

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ



УДК 711.467.25.03

DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.18

А. А. КОРМИНА

КОМБИНИРОВАННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ ЖИЛОЙ СРЕДЫ НА БЛАГОПОЛУЧИЕ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА

COMBINED EFFECTS OF THE LIVING ENVIRONMENT
ON THE WELL-BEING OF THE CITY POPULATION

Рассмотрен метод оценки воздействия факторов разной природы на компоненты среды жизнедеятельности города, определяющие благоприятные условия жизни и благополучие населения. Статистически установлено, что многообразие факторов следует учитывать при оценке и нормировании комбинации многофакторных воздействий на демографические и социальные процессы, происходящие в городской среде. Комбинации наиболее значимых взаимодействующих факторов и построенные на их базе статистические модели представляется возможным учитывать при прогнозировании уровня заболеваемости, динамики миграционных процессов, семейного благополучия населения и др. Разработанные модели и методика оценки могут служить инструментом поддержки принятия управленческих решений по обеспечению высокого уровня качества жизни населения и градостроительству жилых территорий.

Ключевые слова: градостроительство, среда жизнедеятельности города, жилые районы (микрорайоны/кварталы), благоприятные условия жизни, статистические зависимости, многофакторный анализ, комбинация факторов, синергизм, антагонизм, прогнозирование

Введение. В жизнедеятельности населения в городах обязательно присутствует сочетание различных взаимодействующих факторов: экономических, экологических, социальных и др. [1]. Их взаимодействие может иметь аддитивный, антагонистический и синергетический характер [2]. Эффекты синергизма, антагонизма или суперпозиции при взаимном рассмотрении факторов среды предопределять достаточно сложно. Однако значимость проблем в области безопас-

The method of assessing the impact of factors of different nature on the components of the city's living environment that determine favorable living conditions and the well-being of the population is considered. It is statistically established that the variety of factors should be taken into account when assessing and normalizing the combination of multifactorial impacts on demographic and social processes occurring in the urban environment. Combinations of the most significant interacting factors and statistical models based on them can be taken into account when predicting the level of morbidity, the dynamics of migration processes, the family well-being of the population, and others. The developed models and assessment methodology can serve as a tool to support management decision-making to ensure a high level of quality of life of the population and urban development of residential areas.

Keywords: urban structure, urban environment, residential areas (microdistricts/quarters), favorable conditions, statistical dependencies, multifactor analysis, combination of factors, synergy, antagonism, forecasting

ности жизнедеятельности населения в городе, связанных с неоднозначностью определения конечного результата взаимодействия различных факторов, в настоящее время сильно возрастает. В ситуации, когда предсказать характер и степень взаимодействия факторов, порождённых все усложняющимися техногенными, экологическими, социальными процессами, простым экспериментированием невозможно, необходимо применять математическое моделирование [3].



При комбинированном действии различных физических, химических и даже социальных факторов их вредное воздействие может суммироваться (независимое действие – суперпозиция), ослабляться (антагонизм) или усиливаться (синергия). Синергетическое взаимодействие факторов загрязнения окружающей среды предоставляет особую опасность. Чтобы оценить принципиальную возможность синергетического или антагонистического взаимодействия факторов окружающей среды необходимо проанализировать зависимость от величин факторов [4].

Физический смысл прогнозирования состояния среды жизнедеятельности города (благоприятных или неблагоприятных условий жизнедеятельности) состоит в том, что эффекты взаимодействия факторов могут быть предсказаны только в результате ненулевого взаимодействия между ними независимо от сложности системы, а любое отклонение от ожиданий указывает на наличие комбинации и ее тип [5].

Системный подход в настоящем исследовании реализуется в виде модели «черного ящика»: на входе определенное количество взаимодействующих факторов, на выходе – эффект их взаимодействия.

В процессе принятия решений по градостроительству (планированию, реконструкции и др.) важно понимать, имеют ли факторы в результате комбинации ожидаемую величину (ненулевое взаимодействие) или эффект зависит от других механизмов внешних воздействий. В фармакологии и медицине, например, при синергетическом действии канцерогенов окружающей среды большое влияние на заболеваемость новообразованиями может быть оказано за счёт резкого снижения (увеличения) одного легко контролируемого канцерогена [6].

Постановка задачи и метод ее решения.

Предположим, что имеется n переменных, влияющих на состояние объекта исследования, измеряемых в действительных величинах x_1, x_2, \dots, x_n , которые могут быть интерпретированы как некоторые экологические, социальные и другие факторы среды жизнедеятельности города.

Далее предположим, что комбинированный эффект от воздействия этих переменных на некоторый объясняемый фактор Y может быть описан функцией

$$Y(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0. \quad (1)$$

Функцию $Y = Y(x)$ – можно представлять как, например, индекс, измеряющий качество городской среды.

Обозначим ΔY_i – приращение благоприятного (или неблагоприятного) воздействия при увеличении параметра (фактора) x_i на величину $\Delta x_i > 0$, при этом все другие переменные находятся на постоянном уровне, т. е.

$$\Delta Y_i = Y(x_1, x_2, \dots, x_{i+}, \Delta x_i, \dots, x_n) - Y(x_1, x_2, \dots, x_i, \Delta x_i, \dots, x_n). \quad (2)$$

Если функция Y зависит только от двух, возможно взаимодействующих, факторов, то в принципе могут быть три типа взаимодействия:

- синергизм;
- антагонизм;
- суперпозиция.

Возникает гипотеза: для переменных x_1 и x_2 имеет место синергизм (антагонизм, суперпозиция), если приращение функции Y , вызванное одновременным воздействием x_1 и x_2 , больше (меньше, равно) суммы приращений, вызванных одиночными воздействиями x_1 и x_2 , т. е.

$$\begin{aligned} Y(x_1, x_2) &> Y(x_1, 0) + Y(0, x_2) \\ Y(x_1, x_2) &< Y(x_1, 0) + Y(0, x_2) \\ Y(x_1, x_2) &= Y(x_1, 0) + Y(0, x_2) \end{aligned}$$

Неявно это определение используется в работе [3] на примере нелинейной функции вида

$$Y(x_1, x_2) = a + bx_1 + cx_2 + dx_1x_2 \quad (3)$$

где a, b, c и d – коэффициенты уравнения; при этом синергизм (антагонизм, суперпозиция) возникает, если $d > (<, =) 0$.

Рассмотрим возможные варианты взаимодействия факторов среды жизнедеятельности.

Пусть взаимодействия между факторами x_1 и x_2 нет, тогда

$$Y = a + bx_1 + cx_2.$$

1. Если факторы x_1 и x_2 действуют отдельно:

$$\begin{aligned} \Delta Y(x_1, 0) &= a + b(x_1 + \Delta x_1) + cx_2 - (a + bx_1 + cx_2) = b\Delta x_1; \\ \Delta Y(0, x_2) &= a + bx_1 + c(x_2 + \Delta x_2) - (a + bx_1 + cx_2) = c\Delta x_2, \end{aligned}$$

то суммарный эффект в этом случае

$$\Delta Y = \Delta Y(x_1, 0) + \Delta Y(0, x_2) = b\Delta x_1 + c\Delta x_2.$$

2. Если факторы x_1 и x_2 действуют одновременно:

$$\begin{aligned} \Delta Y &= a + b(x_{1+} \Delta x_1) + c(x_{2+} \Delta x_2) - \\ &- (a + bx_1 + cx_2) = b\Delta x_1 + c\Delta x_2, \end{aligned}$$

то в обоих случаях имеет место **суперпозиция**.

Пусть факторы x_1 и x_2 взаимодействуют между собой:

$$Y = a + bx_1 + cx_2 + dx_1x_2.$$

1. Если факторы x_1 и x_2 действуют отдельно:

$$\begin{aligned} \Delta Y_1 &= a + b(x_1 + \Delta x_1) + cx_2 + d(x_1 + \Delta x_1)x_2 - \\ &- (a + bx_1 + cx_2 + dx_1x_2) = (b + dx_2) \Delta x_1; \\ \Delta Y_2 &= a + bx_1 + c(x_2 + \Delta x_2) + dx_1(x_2 + \Delta x_2) - \\ &- (a + bx_1 + cx_2 + dx_1x_2) = (c + dx_1) \Delta x_2, \end{aligned}$$

то суммарный эффект

$$\Delta Y = \Delta Y_1 + \Delta Y_2 = b\Delta x_1 + c\Delta x_2 + d(x_1\Delta x_2 + x_2\Delta x_1).$$

2. Если факторы x_1 и x_2 действуют одновременно:

$$\begin{aligned} \Delta Y &= a + b(x_1 + \Delta x_1) + c(x_2 + \Delta x_2) + \\ &+ d(x_1 + \Delta x_1)(x_2 + \Delta x_2) - (a + bx_1 + cx_2 + dx_1x_2) = \\ &= b\Delta x_1 + c\Delta x_2 + d(x_1\Delta x_2 + x_2\Delta x_1) + d(\Delta x_1 \Delta x_2), \end{aligned}$$

то при $d > 0$ – синергизм, при $d < 0$ – антагонизм, при $d = 0$ – суперпозиция.

Пример. Рассмотрим варианты комбинированного воздействия различных факторов для установленных в работе [7] статистических зависимостей показателей среды жизнедеятельности биосферосовместимого города в виде уравнений линейной регрессии. На примере одновременно взаимодействующих двух факторов, их комбинации представляется возможным говорить о прогнозировании эффекта их взаимодействия в процессе принятия решений по градостроительству.

На основе метода наименьших квадратов произведем оценку параметров регрессии и определим коэффициенты уравнения, воспользовавшись средствами Excel. Для объясняемого фактора Y_1 «Количество родившихся за последний год» взаимное влияние двух взаимодействующих между собой объясняющих факторов x_1 и x_2 отражено в табл. 1.

Полученные значения коэффициента d модели (3) позволяют сделать вывод о синергетическом взаимодействии факторов x_{50} «Численность населения» и x_{48} «Выбросы загрязняющих

веществ», проявляющемся в усилении их совместного влияния на результирующий фактор Y_1 «Количество родившихся за последний год», и антагонистическом характере двух пар факторов x_{50} «Численность населения» и x_3 «Плотность застройки», и x_{50} «Численность населения» и x_{24} «Инженерная защищенность территории и уровень экологической безопасности (уровень защищенности помещений от накопления радона)», что уменьшает эффект их взаимного влияния на рождаемость.

Явление синергии в случае взаимодействия факторов x_{50} «Численность населения» и x_{48} «Выбросы загрязняющих веществ» характеризуется незначительным по величине эффектом в отличие от воздействия отдельно взятого фактора. Это свидетельствует о том, что из двух факторов следует «наращивать» фактор x_{50} «Численность населения», который является аргументом функции рождаемости.

Анализ параметров модели показал значительное отрицательное влияние ($b = -9,84$) на количество рождающихся выбросов от подвижных источников загрязнения атмосферы – фактор x_{48} . Исходя из предпосылки, что прирост или убыль загрязнений пропорциональны численности населения, нами исследуется влияние экологического фактора x_{48} на рождаемость, а через него и на численность населения микрорайона, что учитывается в настоящей модели.

В целом вопрос причинно-следственных связей и динамики показателя рождаемости остается дискуссионным ввиду его многофакторности.

Для объясняемого фактора Y_2 «Количество умерших за последний год» взаимное влияние двух взаимодействующих между собой объясняющих факторов x_1 и x_2 отражено в табл. 2.

Полученные значения коэффициента d модели (3) позволяют сделать вывод о синер-

Таблица 1

Эффекты взаимодействия факторов для результирующего фактора Y_1 «Количество родившихся за последний год»

Статистически установленное уравнение регрессии $Y_1 = a_{01} + a_{11}x_{50} + a_{21}x_{48} + a_{31}x_{24} + a_{41}x_{34} + a_{51}x_{33}$ [7]									
Взаимодействующие факторы [7]					Значения коэффициентов модели (3)				
x_{50}	x_{48}	x_{24}	x_{34}	x_{33}	a	b	c	d	
+	+					19,62	-9,84	+0,68	
+		+			-21,98	0,22	13,22	-0,03	
+			+		1,75	-0,001	10,31	0,00	
+				+	-90,56	55,58	23,11	-8,32	

Таблица 2

Эффекты взаимодействия факторов для результирующего фактора Y_2 «Количество умерших за последний год»

Статистически установленное уравнение регрессии $Y_2 = a_{02} + a_{12}x_{50} + a_{22}x_{48} + a_{32}x_{30} + a_{42}x_{14} + a_{52}x_{12}$ [7]									
Взаимодействующие факторы [7]					Значения коэффициентов модели (3)				
x_{50}	x_{48}	x_{30}	x_{14}	x_{12}	a	b	c	d	
+	+				4,54	-5,47	6,07	+0,09	
+		+			-2,94	0,02	6,41	-0,006	
+			+		-1,93	0,18	6,18	-0,02	
+				+	-5,67	0,01	7,14	-0,002	

гетическом взаимодействии факторов x_{50} «Численность населения» и x_{48} «Выбросы загрязняющих веществ», проявляющемся в усилении их совместного негативного влияния на результирующий фактор Y_2 «Количество умерших за последний год», и антагонистическом характере взаимодействия двух факторов x_{50} «Численность населения» и x_{14} «Индекс доступности жилья (рыночная стоимость жилья)». Синергетический характер взаимодействия первых двух факторов объяснен нами выше; совместный эффект от комбинации незначителен по сравнению с эффектом воздействия отдельно взятого фактора.

Согласно выявленным связям и установленной зависимости для объясняемого фактора Y_2 [7], а также по данным источников [8, 9], становится очевидно, что в основе смертности населения лежат, прежде всего, показатели жилой среды, отражающие многоплановые демографические процессы: плотность населения, демографическая нагрузка, выход на пенсию и усиленное давление на трудоспособное население и др.

Урбанизация неоднозначно действует на человеческое общество: с одной стороны, город предоставляет человеку ряд общественно-экономических, социально-бытовых и культурных преимуществ, что положительно сказывается на его интеллектуальном развитии, дает возможность для лучшей реализации профессиональных и творческих способностей, с другой – человек отдаляется от природы и попадает в среду с вредными воздействиями: загрязненным воздухом, шумом и вибрацией, ограниченной жилплощадью, усложненной системой снабжения, зависимостью от транспорта, постоянным вынужденным общением со множеством незнакомых людей – все это неблагоприятно сказывается на его физическом и психическом здоровье.

Так, для объясняемого фактора Y_3 «Количество заболевших психическими заболеваниями за последний год» рассматривалось взаимодействие токсикантов загрязнённого атмосферного воздуха x_{48} и инфраструктурных факторов: x_{12} – доступность объектов инфраструктуры первичного/повседневного обслуживания (медицинские организации); x_{38} – обеспеченность дошкольными образовательными учреждениями; x_4 – плотность улично-дорожной сети; x_8 – размер площади квартир (без учета площадей открытых помещений, холодных кладовых и приквартирных тамбуров) и число их комнат. В табл. 3 отражено взаимное влияние двух взаимодействующих между собой объясняющих факторов.

Коэффициент d модели (3) отражает характер взаимодействия анализируемых пар фак-

торов, характеризующих основной механизм их воздействия на психику человека, живущего в современных жилых районах. Воздействие факторов окружающей среды на состояние здоровья человека является опосредованным. На поражение нервной системы человека, так же как и всех остальных систем организма, начиная с иммунной и репродуктивной, организм отвечает стрессами, неврозами, депрессией. В этой связи очевидно, что количество заболевших психическими заболеваниями жителей напрямую зависит от доступности медицинских организаций, расположенных на территории жилого образования. При их распространённости в регионах и муниципальных образованиях большинство психических заболеваний населения, проживающего на урбанизированных территориях, остаются неучтёнными, без обследования и квалифицированного лечения в связи с отсутствием доступности медицинских учреждений.

Взаимное влияние факторов x_{48} – выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от подвижных источников, и x_{12} – доступность объектов инфраструктуры первичного/повседневного обслуживания (медицинские организации) носит синергетический характер, что свидетельствует о тесной связи факторов и необходимости наращивания медицинских организаций с целью оказания помощи населению.

Нехватка дошкольных образовательных учреждений на территории микрорайона может спровоцировать стресс в молодых семьях, особенно при наличии двух и более детей. Всё чаще в обществе встречается понятие «постродовой депрессии» и у женщин, и у мужчин. От 4 до 10 % мужчин по разным данным также страдают от депрессии в течение первого года жизни ребенка. Синергетический характер вза-

Таблица 3
Эффекты взаимодействия факторов для результирующего фактора Y_3 «Количество заболевших психическими заболеваниями за последний год»

Статистически установленное уравнение регрессии $Y_3 = a_0 + a_{13}x_{48} + a_{23}x_{12} + a_{33}x_{38} + a_{43}x_4 + a_{53}x_8$ [7]								
Взаимодействующие факторы [7]					Значения коэффициентов модели (3)			
x_{48}	x_{12}	x_{38}	x_4	x_8	a	b	c	d
+	+				89,87	-0,003	-20,57	+0,06
+		+			150,44	-0,74	57,39	+0,52
+			+		86,18	1,93	55,8	-3,84
+				+	-101,4	7,39	39,72	+0,14

имодействия факторов x_{48} и x_{38} свидетельствует о необходимости наращивания дошкольных образовательных учреждений.

Взаимное влияние факторов x_{48} – выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от подвижных источников, и x_4 – плотность улично-дорожной сети сказывается на психоэмоциональном здоровье населения, о чем свидетельствует знак и значение коэффициента модели d – взаимно ослабляющее эффект действия каждого из них. Возрастающая плотность улично-дорожной сети приводит к повышению нагрузки на неё: загруженности, возрастанию времени ожидания и понижению скоростей. Это приводит к возникновению заторных ситуаций и росту выбросов в атмосферу. Антагонистический характер взаимного влияния факторов свидетельствует о необходимости снижения их влияния, уменьшив, таким образом, риски психических отклонений населения.

Ученые утверждают, что проживание в маленьком пространстве (фактор x_8) может отрицательно сказываться как на физическом, так и на психическом здоровье человека. По мнению специалистов, стесненные жилищные условия негативно влияют на психику любого человека, причем как взрослого, так и ребёнка [10]. Отрицательное воздействие, которое оказывает на психику проживание в малогабаритном жилье, ученые объясняют стремлением (инстинктом) человека к личному пространству. Именно такой личной территории жильцы небольших квартир зачастую лишены. Длительное пребывание в ограниченном пространстве может стать причиной постоянного стресса, раздражения и агрессии. Кроме того, невротические расстройства часто могут спровоцировать алкогольную зависимость. Тем не менее в отношении взаимодействия факторов x_{48} и x_8 установлен факт синергизма.

Сегодня во всех странах мира, независимо от уровня экономического развития, отмечается рост заболеваемости инфекционными болезнями, регистрируются эпидемии. В основе роста заболеваемости лежит ряд причин, в т. ч. и причины, связанные с урбанизацией [11,12]. Во-первых, в России, на фоне дестабилизации социально-экономических условий жизни населения, осложняется эпидемиологическая обстановка и реально возрастает опасность так называемых возвращающихся, «классических» инфекций и вновь возникающих (*reemerging*). Наглядным примером может служить стремительный рост заболеваемости туберкулезом, в том числе активной формой болезни (81 на 100 тыс населения), регистрируемой даже у детей (17,7 на 100 тыс детей до 14 лет). Рост заболеваемости туберкулезом отмечен почти

во всех странах мира, включая экономически высокоразвитые. Небывалого размаха достигла заболеваемость сифилисом (271 699 случаев) и другими инфекциями, передаваемыми половым путём [13]. Во-вторых, все более возрастает роль условно-патогенных микроорганизмов, особенно в эпидемиологии внутрибольничных инфекций (гнойно-септических, герпеса, цитомегаловирусов, токсоплазмоза, микоплазмоза, криптококкоза, криптоспориоза и др.), а также возбудителей кишечных, легочных заболеваний [13]. В-третьих, официальная статистика в России регистрирует лишь 47 инфекционных заболеваний, хотя только в последние два-три десятилетия описано более 20 ранее неизвестных (*emergin*) инфекционных болезней, многие из которых представляют высокую эпидемиологическую опасность и характеризуются высокой летальностью: «болезнь легионеров», геморрагические лихорадки (Эбола, Марбург, Венесуэльская, Ханта-вирусный легочный синдром, при котором погибает каждый второй заболевший от некардиогенной легочной недостаточности или шока). В эти же годы начали дифференцировать по этиологии вирусные гепатиты [13]. В последние годы наблюдается резкое увеличение числа инфицированных ВИЧ, что связано в основном с широким распространением инъекционной наркомании.

В настоящее время мировое сообщество столкнулось с новым видом вируса COVID-19 [14, 15]. 11 марта 2020 г. Всемирная организация здравоохранения признала, что распространение нового коронавируса обрело характер пандемии. На данный момент число случаев этого заболевания в России превысило 6 000 000 человек [16].

Для объясняемого фактора Y_4 «Количество заболевших инфекционными заболеваниями за последний год» в жилых микрорайонах выявлены эффекты взаимодействия между собой двух факторов, среди которых основным анализируемым выступает экологический фактор x_{48} – выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от подвижных источников (табл. 4).

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от подвижных источников, создают неблагоприятную экологическую обстановку, в которой население имеет сниженный иммунитет и подвергается рискам заболеваемости инфекционными и другими заболеваниями. При этом взаимное влияние двух факторов x_{48} и x_{15} – уровень благоустроенных дворовых территорий от общего их количества характеризуется как антагонистическое, когда один фактор x_{48} подавляет другой x_{15} и их взаимодействие будет экономически невыгодным, что негативно скажется на вероятности снижении риска инфекционными заболеваниями.

Все общественные места отдыха и развлечений как кафе, рестораны, бары организации и предприятия обслуживания (x_{30}) являются местами сосредоточения большого количества людей, а следовательно, являются потенциальными источниками распространения инфекционных заболеваний среди населения при нарушении требований санитарно-гигиенических правил и технических регламентов, что определяет уровень заболеваемости и распространения инфекционными заболеваниями.

Это утверждение справедливо и по отношению к другим объектам инфраструктуры и среды жизнедеятельности, где может осуществляться непосредственный контакт больных и здоровых людей. Тем не менее взаимное влияние выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (x_{48}) и объектов инфраструктуры первичного и повседневного обслуживания, в частности медицинских организаций (x_{12}), носит синергетический характер и в комбинации уменьшает количество заболевших инфекционными заболеваниями. С одной стороны, медицинские организации, являясь местами большого сосредоточения людей, сами являются источниками распространения инфекционных заболеваний, а с другой – в таких организациях оказывается медицинская помощь, в результате которой увеличивается число выздоровевших, либо оказываются профилактические мероприятия, в результате которых риск заражения инфекционными заболеваниями снижается (например вакцинация). Таким образом проявляется синергетический эффект от взаимодействия двух факторов x_{48} и x_{12} .

Отдельный показатель «Обеспеченность дошкольными образовательными учреждениями» (x_{38}) способствует уменьшению числа заболевших инфекционными заболеваниями. Он отражает фактор рациональности планировочных решений и правильной эксплуатации помещений дошкольных образовательных уч-

Таблица 4
Эффекты взаимодействия факторов для результирующего фактора Y_4

Статистически установленное уравнение регрессии $Y_4 = a_{04} + a_{14}x_{48} + a_{24}x_{15} + a_{34}x_{30} + a_{44}x_{12} + a_{54}x_{38}$ [7]									
Взаимодействующие факторы [7]					Значения коэффициентов модели (3)				
x_{48}	x_{15}	x_{30}	x_{12}	x_{38}	a	b	c	d	
+	+				128,79	0,67	154,6	-0,66	
+		+			235,2	-1,6	94,3	-0,17	
+			+		158,6	0,045	119,5	+0,36	
+				+	292,62	76,8	-1,5	-0,02	

реждений, с использованием которых возможно строгое выполнение режима дня, рациональное питание детей с достаточным введением в меню витаминов, физическое воспитание и особенно закаливание, организация профилактических осмотров воспитанников и проведение профилактических прививок. Все эти факторы в совокупности повышают сопротивляемость детского организма к различным вредным воздействиям внешней среды, в том числе и к болезнетворным микробам. Вместе с тем при взаимодействии факторов x_{48} и x_{38} отмечается антагонистический эффект, способствующий, прежде всего, распространению инфекции.

Среди заболеваний населения жилых районов наибольшее распространение получили бронхо-легочные и онкологические заболевания, смертность от которых в России высокая. В табл. 5 представлены результаты выявленных

Таблица 5
Эффекты взаимодействия факторов для результирующих факторов Y_5 , Y_6 и Y_7

Статистически установленное уравнение регрессии $Y_5 = a_{05} + a_{15}x_{48} + a_{25}x_4 + a_{35}x_{12} + a_{45}x_{34} + a_{55}x_8$ [7]									
Взаимодействующие факторы [7]					Значения коэффициентов модели (3)				
x_{48}	x_4	x_{12}	x_{34}	x_8	a	b	c	d	
+	+				96,2	0,34	51,03	-1,8	
+		+			68,67	0,03	42,6	0,00	
+			+		88,1	-0,002	48,3	0,00	
+				+	-89,7	6,5	104,1	+2,04	
Статистически установленное уравнение регрессии $Y_6 = a_{06} + a_{16}x_{48} + a_{26}x_4 + a_{36}x_{12} + a_{46}x_{34} + a_{56}x_8$ [7]									
Взаимодействующие факторы [7]					Значения коэффициентов модели (3)				
x_{48}	x_4	x_{12}	x_{34}	x_8	a	b	c	d	
+	+				34,4	-0,2	14,3	-0,2	
+		+			24,8	0,01	19,7	0,00	
+			+		35,7	-0,0008	11,5	0,00	
+				+	10,66	0,8	10,03	+0,108	
Статистически установленное уравнение регрессии $Y_7 = a_{07} + a_{17}x_{48} + a_{27}x_{20} + a_{37}x_6 + a_{47}x_8 + a_{57}x_{12}$ [7]									
Взаимодействующие факторы [7]					Значения коэффициентов модели (3)				
x_{48}	x_{20}	x_6	x_8	x_{12}	a	b	c	d	
+	+				43,75	1,43	36,8	+0,19	
+		+			-2,1	1,5	31,1	0,009	
+			+		44,9	1,6	3,8	+0,91	
+				+	54,15	0,05	39,2	-0,01	

эффектов взаимодействия между собой двух факторов, влияющих на следующие результирующие факторы: Y_5 «Количество заболевших новообразованиями»; Y_6 «Количество заболевших болезнями органов дыхания» и Y_7 «Количество заболевших всеми другими болезнями, обнаруженными впервые».

Эффект совместного влияния на заболеваемость одновременно двух факторов (x_{48} – выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от подвижных источников, и x_4 – плотность улично-дорожной сети) – антагонистический ввиду мощного техногенного воздействия на окружающую среду, которое формируется при их взаимодействии. Такое взаимодействие следует исключать, так же как и регулировать воздействие отдельно взятым фактором, например «выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от подвижных источников», поскольку он характеризуется как отрицательный.

Также очевиден факт наличия эффекта взаимодействия между мероприятиями по инженерной защищенности территории и обеспечению экологической безопасности санитарными разрывами (x_{20}) и выбросами в атмосферный воздух (x_{48}). Фактор «Защитные мероприятия», среди которых важную роль играют зелёные насаждения и установление санитарного режима использования территории, вступает в синергетические отношения с фактором x_{48} , что повышает роль защитных мероприятий и делает их рентабельными, что в целом позволит снизить заболеваемость населения жилой территории.

Взаимное влияние выбросов и инфраструктурных факторов (факторы x_{34} , x_{12}), отражающих показатели благоустроенности среды жизнедеятельности жилых кварталов, оказалось незначительным на заболеваемость населения и им можно пренебречь в общем анализе.

С каждым годом в городах и поселениях увеличивается объем построенного жилья (фактор x_8), увеличивается плотность жилой многоэтажной застройки, растёт этажность жилых домов. Увеличенная плотность застройки значительно влияет на общий социальный климат и поведение жителей. Как было установлено в ходе корреляционно-регрессионного анализа [7], высокая плотность застройки несет определенные риски здоровью горожан, связанные с повышением уровня загрязнения атмосферного воздуха из-за близости жилых территорий к промышленным зонам и автомагистралям с интенсивным движением автотранспорта. Комбинация двух факторов x_{48} и x_8 носит синергетический характер, что при условии обеспечения населения комфортным

жильем сможет повлиять на снижение роста заболеваемости.

Наглядным образом выявлены эффекты взаимодействия двух одновременно взаимодействующих факторов на объясняемый показатель Y_8 «Количество браков» населения в жилых микрорайонах (табл. 6).

Увеличение плотности застройки приводит к увеличению плотности населения. Любому человеку свойственно сопоставлять себя с окружающими, и чем люди ближе живут друг к другу, тем идентичнее их образ жизни. Это также может оказывать положительный настрой на создание и сохранение семей. Поэтому взаимное влияние двух факторов x_{50} и x_{30} , x_{50} и x_{14} , x_{50} и x_{38} является синергетическим, т. е. усиливающим совместный эффект на создание семей. Наибольшим образом на количество браков влияет фактор «Индекс доступности жилья (рыночная стоимость жилья, руб./м²)», который, в сочетании с численностью населения, в прогнозном периоде обеспечит устойчивый институт брака.

Вместе с тем плотность застройки x_3 и численность населения x_{50} – два фактора, которые одновременно противостоят друг другу, о чем свидетельствует коэффициент модели $d=-78,27$. Вероятно, объяснение связано с тем, что при застройке необходимо обеспечить образующиеся семьи общей площадью жилых домов – социальной нормой на количество человек. Реализация этой ситуации связана с реальным сектором экономики в регионе. И несмотря на то, что в России заключенных браков все же больше, чем расторгнутых, разница между этими показателями каждый год снижается. Распад семей, как известно, ведет к снижению рождаемости [17].

Данные специальных социологических исследований показывают [18], что имеет место не только увеличение толерантности общества по отношению к разводу, но и меняется

Таблица 6
Эффекты взаимодействия факторов для результирующего фактора Y_8

Статистически установленное уравнение регрессии $Y_8 = a_{03} + a_{13}x_{50} + a_{23}x_{30} + a_{33}x_{14} + a_{43}x_{38} + a_{53}x_3$ [7]								
Взаимодействующие факторы [7]					Значения коэффициентов модели (3)			
x_{50}	x_{30}	x_{14}	x_{38}	x_3	a	b	c	d
+	+				-344,511	2,48	319,22	+0,17
+		+			204,917	-86,95	302,95	+1,86
+			+		-330,512	1,47	306,25	+0,05
+				+	2022,2	-1980,1	426,45	-78,27

структура причин и мотивов, по которым развод считается не только допустимым, но даже приемлемым и чуть ли не обязательным. Так, данные табл. 7 содержат сведения, какие факторы во взаимодействии друг с другом оказывают влияние на исследуемый показатель Y_9 «Количество разводов за последний год».

Инфраструктурные факторы x_{30} и x_{38} , а также доступность жилья x_{14} во взаимодействии с фактором численности населения x_{50} влияют на психоэмоциональное состояние населения жилых районов. При недостаточном полном удовлетворении потребностей населения в качественной инфраструктуре жилого района со временем у жителей отмечается значимое повышение психологического дистресса, а именно повышение уровня тревоги, раздражительности, диссомнические нарушения, аффективные расстройства. Это в конечном итоге влияет на атмосферу и внутренний климат в семье, приводит к ссорам, скандалам между супругами, что, в свою очередь, может привести к разводу.

Выявленные эффекты антагонизма между факторами x_{50} и x_{14} , x_{50} и x_{30} , x_{50} и x_{15} и синергизма между факторами x_{50} и x_{38} являются основанием для принятия градостроительных решений по регулированию института семьи и созданию комфортных условий проживания в жилой среде города.

Таблица 7
Эффекты взаимодействия факторов для результирующего фактора Y_9

Статистически установленное уравнение регрессии $Y_9 = a_{09} + a_{194}x_{50} + a_{29}x_{14} + a_{39}x_{30} + a_{49}x_{38} + a_{59}x_{15}$ [7]								
Взаимодействующие факторы [7]					Значения коэффициентов модели (3)			
x_{50}	x_{14}	x_{30}	x_{38}	x_{15}	a	b	c	d
+	+				6573,9	-315,43	2218,9	-12,6
+		+			4944,6	-13,4	3260,6	-17,5
+			+		9285,6	-54,3	-474,6	+36,5
+				+	-7113,9	140,6	6346,8	-58,8

Заключение. На основе анализа статистического материала о медико-демографических и социальных процессах и установленных зависимостях показателей состояния биосферосовместимого города впервые установлен характер взаимодействия между факторами жилой среды. Взаимодействие факторов жилой среды изучено на основе нелинейной регрессионной модели. С использованием комбинации параметров модели оценён эффект взаимодействия факторов среды на население жилых районов, проявляющийся в антагонистическом или си-

нергетическом характере демографических и социальных процессов: рождаемости, смертности, заболеваемости, браков и разводов.

В практическом плане результаты проведённого исследования дают возможность учитывать случайные факторы жилой среды и их комбинации в процессе анализа градостроительной ситуации на основе установленного характера взаимодействия факторов – планировать и проектировать жилые территории города на качественно новой основе. Таким образом, разработанные модели и алгоритм оценки многофакторных воздействий теперь получают адекватную количественную методику и могут служить инструментом поддержки принятия управленческих решений по обеспечению высокого уровня качества жизни населения жилых районов города – градостроительству.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Stenling F., Kindorf J.* Interacting environmental influences. Concepts of synergism, antagonism and superposition // *Analysis of Operations Research*. 54. 1994. С. 229–304.
2. *Ott W.R.* Environmental quality Index. Theory and Practice. Review Science Publications. 1978.
3. *Bockmann M.J.* Productions function for Scientific Interaction. In: *Mathematical Modelling in Economics*. Springer. 1993.
4. *Комарова А.Н.* Комбинированное действие ионизирующего излучения и других факторов окружающей среды на живые организмы: новые закономерности и перспективы: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Обнинск, 2009. 25 с.
5. *Berenbaum M.C.* The Expected Effect of a Combination of Agents: the General Solution / *J. Theor. Biol.* 1985. Т.14. Рр. 413–431.
6. *Жураковская Г.П., Петин В.Г.* Принципы математического моделирования комбинированных воздействий в биологии и медицине: (обзор литературы) // *Радиация и риск*. 2015. Т. 24. № 1. С. 61–70.
7. Статистические зависимости показателей благоприятной среды жизнедеятельности биосферосовместимого города / В.А. Ильичев, В.И. Колчунов, В.А. Гордон, А.А. Кормина // *Вестник МГСУ*. Т. 16. Вып. 5. 2021. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.5.545-556.
8. *Звездина Н.В.* Статистический анализ смертности в России // *Экономика, статистика и информатика*. 2012. № 2. С. 125–131.
9. *Сабгайда Т.П.* Преждевременная смертность и факторы риска как индикаторы программ снижения смертности в России // *Социальные аспекты здоровья населения*. 2017. № 3 (55). С. 1–25.
10. *Крот К.В.* Социально-экономическая значимость психических расстройств: региональные аспекты // *Дальневосточный медицинский журнал*. 2016. № 1. С. 91–96.
11. *Яковлев С.А.* Инфекционные заболевания как глобальная проблема современности // *Территория*

науки. 2017. № 1. С. 20–23.

12. Шестакова И.В. Инфекционная заболеваемость в Российской Федерации в 2000-2015 гг.: успех или провал? // Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. 2017. № 3 (20). С. 11–20.

13. Жданов К.В. Противодействие инфекциям в эпоху современных угроз // Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. 2017. № 6 (23). С. 85–91.

14. Монастырская М.Е. «Реслободизация» городов – эффективный ответ на эпидемиологический вызов современности. Часть I: общие положения, гипотеза исследования // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 1. С. 110–117. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.15.

15. Монастырская М.Е. «Реслободизация» городов – эффективный ответ на эпидемиологический вызов современности. Часть II: предпосылки, алгоритмы, результаты // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 2. С. 117–129. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.17.

16. Стоп Коронавирус. РФ [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://xn--80aesfpebagmflbc0a.xn--p1ai/>.

17. Хачатрян Л.А. Развод – оборотная сторона брака // Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология, 2010. № 1 (1). С. 79-98.

18. Абушева Х.К. Браки и разводы и пути снижения последних // Современные проблемы науки и образования, 2013. № 4. С. 237-246.

REFERENCES

1. Stenling F., Kindorf J. Interacting environmental influences. Concepts of synergism, antagonism and superposition. *Analysis of Operations Research*, 1994, 54, pp. 229-304.

2. Ott W.R. *Environmental quality Index. Theory and Practice*. Review Science Publications, 1978.

3. Bockmann M.J. Productions function for Sceintific Interaction. In: *Mathematical Modelling in Economics*. Springer, 1993.

4. Komarova L.N. *Kombinirovannoe dejstvie ioniziruyushchego izlucheniya i drugih faktorov okruzhayushchej sredy na zhivye organizmy: novye zakonomernosti i perspektivy*, *Dokt. Diss.* [The combined effect of ionizing radiation and other environmental factors on living organisms: new patterns and prospects, Doct. Diss.]. Obninsk, 2009.

5. Berenbaum M.C. The Expected Effect of a Combination of Agents: the General Solution. *Theor. Biol*, 1985, vol.14, pp. 413-431.

6. Zhurakovskaya G.P., Petin V.G. Principles of mathematical modeling of combined effects in biology and medicine (literature review). *Radiaciya i risk* [Radiation and risk], 2015, vol. 24, no. 1, pp. 61-70. (in Russian)

7. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Gordon V.A., Kormina A.A. Statistical dependencies of indicators of a favorable environment for the life of a biosphere-compatible city. *Bulletin of MGSU*, 2021, vol. 16, no. 5. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.5.545-556. (in Russian)

8. Zvezdina N.V. Statistical analysis of mortality in Russia. *Экономика, статистика и информатика*, 2012, no. 2, pp. 125-131. (in Russian)

9. Sabgayda T.P. Premature mortality and risk factors as indicators of mortality reduction programs in Russia. *Социальные аспекты здоровья населения*, 2017. № 3 (55). С. 1-25.

10. Krot K.V. Socioeconomic Importance of Mental Disorders: Regional Aspects. *Dal'nevostochnyj medicinskiy zhurnal* [Far Eastern Medical Journal], 2016, no.1, pp. 91-96. (in Russian)

11. Yakovlev S.A. Infectious diseases as a global problem of our time. *Territoriya nauki* [Territory of science], 2017, no. 1, pp. 20-23. (in Russian)

12. Shestakova I.V. Infectious diseases in the Russian Federation in 2000-2015: success or failure? *Infeccionnye bolezni: novosti, mneniya, obuchenie* [Infectious Diseases: News, Opinions, Education], 2017, no. 3 (20), pp. 11-20. (in Russian)

13. Zhdanov K.V. Countering infections in the era of modern threats. *Infeccionnye bolezni: novosti, mneniya, obuchenie* [Infectious Diseases: News, Opinions, Education], 2017, no. 6 (23), pp. 85-91. (in Russian)

14. Monastyrskaya M.Ye. "Reslobodization" of Cities as an Effective Response to the Epidemiological Challenge of the Contemporary. Part i: General Provisions, Research Hypothesis. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 1, pp. 110–117. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.15.

15. Monastyrskaya M.Ye. "Reslobodization" of Cities as an Effective Response to the Epidemiological Challenge of the Contemporary. Part II: Preconditions, Algorithms, Results. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 117–129. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.17.15.

16. Stop Coronavirus. RF. Available at: <https://xn--80aesfpebagmflbc0a.xn--p1ai/>.

17. Khachatryan L.A. Divorce is the flip side of marriage. *Vestnik Permskogo universiteta. Filosofiya. Psihologiya. Sociologiya* [Perm University Bulletin. Philosophy. Psychology. Sociology], 2010, no. 1 (1), pp. 79-98. (in Russian)

18. Abusheva Kh.K. Marriages and divorces and ways to reduce the latter. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2013, no. 4, pp. 237-246. (in Russian)

Об авторе:

КОРМИНА Александра Алексеевна,
аспирант кафедры градостроительства
Национальный исследовательский
Московский государственный строительный
университет
129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26
E-mail: sascha-girl@mail.ru

KORMINA Alexandra Alekseevna,
Postgraduate Student of the Town Planning Chair
National Research Moscow State University of Civil
Engineering
129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye av., 26,
tel. (910) 2055177
E-mail: sascha-girl@mail.ru

Для цитирования: Кормина А.А. Комбинированные воздействия факторов жилой среды на благополучие населения города // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 3. С. 128–137. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.18.

For citation: Kormina A.A. Combined Effects of the Living Environment on the Well-Being of the City Population. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 3, pp. 128–137. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.18.

ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР «КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭНЕРГОАУДИТ»

Направления
деятельности



Внедрение компьютерных моделей энергетических процессов и систем, позволяющих с высокой достоверностью моделировать температурные и гидравлические режимы работы энергетических объектов, определять оптимальные направления их реконструкции, проектировать новые сложные энергетические системы (тепловые пункты крупных городов, водопроводные сети, системы нефти и газопроводов, циркуляционные системы тепловых электрических станций), проведение качественного и эффективного энергоаудита

Руководитель



Василий Александрович КУДИНОВ
доктор физико-математических наук, профессор

Контакты



443010, Самара, ул. Галактионовская, 141
(846) 332-42-35, 332-42-44
totig@yandex.ru