

Будилова Е.В.¹⁾, Лагутин М.Б.²⁾

1) МГУ имени М.В. Ломоносова, биологический факультет, каф. экологии и географии растений, 119234, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, Москва, Россия;

2) МГУ имени М.В. Ломоносова, механико-математический факультет, кафедра математической статистики и случайных процессов, 119234, Ленинские горы, д. 1, Москва, Россия

СВЯЗЬ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ГОРОДАХ РОССИИ

Введение. Рассматривается связь общих коэффициентов рождаемости и смертности, а также коэффициента жизненности и индекса старения с экологическими факторами в 174 городах России.

Материалы и методы. Источником информации по рождаемости и смертности служили данные Росстата по 174 городам РФ с населением более 100 тысяч человек за 2014-2016 гг. Коэффициент жизненности рассчитывали, как отношение общего коэффициента рождаемости к общему коэффициенту смертности. Индекс старения – как отношение удельного веса населения старше трудоспособного возраста к удельному весу населения моложе трудоспособного возраста, умноженное на 100. Источниками информации по экологическим факторам служили Ежегодники состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России за этот же период. Связи между демографическими показателями здоровья и экологическими факторами исследовали методом корреляционного анализа. Для сравнения городов с разным уровнем загрязнения по показателям рождаемости, смертности, коэффициенту жизненности и индексу старения использовали непараметрический дисперсионный анализ.

Результаты и обсуждение. Сравнение групп городов с разным уровнем загрязнения атмосферы по общему коэффициенту рождаемости и коэффициенту жизненности выявило значимые различия между группами в 2014 г. (уровни значимости равны 0,018 и 0,025 соответственно) и их отсутствие в 2015 и 2016 годах. При этом в группах городов с ростом уровня загрязнения атмосферного воздуха отмечается повышение медианных значений общих коэффициентов рождаемости и коэффициентов жизненности.

Сравнение групп городов по индексу старения выявило значимую неоднородность групп с разными уровнями загрязнения атмосферы в 2014, 2015, 2016 годах: уровни значимости равны 0,0007; 0,005; 0,002 соответственно. В группах городов с ростом уровня загрязнения воздуха медианное значение индекса старения понижается.

Заключение. Анализ связи демографических показателей популяционного здоровья с уровнем загрязнения атмосферы показал: более чувствительны к уровню загрязнения воздуха такие показатели, как общий коэффициент рождаемости, коэффициент жизненности и индекс старения. В группах городов с увеличением уровня загрязнения атмосферного воздуха растут медианные значения общего коэффициента рождаемости и коэффициента жизненности, а медианные значения индекса старения снижаются. Полученные результаты согласуются с положениями теории эволюции жизненного цикла.

Ключевые слова: рождаемость; смертность; коэффициент жизненности; индекс старения; загрязнение атмосферы; эволюция жизненного цикла

Введение

В Российской Федерации большая часть населения (74,95%, на 2019 г.) проживает в городах¹. Однако в составе населения федеральных округов РФ численность городского населения неодинакова: в Центральном ФО доля городского населения составляет 82,3%, в Северо-Западном – 84,5%, Южном – 62,7%, Северо-Кавказском – 50,1%, Приволжском – 72,09%, Уральском – 81,5%, Сибирском – 74,3% и Дальневосточном – 72,9%.

На территории России на начало 2018 г. насчитывалось 1114 городов (в 2020 г. – 1117 городов). На основании свода правил «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» Минстроя Российской Федерации² в России принята следующая классификация городов: крупнейшие (с населением свыше 1 млн человек), крупные (от 250 тыс. человек до 1 млн, которые имеют две подкатегории – от 250 тыс. человек до 500 тыс. человек и от 500 тыс. человек до 1 млн человек), большие (от 100 тыс. человек до 250 тыс. человек), средние (от 50 тыс. человек до 100 тыс. человек) и малые (до 50 тыс. человек). Малые города также имеют три подкатегории. Городское население России на начало 2018 г. распределялось по типам городов следующим образом: крупнейшие города – 32,7%; крупные от 500 тыс. до 1 млн человек – 13,3%; крупные от 250 тыс. до 500 тыс. человек – 14,2%; большие – 13,9%; средние – 10,3%, малые – 15,6%.

Характер распределения населения по городским и сельским территориям существенно влияет на такие демографические показатели, как рождаемость и смертность населения, а также уровень популяционного здоровья [например, Пациорковский, 2010; Будилова с соавт., 2019; Федотова, Горбачева, 2020]. Популяционное здоровье горожан зависит от многих факторов: экологических (в том числе, природно-климатических), социально-экономических, качества городской среды, культурно-поведенческих стереотипов [например, Ревич,

Малеев, 2011; Рыбаков, 2014; Будилова с соавт., 2019, 2021; Негашева с соавт., 2020; Review..., 2013, Boland, 2018].

По оценкам Всемирной организации здравоохранения³ в 2012 г. из-за воздействия на здоровье загрязненного атмосферного воздуха умерли примерно 3,7 миллиона человек во всем мире. Общее количество смертей, связанных с воздействием загрязненного воздуха, как в атмосфере, так и в помещениях, достигает 7 миллионов в год. Этот показатель более, чем вдвое, превышает предшествующие оценки и подтверждает, что в настоящее время загрязнение воздуха является самым крупным в мире экологическим риском для здоровья, при этом, наиболее уязвимые категории населения – дети и пожилые люди.

За последние годы накоплен значительный объем научной информации о неблагоприятных последствиях для здоровья жителей городов содержащихся в воздухе взвешенных твердых частиц, озона, диоксидов азота и серы, ароматических углеводородов и многих других веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий и транспорта [Air..., 2020].

В частности, в [Sierra-Vargas, Teran, 2012] представлены доказательства воздействия загрязняющих воздух веществ на пациентов с ограничениями дыхательной функции: озон и пылевые частицы могут запускать симптомы астмы или приводить к преждевременной смерти, особенно пожилых людей с уже существующими респираторными или сердечно-сосудистыми заболеваниями. Кроме того, загрязняющие вещества усиливают выделение аллергенной пыльцы, что приводит к увеличению распространения астмы.

В работе Д.С. Рыбакова [Рыбаков, 2014] показана статистическая связь между количеством выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ и параметрами смертности населения г. Петрозаводска: общая смертность, смертность от болезней системы кровообращения и внешних

¹ Росстат. Официальная статистика. Демография // <https://showdata.gks.ru/report/278932/> (дата обращения 28.02.2020).

² Свод правил СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89.

³ Качество атмосферного воздуха и здоровье. Электронный ресурс. URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения – 05.08.2021). Kachestvo atmosfemogo vozduha i zdorov'e. Available at: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). Accessed 05.08.2021.

причин связаны с присутствием в выбросах диоксида серы и оксида углерода, а смертность от новообразований – с выбросами оксидов азота.

В отчете Европейского центра ВОЗ по окружающей среде и здоровью [Review..., 2013] приводятся научные данные о влиянии загрязняющих веществ (твердых частиц, озона, диоксида азота, диоксида серы, полициклических ароматических углеводородов и других), вызывающих различные заболевания жителей городов даже в концентрациях, ниже допустимых. Загрязненный атмосферный воздух городов увеличивает, в первую очередь, риски заболеваемости населения сердечно-сосудистыми, онкологическими, респираторными болезнями. Исследования *in vitro* и *in vivo* показывают, что загрязнители воздуха могут действовать как эндокринные разрушители, способствовать окислительному стрессу и оказывать генотоксический эффект [Conforti et al., 2018].

Исследование, проведенное среди английской национальной когорты (836 557 пациентов в возрасте от 40 до 89 лет), обнаружило доказательства связи долгосрочного воздействия твердых частиц и диоксида азота с развитием сердечной недостаточности [Atkinson et al., 2013].

В 2017 г. была опубликована статья группы ученых под руководством профессора Калеба Финча, посвященная связи загрязненного атмосферного воздуха с развитием нейродегенеративных заболеваний [Cacciottolo et al., 2017]. Проведенные исследования показали, что у пожилых женщин, живущих в регионах с максимально высоким уровнем загрязнения воздуха, риск глобального снижения умственных способностей повышен на 81%, а риск развития болезни Альцгеймера и других деменций – на 92% по сравнению с теми, кто живет вдали от городов и промышленных зон. Согласно оценке авторов работы, загрязнение воздуха может быть ответственно примерно за 21% случаев деменции в популяции. Эти результаты были получены с учетом множества сопутствующих факторов, таких, как социоэкономический статус, образ жизни, общее состояние здоровья и другие.

На основе изучения данных о заболеваемости населения 82 субъектов РФ в 2005-2013 гг. выявлена значимая статистическая связь заболеваемости новообразованиями с за-

грязнением окружающей среды выбросами от стационарных источников [Будилова с соавт., 2017], что подтверждает существенное влияние загрязняющих окружающую среду веществ на развитие новообразований, поскольку большинство из них иницируют и стимулируют рост раковых клеток [Kampa, Castanas, 2008].

Здоровье человека в значительной степени определяется состоянием его иммунной системы, ее способностью противостоять внешним и внутренним отрицательным воздействиям. В исследовании В.А. Черешнева [Черешнев, 2000] изучались особенности функционирования иммунной системы взрослых и детей в условиях загрязненной промышленными отходами окружающей среды. Исследовались численности Т- и В-лимфоцитов, активность фагоцитоза и уровни иммуноглобулинов всех классов. В частности, было показано, что у обследованных нефтяников по сравнению с группой здоровых взрослых мужчин, проживающих в экологически благополучном районе г. Перми, было обнаружено тотальное снижение численности Т- и В-лимфоцитов, угнетение активности фагоцитоза и повышение уровня иммуноглобулинов всех классов. На основании проведенных многолетних клинических и экспериментальных исследований авторы делают вывод, что экологические факторы существенно влияют на функционирование иммунной системы и могут приводить к развитию экологически обусловленного вторичного иммунодефицитного состояния.

Известно также, что барьерные и антимикробные свойства кожи и слизистых оболочек человека, конкурентная активность его нормальной микрофлоры чувствительны к факторам окружающей среды [Баранов с соавт., 1998]. В работе А.А. Троценко с соавторами [Троценко с соавт., 2010 а, б, в, 2013] на данных специальных обследований изучался иммунный статус жителей Республики Карелия и Мурманской области (1513 человек из девятнадцати населенных пунктов с разным развитием промышленности). Было выявлено, что неспецифический иммунитет жителей в Мурманской области в среднем существенно выше, чем в Республике Карелия. Проведенный анализ показал, что региональные различия в уровне неспецифического иммунитета в значительной мере зависят как от климатических, так и демографических факторов (возраста и миграционного статуса). Загрязнение

окружающей среды промышленными отходами является дополнительным фактором снижения иммунитета.

В ряде работ сообщается о потенциально вредном влиянии загрязненного воздуха на репродуктивную функцию человека [Vizcaino et al., 2016; Conforti et al., 2018].

Таким образом, многочисленные исследования последних лет свидетельствуют о неблагоприятных последствиях для здоровья населения загрязненного атмосферного воздуха.

В данной работе рассматривается влияние загрязнения атмосферы на демографические характеристики популяционного здоровья жителей 174 российских городов.

Материалы и методы

Источником информации по демографическим показателям здоровья жителей городов России служили сборники Росстата «Регионы России. Основные социально-экономические показатели городов». В издании, в частности, представлена информация о демографических характеристиках и социально-экономическом положении городов с численностью населения свыше 100 тысяч человек. Эти сборники издаются с периодичностью один раз в два года. Поскольку на момент проведения исследования были опубликованы данные по городам только до 2017 г., в наших расчетах использовались значения показателей за 2014-2016 гг., чтобы учесть влияние небольшой динамики этих показателей. Было отобрано 174 города, в которых на момент исследования население составляло более 100 тысяч человек.

В качестве демографических показателей здоровья использовали число родившихся на 1000 человек населения (общий коэффициент рождаемости), число умерших на 1000 человек населения (общий коэффициент смертности), а также расчетные показатели – индекс старения и коэффициент жизненности. Индекс старения рассчитывается как отношение удельного веса населения старше трудоспособного возраста к удельному весу населения моложе трудоспособного возраста, умноженное на 100. Коэффициент жизненности рассчитывается как отношение числа родившихся к числу умерших за

определенный период времени (обычно за год), и характеризует воспроизводство населения. Если коэффициент жизненности меньше 1, то происходит депопуляция населения, если больше 1 – то численность населения увеличивается. Такие показатели, как общая заболеваемость, инвалидность, заболеваемость по классам болезней, а также заболеваемость социально значимыми болезнями Росстат представляет только по стране в целом, федеральным округам и субъектам РФ, а для городов в доступных материалах Росстата такие показатели отсутствуют.

Источниками информации по экологическим факторам служили «Ежегодники состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России» за тот же период, т.е. за 2014–2016 гг. [Ежегодники..., 2015, 2016, 2017]. Эти ежегодники издаются Главной геофизической обсерваторией имени А.И. Воейкова (ФГБУ «ГГО») и содержат сведения по загрязнению атмосферного воздуха в населенных пунктах Российской Федерации (по данным государственной наблюдательной сети Росгидромета, а также Роспотребнадзора и локальных систем мониторинга предприятий).

В нашем исследовании были использованы как качественные, так и количественные показатели загрязнения воздуха.

Качественные показатели загрязнения воздуха формируются из количественных показателей, но носят обобщающий, сравнительный характер. К этим показателям относятся: уровень загрязнения воздуха (низкий, повышенный, высокий, очень высокий), стандартный индекс (СИ), среднегодовая концентрация, превышающая предельно допустимую (ПДК)⁴.

Количественные показатели – это средняя концентрация примеси в воздухе, мг/м³ или мкг/м³ (qср); среднее квадратическое отклонение, мг/м³ или мкг/м³ (σср); максимальная (измеренная за 20 мин) разовая концентрация примеси, мг/м³ или

⁴ Предельно допустимая концентрация примеси для населенных мест (ПДК) устанавливается Главным санитарным врачом Российской Федерации [«Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест». Гигиенические нормативы. ГН 2.1.6.1338-03. М., 2003; 11 дополнений и 2 постановления к ГН].

мкг/м³ (qm). Загрязнение воздуха определяется по значениям средних и максимальных разовых концентраций примесей, а степень загрязнения оценивается при сравнении фактических концентраций с предельно допустимыми. Средние концентрации сравниваются с ПДК среднесуточными (ПДКс.с.) и годовыми (ПДКгод), максимальные из разовых концентраций – с ПДК максимальными разовыми (ПДКм.р.). Также используются обязательные статистические характеристики загрязнения воздуха: повторяемость, %, разовых концентраций примеси в воздухе выше ПДК данной примеси (g); повторяемость, %, разовых концентраций примеси в воздухе выше 5 ПДК (g1); число случаев концентраций примесей в воздухе, превышающих 10 ПДК. Для оценки степени загрязнения воздуха используются также расчетные показатели: комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), стандартный индекс (СИ), наибольшая повторяемость (НП, в процентах) превышения максимальной разовой ПДК по данным наблюдений за одной примесью на всех постах территории за месяц или за год.

ИЗА учитывает несколько примесей, рассчитывается по значениям среднегодовых концентраций примесей и характеризует уровень хронического, длительного загрязнения воздуха. В информационных документах для оценки уровня загрязнения воздуха используется комплексный ИЗА для пяти загрязняющих веществ (в расчет включаются вещества с наибольшими нормированными значениями ПДК и с учетом их класса опасности).

СИ – это наибольшая измеренная разовая концентрация отдельной примеси, деленная на максимальную разовую ПДК. Он определяется из данных наблюдений за примесями за месяц или год и характеризует степень кратковременного загрязнения.

Таким образом, в работе рассматривались четыре уровня загрязнения воздуха, которые определялись по следующему правилу: низкий (Н) – при ИЗА ≤ 5, СИ < 5, НП < 20%; повышенный (П) – при ИЗА от 5 до 6, СИ < 5, НП < 20%; высокий (В) – при ИЗА от 7 до 13, СИ от 5 до 10, НП от 20 до 50%; очень высокий (ОВ) – при ИЗА равном или больше 14, СИ > 10, НП > 50%.

Количественные показатели загрязнения воздуха были представлены суммарными выбросами вредных веществ в атмосферу (тыс. т в год)

для твердых веществ (ТВ), диоксида серы (SO₂), диоксида азота (NO₂) и оксида углерода (CO).

Поскольку почти все показатели здоровья и независимые факторы имеют сильно асимметричное распределение, в качестве меры связи во всех расчетах использовали ранговый коэффициент корреляции Спирмена. Для сравнения групп городов с разным уровнем загрязнения по показателям рождаемости, смертности, индекса старения и коэффициента жизнестойкости использовали непараметрический дисперсионный анализ. Для проверки значимости различий групп городов применялся ранговый критерий Краскела – Уоллиса. При всех расчетах использовали программы пакета статистических программ Statistica 8.0.

Результаты

Сравнение групп городов по комплексному уровню загрязнения воздуха

Распределение 174 городов по комплексному уровню загрязнения воздуха приведено в таблице 1. В 2014 г. в число городов с очень высоким уровнем загрязнения (ОВ) вошли 11 городов, с высоким (В) – 18, с повышенным (П) – 47 и низким (Н) – 45. В остальных 53 городах уровень загрязнения не определялся из-за недостаточного количества наблюдений. В 2015 г. число городов с очень высоким уровнем загрязнения снизилось до 5, а в 2016 г. возросло до 9 городов (табл. 1).

В группу городов с очень высоким уровнем загрязнения воздуха в 2014 г. вошли: Челябинск (Челябинская область, Уральский ФО), Улан-Уде (Республика Бурятия, Сибирский ФО⁵), Кызыл (Республика Тыва, Сибирский ФО), Чита (Забайкальский край, Сибирский ФО⁶), Красноярск (Красноярский край, Сибирский ФО), Норильск (Красноярский край, Сибирский ФО), Иркутск (Иркутская область, Сибирский ФО), Братск (Иркутская область, Сибирский ФО), Новокузнецк (Кемеровская область, Сибирский ФО), Благовещенск (Амурская область, Дальневосточный ФО), Южно-Сахалинск (Сахалинская область, Дальневосточный ФО). В 2015 г. в этой группе остались 5 городов: Улан-

⁵ В 2018 г. вышла из состава Сибирского ФО и вошла в состав Дальневосточного.

⁶ В 2018 г. вышла из состава Сибирского ФО и вошла в состав Дальневосточного.

Таблица 1. Распределение городов по уровню загрязнения воздуха
Table 1. Distribution of cities by levels of air pollution

Уровень загрязнения	Число городов			Численность населения, млн чел.			Доля от всего городского населения, %		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
ОВ	11	5	9	5,123	1,302	3,584	6,92	1,75	4,68
В	18	23	21	14,660	16,580	12,520	19,81	22,22	16,34
П	47	25	21	35,430	25,300	26,180	47,87	33,92	34,17
Н	45	70	71	11,840	24,980	26,350	16,00	33,49	34,39
Не определено	53	51	52	6,954	6,427	7,984	9,40	8,62	10,42

Примечания. Уровни загрязнения: Н – низкий, П – повышенный, В – высокий, ОВ – очень высокий.
 Notes. Levels of air pollution: N – low, P – low high, H – high, RH – very high.

Уде, Кызыл, Чита, Норильск и Братск, а в 2016 г. снова в нее вошли Красноярск, Новокузнецк и Благовещенск, а также добавились два новых города – Магнитогорск (Челябинская область, Уральский ФО) и Ангарск (Иркутская область, Сибирский ФО).

В группу городов с высоким уровнем загрязнения воздуха вошли города из всех федеральных округов, кроме городов из ЮФО.

В группе городов с повышенным уровнем загрязнения воздуха также присутствовали города из всех округов, кроме городов из Северо-Кавказского округа. Наибольшее число городов в этой группе (17 городов) – из Приволжского ФО.

В группу городов с низким уровнем загрязнения воздуха вошли города из всех восьми округов, при этом больше всего городов (16 городов) – из Центрального ФО.

Группы городов с разным уровнем загрязнения воздуха сравнивали по общим коэффициентам рождаемости и смертности, коэффициенту жизненности и индексу старения за период с 2014 г. по 2016 г. с помощью рангового критерия Краскела-Уоллеса.

По общему коэффициенту рождаемости в 2014 г. выявлена неоднородность групп на уровне значимости $p = 0,018$, медианные значения коэффициентов рождаемости: 12,0 (Н); 12,6 (П); 13,2 (В); 14,7 (ОВ). Однако в 2015 г. и 2016 г. значимое различие групп городов по этому показателю не выявлено: $p = 0,217$ (2015 г.), $p = 0,061$ (2016 г.). На рисунке 1 представлены диаграммы размахов общего коэффициента рождаемости для четырех групп городов с разным уровнем загрязнения воздуха. Видно, что в группах городов с ростом уров-

ня загрязнения воздуха повышается и медианное значение общего коэффициента рождаемости.

По общему коэффициенту смертности значимые отличия в группах городов с разными уровнями загрязнения воздуха не выявлены: уровни значимости равны 0,085 (2014 г.); 0,179 (2015 г.); 0,134 (2016 г.).

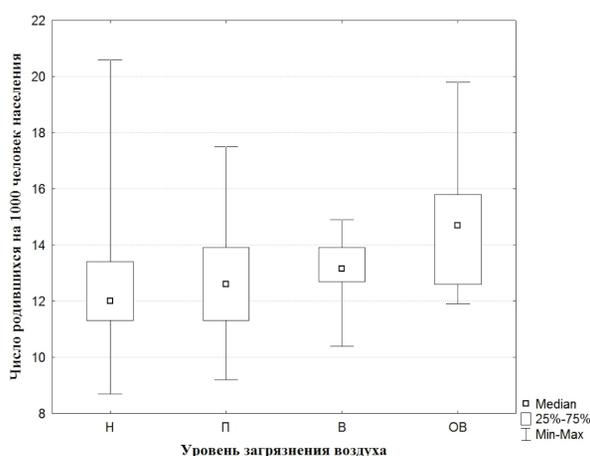


Рисунок 1. Различия общего коэффициента рождаемости для групп городов с разным уровнем загрязнения воздуха (2014 г.)
Figure 1. Differences in the total fertility rate ranges for groups of cities with different levels of air pollution (2014)

Примечания. Уровни загрязнения: Н – низкий, П – повышенный, В – высокий, ОВ – очень высокий.
 Notes. Levels of air pollution: Н – low, П – low high, В – high, ОВ – very high.

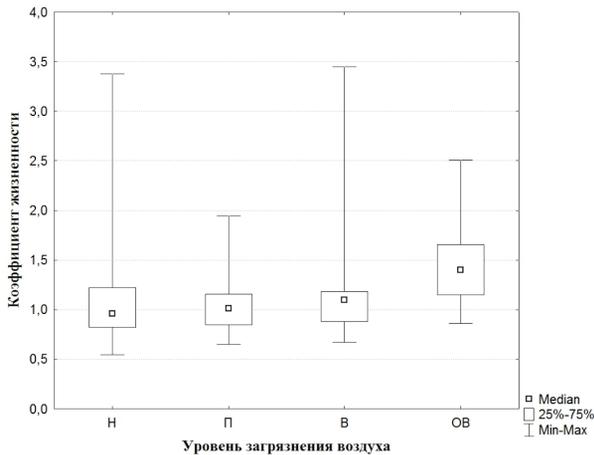


Рисунок 2. Различия коэффициента жизнениости для групп городов с разным уровнем загрязнения воздуха (2014 г.)

Figure 2. Differences in birth-death ratio for groups of cities with different levels of air pollution (2014)

Примечания. Уровни загрязнения: Н – низкий, П – повышенный, В – высокий, ОВ – очень высокий.

Notes. Levels of air pollution: Н – low, П – low high, В – high, ОВ – very high.

Сравнение групп городов с разным уровнем загрязнения воздуха по коэффициенту жизнениости выявило значимые различия в 2014 г. ($p = 0,025$) и отсутствие значимых различий между группами в 2015 г. ($p = 0,146$) и 2016 г. ($p = 0,081$).

На рисунке 2 представлены диаграммы размахов коэффициента жизнениости для четырех групп городов с разным уровнем загрязнения воздуха (2014 г.). Видно, что в группах городов с ростом уровня загрязнения воздуха повышается и медианное значение коэффициентов жизнениости: 0,96 (Н); 1,048 (П); 1,095 (В); 1,402 (ОВ).

Сравнение групп городов по индексу старения выявило значимую неоднородность групп с разными уровнями загрязнения в 2014, 2015, 2016 годах: уровни значимости равны 0,0007; 0,005; 0,002 соответственно. На рисунке 3 представлены диаграммы размахов индекса старения (2016 г.). Видно, что в группах городов с ростом уровня загрязнения воздуха понижается и медианное значение индекса старения: 143,1 (Н); 148,3 (П); 133,0 (В); 114,6 (ОВ).

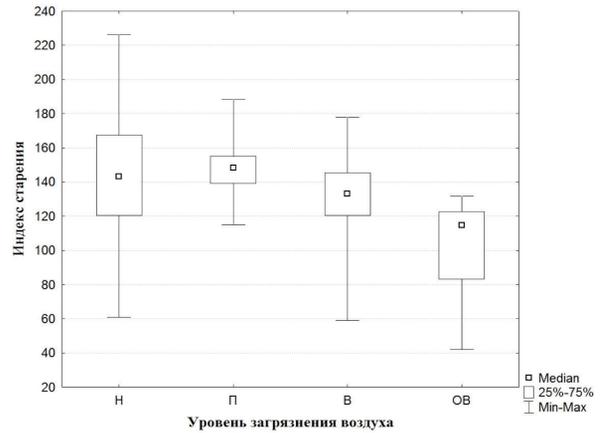


Рисунок 3. Различия индекса старения для групп городов с разным уровнем загрязнения воздуха (2016 г.)

Figure 3. Differences in aging index for groups of cities with different levels of air pollution (2016)

Примечания. Уровни загрязнения: Н – низкий, П – повышенный, В – высокий, ОВ – очень высокий.

Notes. Levels of air pollution: Н – low, П – low high, В – high, ОВ – very high.

Статистическая связь показателей популяционного здоровья с выбросами загрязняющих веществ

Количественные показатели загрязнения воздуха были представлены суммарными выбросами вредных веществ в атмосферу (тыс. т в год) для твердых веществ (ТВ), диоксида серы (SO_2), диоксида азота (NO_2) и оксида углерода (CO). Данные за 2014-2016 гг. были доступны для 123 городов. Поскольку показатели популяционного здоровья и выбросы вредных веществ имеют сильно асимметричное распределение, для оценки меры связи между ними использовался ранговый коэффициент корреляции Спирмена. Для учета временного тренда коэффициенты корреляции вычисляли для каждого года в отдельности. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Исследование показало, что показатели популяционного здоровья жителей городов России имеют разную степень связи с выбросами загрязняющих веществ. Выбросы диоксида азота и оксида углерода имели значимые отрицательные связи с общим коэффициентом смертности и положительные – с коэффициентом жизнениости для 2014 и 2016 г. В 2015 г. значимые связи между всеми типами выбросов и показателями популяционного здоровья отсутствовали. Для выбросов в атмосферу твердых

Таблица 2. Коэффициенты корреляции между показателями популяционного здоровья и выбросами загрязняющих веществ в атмосферу
Table 2. Correlation between indicators of population health and emissions of pollutants into the atmosphere

Выбросы загрязняющих веществ	Год	Общий коэффициент рождаемости	Общий коэффициент смертности	Коэффициент жизненности	Индекс старения
Твердые вещества	2014	нз	нз	нз	нз
	2015	нз	нз	нз	нз
	2016	нз	нз	нз	нз
Диоксид серы	2014	нз	нз	нз	нз
	2015	нз	нз	нз	нз
	2016	нз	нз	нз	нз
Диоксид азота	2014	нз	-0,23	0,23	нз
	2015	нз	нз	нз	нз
	2016	нз	-0,20	0,21	нз
Оксид углерода	2014	нз	-0,21	0,18	нз
	2015	нз	нз	нз	нз
	2016	0,18	-0,23	0,23	нз

Примечания. В качестве меры связи использовали ранговый коэффициент корреляции Спирмена, приведены коэффициенты корреляции, значимые на уровне 0,05; н – не значимы.

Notes. Spearman's rank correlation coefficient was used as a measure of dependence, shows the correlation coefficients significant at the level of 0.05; n – not significant.

веществ и диоксида серы значимые корреляционные связи с исследованными показателями популяционного здоровья в 2014-2016 гг. не выявлены.

Обсуждение

Проведенные ранее исследования показали, что города России, в которых проживает более 100 тысяч человек, демонстрируют существенную неоднородность по демографическим показателям здоровья [Будилова, Лагутин, 2020; Будилова с соавт., 2020], что позволило выделить пять типов городов по каждому из показателей рождаемости, смертности, коэффициента жизненности и индекса старения. С другой стороны, мы видим, что уровни загрязнения атмосферного воздуха в городах России также существенно отличаются. По комплексному показателю загрязнения воздуха выделяется четыре уровня загрязнения воздуха: низкий (Н), повышенный (П), высокий (В) и очень высокий (ОВ) [Ежегодник, 2015, 2016, 2017], при этом распределение городов по группам загрязнения воздуха неравномерное и зависит от года (в группе ОВ – 5-11 городов, в группе В – 18-23 города, в группе П – 21-47 городов, в группе Н – от 45 до 71 города). Например, в 2014 г. в группу городов с ОВ уровнем загрязнения воздуха входят, в основном, города Сибирского ФО (11 городов), а в группе городов с

низким уровнем загрязнения воздуха – преимущественно города Центрального (16), Приволжского (8) и Северо-Западного округов (7).

Проведенное исследование показало, что комплексный показатель загрязнения воздуха имеет значимую статистическую связь с общим коэффициентом рождаемости, коэффициентом жизненности и индексом старения. Связь показателя смертности населения и комплексного показателя загрязнения атмосферного воздуха (в данных пределах) оказалась статистически незначимой.

Также следует отметить, что в период с 2014 по 2016 г. статистические связи исследованных показателей с уровнем загрязнения атмосферы в разные годы отличались, что может быть связано с метеорологическими условиями, складывающимися в тот или иной год [Ежегодник, 2015, 2016, 2017]. Так, например, в 2014 г. отмечались особо неблагоприятные условия для рассеивания примесей, особенно в Азиатской части РФ, а в 2015 г., наоборот, наблюдалось резкое снижение уровня загрязнения атмосферы в городах, что объясняется заметным потеплением, поскольку 2015 г. в России стал самым теплым годом за всю историю наблюдений.

Рассмотрим подробнее влияние уровня загрязнения воздуха на показатель рождаемости, коэффициент жизненности и индекс старения.

Как показывают исследования, показатель рождаемости зависит от многих факторов [Демографическая модернизация..., 2006; Малева, Синявская, 2006; Гришина, 2008; Забаев с соавт., 2013; Тындик, 2013; Будилова, 2015; Антонов, 2017; Teriokhin et al., 2003; Heineck, 2012]: демографической структуры населения, социально-экономических, экологических и природно-климатических факторов, инфекционного пресса, религиозных представлений, моделей репродуктивного поведения, образа жизни (в частности, распространения алкоголизма).

В целом для России выявлены следующие значимые (на уровне $<0,001$) коэффициенты корреляции общего коэффициента рождаемости и различных факторов: территориальное положение (округ) – $R = 0,51$; доля городского населения – $R = -0,49$; доля населения пенсионного возраста – $R = -0,80$; размах температур января и июля – $R = 0,54$; сброс загрязненных сточных вод – $R = -0,27$; уровень бедности – $R = 0,38$ [Будилова, 2015].

Ранее методом множественного регрессионного анализа нами показана связь общего коэффициента рождаемости с независимыми факторами [Будилова, Лагутин, 2014]. В исследование были включены все субъекты РФ (за исключением, как крайне нетипичных, Чеченской Республики, Республики Алтай, Республики Тыва и Чукотского АО). Факторы «доля городского населения», «средняя температура января» и «число больных алкоголизмом» объясняли разброс рождаемости на 56%.

Как следует из теории эволюции жизненного цикла, рождаемость зависит от агрессивности окружающей среды: чем выше агрессивность среды, тем выше должна быть рождаемость [Roff, 1992; Stearns, 1992]. Действительно, применительно к человеку, методом эволюционно-оптимизационного моделирования было показано, что с увеличением агрессивности среды число детей, рожденных женщиной в течение ее репродуктивного периода, увеличивается [Teriokhin et al., 2003]. Статистический анализ глобальных данных для 131 страны, в котором учитывалось влияние инфекционного пресса (16 наиболее опасных инфекционных заболеваний), также подтвердил это положение: с увеличением инфекционного пресса женская плодовитость возрастала [Teriokhin et al., 2003].

В представленном исследовании для городов мы наблюдаем аналогичную картину: с увеличением уровня комплексного загрязнения атмосферы, то есть, с увеличением степени агрессивности среды, медианные значения общего коэффициента рождаемости растут (при $H = 12,0$; $P = 12,6$; $B =$

$13,5$; $OB = 14,7$). Этот результат подтверждает и увеличение коэффициента жизненности с ростом уровня загрязнения атмосферы. При этом, проведенный корреляционный анализ связи общего коэффициента рождаемости с отдельными выбросами в атмосферу четырех загрязняющих веществ (твердых веществ, диоксида серы, диоксида азота, оксида углерода) значимых связей не выявил.

Однако, казалось бы, такой несколько успокаивающий результат, весьма обманчив. Предыдущие наши исследования показывают, что с увеличением уровня загрязнения атмосферы растут общая заболеваемость, заболеваемость злокачественными образованиями, наркоманией [Будилова, 2015; Будилова с соавт., 2017, 2019]. Также показано, что в Сибирском ФО, где преимущественно расположены города с очень высоким уровнем загрязнения атмосферы, на фоне высокой общей рождаемости самый низкий индекс популяционного здоровья населения [Будилова с соавт., 2018].

Заключение

Результаты исследования показывают, что города РФ с населением более 100 тысяч жителей существенно различаются как по демографическим характеристикам популяционного здоровья населения, так и по уровню загрязнения атмосферного воздуха.

Статистически значимую связь с уровнем загрязнения воздуха имели такие показатели, как общий коэффициент рождаемости, коэффициент жизненности и индекс старения.

В группах городов с увеличением уровня загрязнения атмосферного воздуха растут медианные значения общего коэффициента рождаемости и коэффициента жизненности, а медианные значения индекса старения снижаются.

Полученные результаты согласуются с положениями теории эволюции жизненного цикла.

Благодарности

«Исследование выполнено в рамках научного проекта государственного задания МГУ № 121032500094-5, «Построение концептуальных и математических моделей зональных типов наземных экосистем».

Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды».

Библиография

- Антонов А.И. Динамика репродуктивных ориентаций и возможность реализации установок на число детей в случае активизации семейно-демографической политики (или отказа от этого) в 2018-2028 гг. // Демографическое образование и изучение народонаселения в университетах (к 50-летию кафедры народонаселения) (Девятые Валентеевские чтения). М.: Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 2017. 628 с. С. 209–216.
- Баранов А.А., Буянкин В.М., Гильденскиольд С.Р., Кучма В.Р., Щеплягина Л.А. Экологические и гигиенические проблемы здоровья детей и подростков / под ред. А.А. Баранова, Л.А. Щеплягиной. М.: Информатик, 1998. 333 с.
- Будилова Е.В. Эволюция жизненного цикла человека: анализ глобальных данных и моделирование. Дисс.... д-ра биол. наук. М., 2015, 257 с.
- Будилова Е.В., Лагутин М.Б. Рождаемость и смертность населения России в контексте эволюционно-экологического подхода // «Этнос и среда обитания. Сборник статей по этноэкологии». Вып. 4. / под ред. Н.И. Григулевич, Н.А. Дубовой (отв.ред), И.А. Субботиной, А.Н. Ямскава. М.: Старый сад, 2014. С. 246–263.
- Будилова Е.В., Лагутин М.Б. Типология городов России по демографическим показателям // III Рима-шевские чтения. Сбережение населения России: здоровье, занятость, уровень и качество жизни. Сборник материалов международной научно-практической конференции (Москва 27 марта 2020 г.) / отв. ред. Локосов В.В., ред. О.А. Ефанова). М.: ИСЭПН ФНИСЦ РАН, 2020. С. 15–22.
- Будилова Е.В., Лагутин М.Б., Мигранова Л.А. Возраст-зависимые заболевания и загрязнение окружающей среды // Клиническая геронтология, 2017. Т. 23. № 9-10. С. 8–9.
- Будилова Е.В., Лагутин М.Б., Мигранова Л.А. Динамика популяционного здоровья населения России в 2005-2016 гг. // Народонаселение, 2018. Т. 21. № 2. С. 99–109. DOI:10.26653/1561-7785-2018-21-2-08.
- Будилова Е.В., Лагутин М.Б., Мигранова Л.А. Влияние демографических и социально-экономических факторов на популяционное здоровье населения // Народонаселение, 2019. № 3. С. 80–92. DOI:10.24411/1561-7785-2019-00028.
- Будилова Е.В., Лагутин М.Б., Мигранова Л.А. Демографическое старение населения в городах России и его связь с заболеваемостью // Клиническая геронтология, 2020. Т. 26. № 11–12. С. 25–31.
- Будилова Е.В., Лагутин М.Б., Мигранова Л.А. Влияние качества городской среды на демографические показатели здоровья населения // Народонаселение, 2021. Т. 24. № 1. С. 44-53. DOI:10.19181/population.2021.24.1.5.
- Гришина О.В. Репродуктивное поведение родителей и их детей в России // Вестник Московского университета. Серия. 6. Экономика, 2008. № 6. С. 29–41.
- Демографическая модернизация России: 1900-2000. Под ред. А. Вишневого. М.: Новое издательство, 2006. 601 с.
- Ежегодник Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2014 г. Санкт-Петербург: ФГБУ «ГГО», 2015. 288 с. ISBN 978-5-9907420-9-3.
- Ежегодник Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2015 г. Санкт-Петербург: ФГБУ «ГГО», 2016. 255 с.
- Ежегодник Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2016 г. Санкт-Петербург: ФГБУ «ГГО», 2017. 228 с. ISBN 978-5-9500883-0-8.
- Забавев И.В., Мелкумян Е.Б., Орешина Д.А., Павлюткин И.В., Пруцкова Е.В. Влияние религиозной социализации и принадлежности к общине на рождаемость. Постановка проблемы // Демоскоп Weekly, 2013. № 553–554. Электронный ресурс. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2013/0553/analit03.php>. (Дата обращения – 03.04.2021).
- Малева Т., Синяевская О. Социально-экономические факторы рождаемости в России: эмпирические измерения и вызовы социальной политике // SPERO, 2006. № 5. С. 76–77.
- Негашева М.А., Хафизова А.А., Зимица С.Н., Синева И.М. Влияние социально-экономических и экологических факторов на секулярные изменения размеров тела современной молодежи (пилотное исследование на примере московской популяции) // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2020. №2. С. 87–107. DOI: 10.32521/2074-8132.2020.2.087-107.
- Пацюрковский В.В. Факторы демографического развития: пространственное размещение населения // Народонаселение, 2010. №4. С. 35–50.
- Ревич Б.А., Малеев В.В. Изменения климата и здоровье населения России: Анализ ситуации и прогнозные оценки. М.: ЛЕНАНД, 2011. 208 с. ISBN 978-5-9710-0333-5.
- Рыбаков Д. С. Статистическая оценка связи между показателями смертности и выбросами загрязняющих веществ в условиях урбанизации // Принципы экологии, 2014. № 1. С. 59–73. DOI: 10.15393/j1.art.2014.3361.
- Троценко А.А., Журавлева Н.Г., Будилова Е.В., Терехин А.Т. Влияние демографических и природно-климатических факторов на неспецифический иммунитет жителей Республики Карелия и Мурманской области // Народонаселение, 2010а. № 1. С. 113–119.
- Троценко А.А., Журавлева Н.Г., Терехин А.Т., Будилова Е.В., Матишов Г.Г. Анализ микрофлоры и показателей крови жителей в условиях разного уровня промышленного пресса // Вестник Южного научно-го центра РАН, 2010в. Т. 6. № 2. С. 70–80.
- Троценко А.А., Будилова Е.В., Журавлева Н.Г. Показатели резистентности организма человека как биоиндикатор качества окружающей среды // Доклады по экологическому почвоведению, 2013. Вып. 18, №1. С. 99–113.
- Тындик А.О. Репродуктивные установки населения в современной России // Демоскоп Weekly, 2013. № 553–554. Электронный ресурс. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2013/0553/analit01.php>. (Дата обращения - 03.04.2021).
- Федотова Т.К., Горбачева А.К. Соотносительный вклад антропогенных и природных факторов в фенотипическое многообразие соматических показателей в подростковом и юношеском возрасте (по материалам бывшего СССР) // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2020. № 4. С. 5–19. DOI: 10.32521/2074-8132.2020.4.005-019.

Черешнев В.А. Экология, иммунитет, здоровье // Известия Уральского государственного университета, 2000. №16. С.79-88. Электронный ресурс. URL: <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/23909/1/iurp-2000-16-18.pdf>. (Дата обращения 05.08.2021).

Сведения об авторах

Будилова Елена Вениаминовна, д.б.н.; ORCID ID: 0000-0003-0769-4570; evbudilova@mail.ru;

Лагутин Михаил Борисович, ORCID ID: 0000-0003-3778-4497; lagutinmb@mail.ru

Поступила в редакцию 16.08.2021,
принята к публикации 21.08.2021.

Budilova E.V. ¹⁾, Lagutin M.B. ²⁾

1) Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology,
Department of Plant Ecology and Geography, Leninskie Gory, 1, 12, Moscow, 119234, Russia

2) Lomonosov Moscow State University, Faculty of Mechanics and Mathematics,
Leninskie Gory, 1, Moscow, 119234, Russia

THE RELATIONSHIP BETWEEN DEMOGRAPHIC INDICATORS OF PUBLIC HEALTH AND ENVIRONMENTAL FACTORS IN RUSSIAN CITIES

Introduction. *The relationship between the total fertility and mortality rates, as well as the birth-death ratio and aging index with environmental factors in 174 cities of Russia is considered.*

Materials and methods. *The source of information on fertility and mortality was Russian Federal State Statistics Service data on 174 cities of the Russian Federation with a population of more than 100 thousand people for 2014-2016. The birth-death rate was calculated as the ratio of the total fertility rate to the total mortality rate. Aging index - as the ratio of the proportion of the population older than the working age to the proportion of the population younger than the working age, multiplied by 100. The sources of information on environmental factors were the Yearbooks of the state of air pollution in cities in Russia for the same period. The relationship between demographic health indicators and environmental factors was investigated using the method of correlation analysis. A nonparametric analysis of variance was used to compare cities with different levels of pollution in terms of fertility, mortality, birth-death and aging index.*

Results. *Comparison of groups of cities with different levels of air pollution in terms of the total fertility rate and the birth-death ratio revealed significant differences between the groups in 2014 (significance levels are 0.018 and 0.025, respectively) and their absence in 2015 and 2016. At the same time, in groups of cities, with an increase in the level of air pollution, an increase in the median values of the total fertility rates and the birth-death rates is noted. Comparison of groups of cities according to the aging index revealed a significant heterogeneity of groups with different levels of air pollution in 2014, 2015, 2016: significance levels are equal to 0.0007; 0.005; 0.002 respectively. In urban groups, with an increase in air pollution, the median value of the aging index decreases.*

Conclusion. *An analysis of the relationship between demographic indicators of population health and the level of air pollution showed that the most sensitive to the level of air pollution are indicators such as the total fertility rate, the birth-death ratio and the aging index. In groups of cities, with an increase in the level of air pollution, the median values of the total fertility rate and the birth-death ratio increase, while the median values of the aging index decrease. The results obtained are consistent with the provisions of the theory of life history evolution.*

This research was performed according to the Development program of the Interdisciplinary Scientific and Educational School of M.V. Lomonosov Moscow State University "The future of the planet and global environmental change".

Keywords: fertility; mortality; birth-death ratio; aging index; air pollution; life history evolution

References

- Antonov A.I. Dinamika reproduktivnyh orientacij i vozmozhnost' realizacii ustanovok na chislo detej v sluhae aktivizacii semejno-demograficheskoj politiki (ili otказа ot etogo) v 2018–2028 gg. [The dynamics of reproductive orientations and the possibility of implementing the attitudes for the number of children in the event of family-demographic policy implementation (or renunciation) in 2018–2028]. In *Demograficheskoe obrazovanie i izuchenie narodonaseleniya v universitetah (k 50-letiyu kafedry narodonaseleniya) (Devyatye Valenteevskie chteniya)* [Demographic Education and Population Studies at Universities (to the 50th Anniversary of the Population Department) (Ninth Valentyev Readings)]. Moscow: Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University. Moscow, Ekonomicheskij fakul'tet MGU imeni M.V. Lomonosova Publ., 2017, pp. 209–216. (In Russ.).
- Baranov A.A., Buyankin V.M., Gil'denskiol'd S.R., Kuchma V.R., Shcheplyagina L.A. *Ekologicheskie i gigenicheskie problemy zdorov'ya detej i podrostkov* [Ecological and hygienic problems of the health of children and adolescents / eds. A.A. Baranova, L.A. Shcheplyagina]. Moscow, Informatik Publ., 1998. 333 p. (In Russ.).
- Budilova E.V. *Evolutsiya zhiznennogo tsicla cheloveka: analiz globalnyh dannyh i modelirovanie* [Evolution of life cycle of human: global data and modelling]. Doctor in Biology Dissertation. Moscow, 2015. 257 p. (In Russ.).
- Budilova E.V., Lagutin M.B. Rozhdaemost' i smertnost' naseleniya Rossii v kontekste evolyucionno-ekologicheskogo podhoda [Fertility and mortality of the population of Russia in the context of the evolutionary-ecological approach]. In *Etnos i sreda obitaniya. Sbornik statej po etnoekologii* Vyp.4. [Ethnicity and habitat. Collection of articles on ethnoecology. Issue 4.]. Eds. N.I. Grigulevich, N.A. Dubova (editor-in-chief), I.A. Subbotina, A.N. Yamskov. Moscow, Staryj sad Publ., 2014, p. 246–263. (In Russ.).
- Budilova E.V., Lagutin M.B. Tipologiya gorodov Rossii po demograficheskim pokazatelyam [Typology of Russian cities by demographic indicators]. In *III Rimashevskie chteniya. Sberezhenie naseleniya Rossii: zdorov'e, zanyatost', uroven' i kachestvo zhizni. Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (Moskva 27 marta 2020 g.)* [III Rimashev Readings. Saving the population of Russia: health, employment, level and quality of life. Collection of materials of the international scientific and practical conference (Moscow, March 27, 2020)]. Eds. V.V. Lokosov, O. Efanova. Moscow, ISESP FCTAS RAS Publ., 2020, pp. 15–22. (In Russ.).
- Budilova E.V., Lagutin M.B., Migranova L.A. Vozrast-zavisimye zabollevaniya i zagryaznenie okruzhayushchej sredy [Age-related diseases and environmental pollution]. *Klinicheskaya gerontologiya* [Clinical gerontology], 2017, 23, 9–10, pp. 8–9. (In Russ.).
- Budilova E.V., Lagutin M.B., Migranova L.A. Dinamika populyacionnogo zdorov'ya naseleniya Rossii v 2005–2016 gg. [Dynamics of population health in Russia in 2005–2016]. *Narodonaselenie* [Population], 2018, 21, 2, pp. 99–109. DOI: 10.26653/1561-7785-2018-21-2-08. (In Russ.).
- Budilova E.V., Lagutin M.B., Migranova L.A. Vliyanie demograficheskikh i social'no-ekonomicheskikh faktorov na populyacionnoe zdorov'e naseleniya [Impact of the demographic and socio-economic factors on the population health]. *Narodonaselenie* [Population], 2019, 3, pp. 80–92. DOI: 10.24411/1561-7785-2019-00028. (In Russ.).
- Budilova E.V., Lagutin M.B., Migranova L.A. Demograficheskoe starenie naseleniya v gorodah Rossii i ego svyaz' s zabollevaemost'yu [Demographic aging of population in cities of Russia and its relationship with morbidity]. *Klinicheskaya gerontologiya* [Clinical gerontology], 2020, 26, 11–12, pp. 25–31. (In Russ.).
- Budilova E.V., Lagutin M.B., Migranova L.A. Vliyanie kachestva gorodskoj sredy na demograficheskie pokazately zdorov'ya naseleniya [Impact of urban environment quality on the demographic indicators of population health]. *Narodonaselenie* [Population], 2021, 24, 1, pp. 44–53. DOI:10.19181/population.2021.24.1.5. (In Russ.).
- Grishina O.V. Reproduktivnoe povedenie roditel'ej i ih detej v Rossii [Reproductive behavior of parents and their children in Russia]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6. Ekonomika*. [Moscow University Economics Bulletin], 2008, 6, p. 29–41. (In Russ.).
- Demograficheskaya modernizaciya Rossii: 1900–2000*. [Demographic modernization of Russia: 1900–2000]. Ed. A. Vishnevsky. Moscow, Novoe izdatel'stvo Publ., 2006. 601 p. (In Russ.).
- Ezhгодnik Sostoyanie zagryazneniya atmosfery v gorodah na territorii Rossii za 2014 g.* [Yearbook of The State of Atmospheric Pollution in Cities on the Territory of Russia for 2014]. Sankt-Peterburg: FGBU «GGO», 2015. 288 p. ISBN 978-5-9907420-9-3. (In Russ.).
- Ezhгодnik Sostoyanie zagryazneniya atmosfery v gorodah na territorii Rossii za 2015 g.* [Yearbook of The State of Atmospheric Pollution in Cities on the Territory of Russia for 2015]. Sankt-Peterburg, FGBU «GGO» Publ., 2016. 255 p. (In Russ.).
- Ezhгодnik Sostoyanie zagryazneniya atmosfery v gorodah na territorii Rossii za 2016 g.* [Yearbook of The State of Atmospheric Pollution in Cities on the Territory of Russia for 2016]. Sankt-Peterburg, FGBU «GGO» Publ., 2017. 228 p. ISBN 978-5-9500883-0-8. (In Russ.).
- Zabaev I.V., Melkumyan E.B., Oreshina D.A., Pavlyutkin I.V., Pruckova E.V. Vliyanie religioznoj socializacii i prinalozhnosti k obshchine na rozhdaemost'. Postanovka problemy [The impact of religious socialization and community membership on fertility. Formulation of the problem]. *Demoskop Weekly*, 2013, 553–554. Available at: <http://www.demoscope.ru/weekly/2013/0553/analit03.php>. Accessed 03.04.2021. (In Russ.).
- Maleva T., Sinyavskaya O. Social'no-ekonomicheskie faktory rozhdaemosti v Rossii: empiricheskie izmereniya i vyzovy social'noj politike [Socio-economic factors of fertility in Russia: empirical dimensions and challenges to social policy]. *SPEPO*, 2006, 5, pp.76–77. (In Russ.).
- Negasheva M.A., Hafizova A.A., Zimina S.N., Sineva I.M. Vliyanie social'no-ekonomicheskikh i ekologicheskikh faktorov na sekulyarnye izmeneniya razmerov tela sovremennoj molodyozhi (pilotnoe issledovanie na primere moskovskoj populyacii) [Influence of socioeconomic and ecological factors on secular changes in body dimensions in modern young generation (a pilot study of Moscow sample)]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya], 2020, 2, pp. 87–107. DOI: 10.32521/2074-8132.2020.2.087-107.
- Paciorkovskij V.V. Faktory demograficheskogo razvitiya: prostranstvennoe razmeshchenie naseleniya [Factors of demographic development: spatial population place-

- ment]. *Narodonaselenie* [Population], 2010, 4, pp. 35–50. (In Russ).
- Revich B.A., Maleev V.V. *Izmeneniya klimata i zdorov'e naseleniya Rossii: Analiz situacii i prognoznye ocenki* [Climate change and public health in Russia: Current situation and projections] Moscow: LENAND Publ., 2011. 208 p. ISBN 978-5-9710-0333-5. (In Russ).
- Rybakov D. S. Statisticheskaya ocenka svyazi mezhdu pokazatelyami smertnosti i vybrosami zagryaznyayushchih veshchestv v usloviyah urbanizacii [Statistical assessment of the relationship between mortality rates and emissions of pollutants in the context of urbanization]. *Principy ekologii* [Principles of the Ecology (scientific journal)], 2014, 1, pp. 59–73. DOI: 10.15393/j1.art.2014.3361. (In Russ).
- Trocenko A.A., Zhuravleva N.G., Budilova E.V., Terekhin A.T. Vliyanie demograficheskikh i prirodno-klimaticheskikh faktorov na nespecificheskij immunitet zhitelej Respubliki Kareliya i Murmanskoy oblasti [Influence of demographic and climatic factors on the nonspecific immunity of residents of the Republic of Karelia and the Murmansk region]. *Narodonaselenie* [Population], 2010a, 1, pp.113–119. (In Russ).
- Trocenko A.A., Zhuravleva N.G., Budilova E.V., Terekhin A.T. Faktory izmenchivosti nespecificheskogo immuniteta zhitelej severo-zapada evropejskoj chasti Rossii [Factors of variability of nonspecific immunity of residents of the north-west of the European part of Russia]. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya «Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [RUDN Journal of Ecology and Life Safety], 2010b, 1, pp. 59–67. (In Russ).
- Trocenko A.A., Zhuravleva N.G., Teriokhin A.T., Budilova E.V., Matishov G.G. Analiz mikroflory i pokazatelej krovi zhitelej v usloviyah raznogo urovnya promyshlennogo pressa [Analysis of microflora and blood parameters of residents in conditions of different levels of industrial press]. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo centra RAN* [Bulletin of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2010v, 6, 2, pp. 70–80. (In Russ).
- Trocenko A.A., Budilova E.V., Zhuravleva N.G. Pokazateli rezistentnosti organizma cheloveka kak bioindikator kachestva okruzhayushchej sredy [Indicators of resistance of the human body as a bioindicator of the quality of the environment]. *Doklady po ekologicheskomu pochvovedeniyu* [Interactive journal of ecological soil science], 2013, 18, 1, pp. 99–113. (In Russ).
- Tyndik A.O. Reproaktivnyye ustanovki naseleniya v sovremennoj Rossii [Reproductive attitudes of the population in modern Russia]. *Demoskop Weekly*, 2013, 55 – 554. Available at: <http://www.demoscope.ru/weekly/2013/0553/analit01.php>. Accessed 03.04.2021. (In Russ).
- Fedotova T.K., Gorbacheva A.K. Sootnositel'nyj vklad antropogennyh i prirodnyh faktorov v fenotipicheskoe mnogoobrazie somaticheskikh pokazatelej v podrostkovom i yunosheskom vozraste (po materialam byvshego SSSR) [Correlative contribution of anthropogenic and natural factors to phenotypic diversity somatic traits during adolescence and youth (based on data from former USSR)]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya], 2020, 4, pp. 5–19. (In Russ.). DOI: 10.32521/2074-8132.2020.4.005-019.
- Chereshnev V.A. Ekologiya, immunitet, zdorov'e [Ecology, immunity, health]. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Ural State University], 2000, 16, p. 79-88. Available at: <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/23909/1/iurp-2000-16-18.pdf>. Accessed 05.08.2021. (In Russ.).
- Air quality in Europe – 2020 report. Copenhagen, European Environment Agency, 2020. Available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>. Accessed 05.08.2021.
- Atkinson R.W., Carey I.M., Kent A.J. et al. Long-term exposure to outdoor air pollution and incidence of cardiovascular diseases. *Epidemiology*, 2013, 24(1), pp. 44–53.
- Boland M.R. A model investigating environmental factors that play a role in female fecundity or birth rate. *PLoS ONE*, 2018, 13(11): e0207932. DOI: 10.1371/journal.pone.0207932.
- Cacciottolo M., Wang X., Driscoll I., Woodward N., Saffari A., Reyes J. et al. Particulate air pollutants, APOE alleles and their contributions to cognitive impairment in older women and to amyloidogenesis in experimental models. *Transl. Psychiatry*, 2017, 7, e1022; DOI:10.1038/tp.2016.280.
- Conforti A., Mascia M., Cioffi G. et al. Air pollution and female fertility: a systematic review of literature. *Reprod. Biol. Endocrinol.* 2018, 16, 117. DOI:10.1186/s12958-018-0433-z.
- Heineck G. The relationship between religion and fertility: Evidence for Austria. *Homo Oeconomicus*, 2012, 29, 1, pp. 73–94.
- Kampa M., Castanas E. Human health effects of air. *Environmental Pollution*, 2008, 151, pp. 362–367.
- Review of evidence on health aspects of air pollution: REVIHAAP project: technical report.* The WHO European Centre for Environment and Health, Bonn, 2013. Available at: https://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf. Accessed 05. 08. 2021.
- Roff D.A. *The Evolution of Life Histories.* N.Y.: Chapman and Hall, 1992. 535 p.
- Sierra-Vargas M.P., Teran L.M. Air pollution: Impact and prevention. *Respirology*, 2012, 17, pp. 1031–1038. DOI:10.1111/j.1440-1843.2012.02213.
- Stearns S.C. *The Evolution of Life Histories.* Oxford University Press, 1992. 248 p.
- Teriokhin A.T., Thomas F., Budilova E.V., Guegan J.F. The impact of environmental factors on human life-history evolution: an optimization modeling and data analysis study. *Evol. Ecol. Res.*, 2003, 5, pp. 1199–1221.
- Vizcaíno M.C., Gonzalez-Comadran M., Jacquemin B. Outdoor air pollution and human infertility: a systematic review. *Fertility and Sterility*, 2016, 106, 4, pp. 897–904.

Information about Authors

Budilova Elena V., PhD, DSc;
ORCID ID: 0000-0003-0769-4570; evbudilova@mail.ru;
Lagutin Michail B.; ORCID ID: 0000-0003-3778-4497;
lagutinmb@mail.ru.