3 United States	325.4	3 Nigeria	411
5 Brazil	8,515	4 Indonesia	264.0	4 United States	397
6 Australia	7,741	5 Brazil	207.9	5 Indonesia	322
<i>European Union (28)</i>	<i>4,387</i>	6 Pakistan	199.3	6 Pakistan	311
7 India	3,287	7 Nigeria	190.9	7 Brazil	231
8 Argentina	2,780	8 Bangladesh	164.7	8 Congo (Dem. Rep.)	216
9 Kazakhstan	2,725	9 Russia	146.8	9 Bangladesh	202
10 Algeria	2,382	10 Mexico	129.2	10 Ethiopia	191
11 Congo (Dem. Rep.)	2,345	11 Japan	126.7	11 Mexico	164
12 Saudi Arabia	2,150	12 Philippines	105.0	12 Egypt	164
13 Mexico	1,958	13 Ethiopia	105.0	13 Tanzania	152
14 Indonesia	1,905	14 Vietnam	93.7	14 Philippines	151
15 Sudan	1,861	15 Egypt	93.4	15 Russia	145
16 Libya	1,760	16 Germany	83.1	16 Vietnam	108
17 Iran	1,648	17 Congo (Dem. Rep.)	81.5	17 Japan	102
18 Mongolia	1,564	18 Turkey	80.9	18 Uganda	96
19 Peru	1,285	19 Iran	80.6	19 Kenya	95
20 Chad	1,284	20 United Kingdom	66.2	20 Turkey	95
21 Niger	1,267	21 Thailand	66.1	21 Iran	93
22 Angola	1,247	<b>22 France (metropolitan)</b>	<b>65.0</b>	22 Sudan	88
23 Mali	1,240	23 Italy	60.5	23 Germany	83
24 South Africa	1,221	24 Tanzania	57.5	24 Angola	80
25 Colombia	1,139	25 South Africa	56.5	25 United Kingdom	78
26 Ethiopia	1,104	26 Myanmar (Burma)	53.4	26 Iraq	77
27 Bolivia	1,099	27 South Korea	51.4	27 South Africa	75
28 Mauritania	1,026	28 Kenya	49.7	<b>28 France (metropolitan)</b>	<b>72</b>
29 Egypt	1,001	29 Colombia	49.3	29 Afghanistan	69
<b>47 France (metropolitan)</b>	<b>552</b>	30 Spain	46.6	30 Mozambique	68
<b>WORLD</b>	<b>136,137</b>	<b>WORLD</b>	<b>7,535.8</b>	<b>WORLD</b>	<b>9,846</b>

Table 4 - Annual number of births (in thousands)		Table 5 - Annual number of deaths (in thousands)		Table 6 - Annual number of deaths under age one (in thousands)	
Indicator ②	Thousands	Indicator ②	Thousands	Indicator ②	Thousands