

<https://doi.org/10.29296/25877305-2022-10-09>

## Среда, дружественная долголетию: математическое обоснование нового профилактического направления в геронтологии и гериатрии

**Е.В. Мамаева,**

**В.Б. Мамаев,** кандидат биологических наук,

**А.Н. Ильницкий,** доктор медицинских наук, профессор  
Академия постдипломного образования Федерального  
научно-клинического центра специализированных видов

медицинской помощи и медицинских технологий

Федерального медико-биологического агентства России, Москва

**E-mail:** [lizavmamaeva@icloud.com](mailto:lizavmamaeva@icloud.com)

*В статье рассматриваются научные подходы к созданию методов поиска средств и условий формирования среды, дружественной долголетию. Учитывая важность выявления положительного влияния факторов среды на активное долголетие, мы исходили из необходимости количественной оценки старения и его особенностей.*

**Ключевые слова:** гериатрия, геронтология, старение, демографическое старение, продолжительность жизни, коэффициент смертности, вероятность смерти, жизнеспособность, урбанизация, среда, дружественная долголетию.

**Для цитирования:** Мамаева Е.В., Мамаев В.Б., Ильницкий А.Н. Среда, дружественная долголетию: математическое обоснование нового профилактического направления в геронтологии и гериатрии. Врач. 2022; 33 (10): 47–50. <https://doi.org/10.29296/25877305-2022-10-09>

По оценкам ООН, население в мире в возрасте 60 лет и старше насчитывало в 2000 г. 611 млн человек, что почти втрое превышало численность этой возрастной группы в 1950 г. (202 млн человек). В 2015 г. численность данной возрастной группы составила 902 млн человек, а к 2050 г. возрастет до 2,1 млрд человек, еще раз утроившись за период 50 лет [15]. В Российской Федерации (РФ) также поступательно увеличивается количество лиц пожилого возраста как в абсолютных, так и в относительных цифрах. При этом к пожилым людям в России относят женщин в возрасте от 55 лет и старше, мужчин – от 60 лет и старше [10]. По данным Росстата, количество лиц данной возрастной категории составляло в 2002 г. – 29 млн 778 тыс.; в 2010 г. – 31 млн 713 тыс.; в 2013 г. – 33 млн 100 тыс., что составляло 23,1% общей численности населения; в 2020 г. – 36 млн 628 тыс.; в 2021 г. – 38 млн 898 тыс. [12].

Но при этом по данным Росстата ожидаемая продолжительность предстоящей жизни в РФ в 2020 г. снизилась по сравнению с 2019 г.: для мужчин, достигших 60 лет, – на 1,66 года и составляет 15,2 года, а для женщин, достигших 55 лет, – на 1,57 года и составляет 24,99 года [12].

По оценке экспертов ВОЗ, в современном мире происходят несколько важнейших процессов, в том числе демографическое старение населения планеты и урбанизация.

**Урбанизация** — изменение соотношения городских и сельских жителей, формирование городских социальных отношений и структур, городского образа жизни [1]. За 2021 г. численность населения РФ в городе составляет 109,3 млн человек, в сельской местности — 36,9 млн человек, что в процентном соотношении составляет 75:25% [12].

Городская среда, безусловно, может нести гораздо больший бытовой комфорт, нежели среда сельская, однако экологические проблемы современного города заставляют уже сегодня многих людей сознательно менять город на село (или же крупный мегаполис на малый город) [7].

Как правило, люди, проживающие в городе, имеют больше возможностей для самореализации, реже встречается «синдром одиночества», что к жизнедеятельности пожилого человека имеет прямое отношение. Город богат культурной инфраструктурой, различные учреждения могут предоставлять площади под клубы для пожилых людей, где они могут заниматься различными видами творческой деятельности [7, 8].

Городская среда в большей степени, чем сельская, обладает инфраструктурным потенциалом различных организаций, обеспечивающих социальную защищенность человека. Здесь более доступны учреждения здравоохранения. В большинстве городов в шаговой доступности располагаются: Управления социальной защиты населения, отделения Пенсионного фонда РФ, Центры социального обслуживания, Управления жилищно-коммунального хозяйства, Управления внутренних дел и др. [7].

Но при этом негативной стороной является социально-бытовой уклад жизни в городе, дискриминация по возрастному принципу (эйджизм). Эйджизм в старших возрастных группах обладает разносторонним неблагоприятным влиянием на здоровье, как физическое, так и психическое. В плане физического здоровья он способствует снижению продолжительности жизни, увеличению патологической пораженности, у людей формируется неправильное, рискованное поведение в отношении собственного здоровья, наблюдается полипрагмазия [2–4].

Также городская среда характеризуется ускоренными процессами изменений системы знаний, ценностей, норм,

образцов, что часто приводит к синдрому хронического информационного истощения. Те знания, которыегодились для адаптации 10 лет назад, сегодня могут быть неактуальны и не-востребованы.

Из этого следует, что необходимо заниматься созданием городской среды, благоприятной для всех возрастов, или «Среды, Дружественной Долголетию».

Цель и задачи нашего исследования — математическое обоснование среды, дружественной долголетию, на основе анализа возрастной смертности в городе и селе за последние 20 лет в РФ.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для математического исследования возрастной смертности использовано аппроксимирующее уравнение Гомперца (1), согласно которому смертность является суммой независимого от возраста компонента и компонента, зависящего от возраста, который экспоненциально возрастает с возрастом и описывает старение организма [5].

$$m_x = R \times e^{Ax} \quad (1)$$

где  $x$  — возраст (в годах);  $m_x$  — возрастной коэффициент смертности (отношение числа умерших в данном возрасте к числу человеко-лет, прожитых в рассматриваемый период (средне-годовой численностью лиц возраста  $x$ ) и в соответствующем интервале возраста) [13];  $R$  — предэкспоненциальный параметр уравнения;  $e^{Ax}$  — экспоненциальный член уравнения.

Для целей упрощения визуализации необходимо прологарифмировать уравнение (1), после чего получается следующая зависимость (2):

$$\ln(m_x) = \ln(R) + Ax, \quad (2)$$

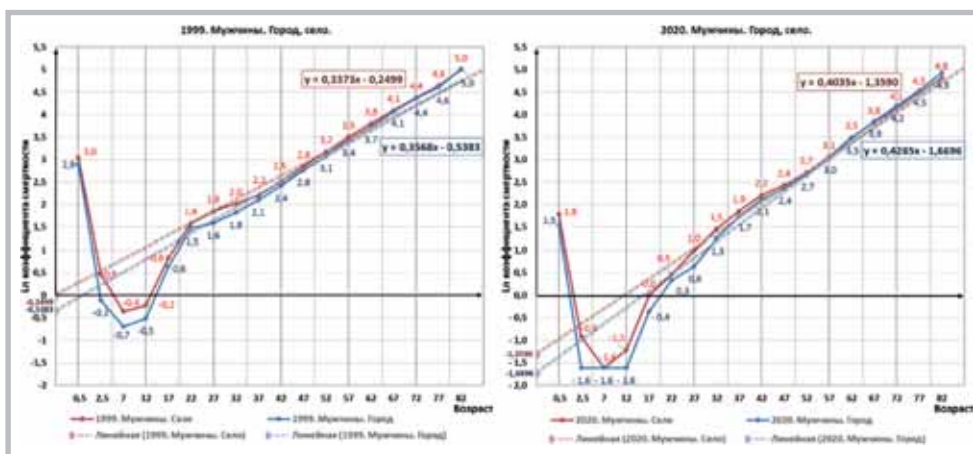
где  $Ax$  характеризует скорость возрастания интенсивности смертности в данных условиях,  $\ln(R)$  — параметр, который отражает влияние окружающих условий на смертность [5].

Далее использована корреляция Стрелера–Милдвана, которая показывает взаимосвязь параметров уравнения (2). Между  $R$  и  $Ax$  была установлена обратная корреляция.

Для того чтобы показать, как измерение старения по-могает осознать влияние внешней среды на процесс ста-

рения, было изучено изменение возрастной смертности в городе и селе за исторический период (последние 20 лет) в РФ. Этим мы хотим показать применимость кинетического метода измерения возрастной смертности для изучения влияния среды на процесс старения людей.

Были использованы данные коэффициента смертности с 1999 по 2020 гг. и прологарифмированы для каждой возрастной категории, затем сопоставлены  $\ln$  коэффициента смертности в городе и селе за каждый год для получения линейного уравнения [12]. Параметры линейных уравнений за каждый рассматриваемый год были нанесены на один график для сравнения результатов по городскому и сельскому населению.



**Рис. 1.** Зависимость натурального логарифма коэффициента смертности от возраста для мужчин в городе и селе в 1999 и 2020 гг.

**Fig. 1.** Relationship of the natural logarithm of age-related death rate for urban and rural males in 1999 and 2020

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования возрастной смертности мужчин РФ представлены на рис. 1, на котором показаны зависимости натурального логарифма возрастных коэффициентов смертности (число умерших на 1000 человек населения соответствующего пола) от возраста для городского и сельского населения за 1999 и 2020 гг. [12]. Данные действия были проведены для каждого рассматриваемого года (с 1999 по 2020 гг.).

Отчетливо видно, что исследуемые зависимости после возрастной группы 22 года (интервал 20–24 года) с высокой точностью соответствуют уравнению Гомпертца (1). Резкое увеличение смертности в возрастном интервале 7–22 лет, как известно, связано со скачком смертности от «несчастных случаев» в период становления и не обусловлено возрастными патологиями (болезнями системы кровообращения и злокачественными новообразованиями) [6].

Во всех возрастных интервалах с 1999 г. по 2020 г. наблюдается снижение логарифма коэффициента смертности и сдвиг линии регрессии. Из этого можно сделать вывод о том, что заметное снижение смертности всех возрастных групп указывает на улучшение внешних условий среды в этот исторический период (то есть уменьшение  $\ln(R)$  [исходной смертности] и увеличение  $Ax$  [скорости возрастной смертности]) (рис. 2).

Для того чтобы выявить возможное влияние внешних условий на биологические процессы старения, проведен расчет корреляции Стрелера–Милдвана. Полученные значения параметров аппроксимирующих уравнений нанесены на график, где по оси абсцисс отложены значения скорости возрастания интенсивности смертности ( $Ax$ ), по оси ординат –  $\ln(R)$  – «средовая смертность», которая характеризует условия жизни (рис. 3). Из рис. 3 следует, что почти все значения параметров соответствуют корреляции Стрелера–Милдвана [9, 14].

Наибольший интерес представляет сопоставление возрастной смертности в городе и на селе, то есть влияние урбанизации на биологическое (физическое) старение. В течение всего рассматриваемого периода времени (1999–2020 гг.) в каждый данный момент (год) общая смертность на селе была достоверно выше, чем в городе. То есть значение изначальной смертности  $\ln(R)$  на селе в каждый рассматриваемый год выше. Возрастная же смертность с 7 лет, за редким исключением, и линии регрессии (см. рис. 1) демонстрируют также повышенную смертность на селе.

Исследование корреляции Стрелера–Милдвана параметров аппроксимирующих уравнений в городе и селе у мужчин с 1999 по 2020 гг. показало, что эволюция снижения смертности на селе проходит по тем же этапам, что и в городе с опозданием 8–10 лет (см. рис. 3). Это означает, что биологические

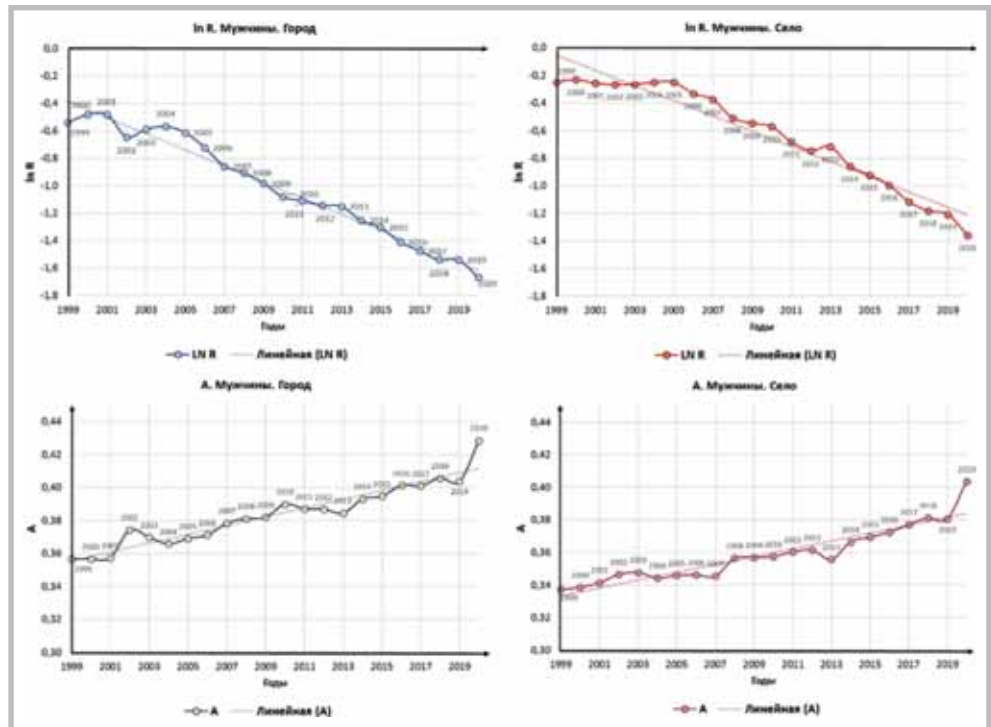


Рис. 2. Параметры аппроксимирующих уравнений ( $\ln(R)$ ,  $Ax$ ) возрастной смертности мужчин в городе и в селе в 1999–2020 гг.

Fig. 2. Parameters of approximating equations ( $\ln(R)$ ,  $Ax$ ) for age-related death rate for urban and rural males in 1999–2020

процессы у мужчин в городе и селе одинаковые, а улучшения условий среды запаздывают на 10 лет.

Также выделяется резкое изменение продолжительности жизни и возрастной смертности в 2020 г., вероятно, из-за изменений условий жизни.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного математического анализа можно сделать вывод о том, что продолжительность жизни



Рис. 3. Корреляция Стрелера–Милдвана параметров уравнений Гомпертца, аппроксимирующих возрастную смертность мужчин в городе и в селе в 1999–2020 гг.

Fig. 3. Strehler–Mildvan correlation of parameters of the Gompertz equations approximating the age-related death rates in urban and rural males in 1999–2020

ни в городской среде выше, чем в сельской местности, несмотря на наличие негативных факторов, присутствующих для людей пожилого возраста в городе. Поэтому необходимо создавать среду, дружественную долголетию, при этом используя математическое обоснование для объективной оценки влияния факторов на показатели продолжительности жизни, так как демографические показатели достоверно отражают реально происходящие процессы в городе и в селе.

В соответствии с методологией ООН, благоприятная городская среда должна включать в себя [11]: безбарьерные общественные пространства и здания, доступные и удобные для людей; общественный транспорт и мобильность; комфортные жилищные условия; участие в жизни общества, то есть преодоление одиночества и вовлечение в социально активную жизнь; социальную инклюзию и отсутствие эйджизма; гражданскую активность и занятость; коммуникацию и информирование; услуги здравоохранения.

\*\*\*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Исследование не имело финансовой поддержки.*

## Литература

1. Агаширинова В.Ю. Урбанизация как сложное комплексное явление. *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*. 2019; 8: 178–91.
2. Гаврилов Л.А., Гаврилова Н.С. Биология продолжительности жизни: количественные аспекты. М.: Наука, 1986.
3. Ильницкий А.Н. Эйджизм и здоровое старение. *Геронтология*. 2021; 9 (2).
4. Ильницкий А.Н., Потапов В.Н., Процаев К.И. и др. Актуальные вопросы социальной геронтологии: Возрастная жизнеспособность. *Геронтология*. 2019; 7 (4).
5. Мамаев В.Б. Доказательная геронтология: вчера, сегодня, завтра. Московское общество испытателей природы при МГУ им. М.В. Ломоносова. Доклады МОИП Секция Геронтологии, Т. 67. М.: МОИП, 2020; с. 9–40.
6. Мамаев В.Б., Наджарян Т.Л. Кинетический анализ смертности. Подход к созданию количественной геронтологии. Итоги науки и техники. Серия «Общие проблемы биологии». Том 6. Популяционная геронтология. Ред. Е.Б. Бурлакова, Л.А. Гаврилов. М.: ВИНТИ, 1987; с. 106–54, 130–2.
7. Романычев И.С. Пожилые человек и городская среда: противоречия социальной адаптации. *European Science Review*. 2014; 1-2: 143–53.
8. Дедов, Д. Мукайлов Н., Евтухин И. Качество жизни и прогноз у больных АГ и ИБС с фибрилляцией предсердий. *Врач*. 2013; 7: 72–4.
9. Стрелер Б. Время, клетки и старение. М.: Мир, 1964; 272 с.
10. ГОСТ Р 52495-2005. Национальный стандарт Российской Федерации. Социальное обслуживание населения. Термины и определения (утв. Приказом Ростехрегулирования от 30.12.2005 №532-ст) (ред. от 17.10.2013). GOST R 52495-2005.
11. ВОЗ. Благоприятные условия для жизни людей старшего возраста в Европе, 2021. URL: <https://www.euro.who.int/ru/health-topics/Life-stages/healthy-ageing/publications>
12. Росстат. Официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13877>
13. Федеральная служба государственной статистики. Официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: [https://www.gks.ru/bgd/free/B99\\_10/IssWWW.exe/Stg/d000/i000050r.htm](https://www.gks.ru/bgd/free/B99_10/IssWWW.exe/Stg/d000/i000050r.htm)
14. Streler B.L., Mildvan A.S. General theory of mortality and aging. *Science*. 1960; 132: 14–21. DOI: 10.1126/science.132.3418.14

15. United Nations, World Population Prospects 2019 Available at: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/> [Accessed 15 March, 2022].

## References

1. Agashirina V.Yu. Urbanization as a complex complex phenomenon. *Innovatsionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya*. 2019; 8: 178–91 (in Russ.).
2. Gavrilov L.A., Gavrilova N.S. *Biologiya prodolzhitel'nosti zhizni: kolichestvennyye aspekty*. M.: Nauka, 1986 (in Russ.).
3. Il'nitskiy A.N. Ageism and healthy aging. *Gerontology*. 2021; 9 (2) (in Russ.).
4. Il'nitskiy A.N., Potapov V.N., Prashchayev K.I. et al. Topical issues of social gerontology: focus on resilience. *Gerontology*. 2019; 7 (4). (in Russ.).
5. Mamaev V.B. Dokazatel'naya gerontologiya: vchera, segodnya, zavtra. Moskovskoe obshchestvo ispytatelei prirody pri MGU im. M.V. Lomonosova. Doklady MOIP Sektsiya Gerontologii, T. 67. M.: MOIP, 2020; s. 9–40 (in Russ.).
6. Mamaev V.B., Nadzharyan T.L. Kineticheskiy analiz smertnosti. Podkhod k sozdaniyu kolichestvennoy gerontologii. Itogi nauki i tekhniki. Seriya «Obshchie problemy biologii». Tom 6. Populyatsionnaya gerontologiya. Red. E.B. Burlakova, L.A. Gavrilov. M.: VINITI, 1987; s. 106–54, 130–2 (in Russ.).
7. Romanychev I.S. The elderly and the urban environment: the contradictions of social adaptation. *European Science Review*. 2014; 1-2: 143–53 (in Russ.).
8. Dedov, D. Mukailov N., Evtyukhin I. Quality of life and prognosis in patients with AH and CHD with atrial fibrillation. *Vrach*. 2013; 7: 72–4 (in Russ.).
9. Streler B. *Vremya, kletki i starenie*. M.: Mir, 1964; 272 s. (in Russ.).
10. Natsional'nyi standart Rossiiskoi Federatsii. Sotsial'noe obsluzhivanie naseleniya. Terminy i opredeleniya (utv. Prikazom Rostekhregulirovaniya ot 30.12.2005 №532-st) (red. ot 17.10.2013) (in Russ.).
11. WHO. Age-friendly environments in Europe. A handbook of domains for policy action, 2021 (in Russ.). URL: <https://www.euro.who.int/ru/health-topics/Life-stages/healthy-ageing/publications>
12. Rosstat. Federal State Statistics Service (in Russ.). URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13877>
13. Federal State Statistics Service (in Russ.). URL: [https://www.gks.ru/bgd/free/B99\\_10/IssWWW.exe/Stg/d000/i000050r.htm](https://www.gks.ru/bgd/free/B99_10/IssWWW.exe/Stg/d000/i000050r.htm)
14. Streler B.L., Mildvan A.S. General theory of mortality and aging. *Science*. 1960; 132: 14–21. DOI: 10.1126/science.132.3418.14
15. United Nations, World Population Prospects 2019 Available at: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/> [Accessed 15 March, 2022].

## THE AGE-FRIENDLY ENVIRONMENT: MATHEMATICAL SUBSTANTIATION OF A NEW PREVENTIVE AREA IN GERONTOLOGY AND GERIATRICS

*E. Mamaeva; V. Mamaev, Candidate of Biological Sciences; Professor A. Il'nitski, MD Academy of Postgraduate Education, Federal Research and Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technologies, Federal Biomedical Agency of Russia, Moscow*

*The paper considers scientific approaches to developing methods to search for means and conditions for the creation of an age-friendly environment. Given the importance of identifying the positive impact of environmental factors on active longevity, the authors have proceeded from the need to quantify aging and its features.*

**Key words:** geriatrics, gerontology, aging, demographic aging, life expectancy, mortality rate, probability of death, viability, urbanization, age-friendly environment.

**For citation:** Mamaeva E., Mamaev V., Il'nitski A. The age-friendly environment: mathematical substantiation of a new preventive area in gerontology and geriatrics. *Vrach*. 2022; 33 (10): 47–50. <https://doi.org/10.29296/25877305-2022-10-09>

**Об авторах/About the authors:** Il'nitski A.N. ORCID: 0000-0002-1090-4850