

Митихин В.Г. ✉, Солохина Т.А.

Научный центр психического здоровья, Москва, Россия

Популяционные модели оценки показателей общей и первичной заболеваемости психическими расстройствами населения Российской Федерации в период 1992–2022 гг.

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Митихин В.Г. – сбор, статистический анализ и интерпретация данных, расчеты, написание текста рукописи; Солохина Т.А. – разработка дизайна исследования, обсуждение результатов и формирование выводов, редактирование текста рукописи.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Подана: 05.08.2024

Принята: 10.09.2024

Контакты: mvgmia@mail.ru

Резюме

Введение. Популяционные модели, предоставляющие количественные оценки трендов значений общей и первичной заболеваемости психическими расстройствами населения, позволяют: 1) демонстрировать масштаб проблем и оценивать ресурсы для их решения; 2) формировать оценки доступности помощи; 3) планировать и разрабатывать медико-социальные программы в области охраны психического здоровья населения.

Цель. Построение на уровне популяции математических моделей для оценки зависимости показателей общей и первичной заболеваемости психическими расстройствами населения России от демографических, социально-экономических факторов и кадрового ресурса психиатрической помощи в период 1992–2022 гг.

Материалы и методы. При формировании моделей связи между факторами и показателями психического здоровья использованы методы системного анализа данных и статистический анализ. Для построения логистических моделей показателей общей и первичной заболеваемости населения России использовался метод наименьших квадратов с помощью надстройки MS Excel «Поиск решения». Все вычисления и оценка значимости полученных моделей проводились с помощью MS Excel.

Результаты. Выделены социально-экономические и демографические факторы, значимо влияющие на показатели общей и первичной заболеваемости в рассматриваемый период. Получены однофакторные и двухфакторные линейные модели с высоким уровнем значимости для показателей заболеваемости населения России в период 1992–2022 гг. Разработаны двухфакторные логистические модели для прогнозирования показателей общей и первичной заболеваемости при изменении социально-экономических факторов и кадрового ресурса психиатрической службы. Приведены примеры использования полученных моделей для задач прогнозирования значений показателей.

Заключение. Использование оперативных (с помощью линейных моделей) и долгосрочных (на основе логистических моделей) оценок психического здоровья

населения России позволяет своевременно отслеживать и учитывать влияние демографических, социально-экономических факторов жизни населения, кадрового ресурса системы психиатрической помощи и на этой основе принимать соответствующие управленческие решения.

Ключевые слова: психическое здоровье, популяция, общая заболеваемость, первичная заболеваемость, математическая модель, прогнозирование

Mitikhin V. ✉, Solokhina T.

Mental Health Research Centre, Moscow, Russia

Population Models for Assessing the Indicators of General and Primary Morbidity of Mental Disorders in the Population of the Russian Federation in the Period 1992–2022

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Mitikhin V. – collection, statistical analysis and interpretation of data, calculations, writing the text of the manuscript; Solokhina T. – development of the design of the study, discussion of the results and drawing conclusions, editing the text of the manuscript.

Funding: the study was conducted without sponsorship.

Submitted: 05.08.2024

Accepted: 10.09.2024

Contacts: mvgmia@mail.ru

Abstract

Introduction. Population models that provide quantitative estimates of trends in the values of general and primary morbidity of mental disorders of the population allow: 1) demonstrate the scale of problems and assess resources to solve them; 2) form assessments of the availability of care; 3) plan and develop medical and social programs in the field of mental health of the population.

Purpose. Building mathematical models at the population level to assess the dependence of indicators of general and primary morbidity of mental disorders in the Russian population on demographic, socio-economic factors and the personnel resource of psychiatric care in the period 1992–2022.

Materials and methods. When forming models of the relationship between factors and indicators of mental health, methods of systematic data analysis and statistical analysis were used. To build logistic models of indicators of general and primary morbidity of the Russian population, the least squares method was used using the MS Excel add-in "Solver". All calculations and the significance of the obtained models were carried out using MS Excel.

Results. Socio-economic and demographic factors that significantly affect the indicators of general and primary morbidity in the period under review are highlighted. One-factor and two-factor linear models with a high level of significance for the morbidity rates of the Russian population in the period 1992–2022 were obtained. Two-factor logistic models have been developed to predict the indicators of general and primary morbidity with

changes in socio-economic factors and the personnel resource of the psychiatric service. Examples of the use of the obtained models for the tasks of predicting the values of indicators are given.

Conclusion. The use of operational (using linear models) and long-term (based on logistic models) assessments of the mental health of the Russian population makes it possible to timely monitor and take into account the impact of demographic, socio-economic factors of the population's life, resource of the psychiatric care system and to make appropriate management decisions based on them.

Keywords: mental health, population, prevalence, incidence, regression model, forecasting

■ ВВЕДЕНИЕ

Период коренных изменений в социально-экономической и политической жизни в России, начавшийся в 90-х годах XX века и продолжающийся в настоящее время, неблагоприятно отразился на состоянии психического здоровья населения России. В современных условиях как в России, так и в мире все более отчетливо выявляется зависимость психического здоровья населения от условий его жизни и социально-экономических факторов. В основополагающих работах [1–5] ведущими российскими психиатрами и эпидемиологами на качественном уровне было обосновано значимое влияние демографических, социально-экономических факторов, а также фактора кадрового ресурса психиатрической службы на показатели психического здоровья населения [6, 7]. На уровне концептуальных оценок с точки зрения биопсихосоциальной модели эта зависимость считается общепризнанной, но отдельные оценки этой зависимости, полученные на основе выборочных исследований, различаются в достаточно широких пределах.

Указанный период (с 90-х годов XX века до настоящего времени) предоставил обширный статистический материал для эпидемиологических исследований в области психиатрии. Результаты эпидемиологических исследований в области психического здоровья на уровне популяции необходимы для постановки и решения следующих основных проблем: 1) оптимизация использования ресурсов психиатрической службы для биопсихосоциального лечения и реабилитации пациентов; 2) интеграция пациентов в социум; 3) совершенствование форм помощи; 4) определение актуальных научно-практических направлений развития службы психического здоровья. Вместе с тем построенные на их основе популяционные модели предоставляют количественные оценки значений для показателей психического здоровья населения и позволяют: 1) демонстрировать масштаб проблем и оценивать ресурсы для их решения; 2) формировать оценки доступности помощи; 3) оперативно прогнозировать количественные тренды для основных показателей здоровья, на основе которых планируются государственные медико-социальные программы и меры по совершенствованию психиатрической службы.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Построение на уровне популяции математических моделей (линейных и нелинейных) для оценки зависимости показателей общей и первичной заболеваемости

психическими расстройствами населения России от демографических, социально-экономических факторов и кадрового ресурса психиатрической помощи в период 1992–2022 гг.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Факторы моделей выбирались на основе корреляционного анализа демографических, социально-экономических факторов и кадрового ресурса психиатрической помощи, значимо влияющих на показатели психического здоровья населения в период 1992–2022 гг.

В работе использованы демографические и социально-экономические данные российской статистики [8, 9], аналитические материалы специализированных медицинских и научно-исследовательских учреждений [10–13], а также результаты эпидемиологических исследований, опубликованные в научной периодике и ведомственных изданиях [14–20].

Материалы, касающиеся эпидемиологической статистики и ресурсов российской психиатрической службы, основаны на единой методологии сбора и обработки данных в соответствии с формами статистической отчетности. К ним прежде всего относятся: форма № 10 – «Сведения о заболеваниях психическими расстройствами и расстройствами поведения (кроме заболеваний, связанных с употреблением психоактивных веществ)», форма № 17 – «Сведения о медицинских и фармацевтических работниках», форма № 36 – «Сведения о контингентах психически больных».

Учитывались заболевания, предусмотренные официальной формой № 10, позволяющей рассчитать эпидемиологические показатели. В эту форму входят все заболевания с шифрами F00–F09, F20–F99 (по МКБ-10), сгруппированные в основные диагностические категории: 1) психозы и состояния слабоумия; 2) непсихотические расстройства; 3) умственная отсталость.

При формировании моделей связи между факторами и показателями психического здоровья использованы методы системного анализа данных, представленные в работах [15, 21, 22], и статистический анализ, основные составляющие которого – корреляционный и регрессионный анализ, реализованные в MS Excel (надстройка «Пакет анализа», инструменты «Корреляция» и «Регрессия»).

На первом этапе использовался корреляционный анализ для отбора демографических, социально-экономических факторов и кадрового ресурса психиатрической помощи, значимо влияющих на показатели общей и первичной заболеваемости психическими расстройствами, методологически основанный на результатах работы [15]. В качестве критерия оценки значимости связи использовался коэффициент корреляции Пирсона, для которого с учетом объема выборки и уровня надежности 95% критическое значение равно 0,301.

На втором этапе формировались линейные регрессионные модели (однофакторные и двухфакторные), связывающие показатели заболеваемости психическими расстройствами с отобранными факторами, значимо влияющими на эти показатели.

Надежность получаемых регрессионных моделей оценивалась с помощью коэффициента детерминации R^2 , использование которого, как показывают современные исследования в области статистического анализа [23], существенно информативнее по сравнению с другими критериями надежности.

Для построения нелинейных моделей зависимости показателей общей и первичной заболеваемости от демографических, социально-экономических факторов и кадрового ресурса психиатрической службы использовалась логистическая функция. При подборе оптимальных значений параметров логистической функции использовалась надстройка MS Excel («Поиск решения»), в рамках которой применялась надстройка «Поиск решения нелинейных задач методом ОПГ».

Все вычисления и оценка значимости полученных моделей осуществлялись с помощью соответствующих инструментов MS Excel.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

С опорой на результаты выполненных ранее исследований, проведенных В.С. Ястребовым, В.Г. Митиным, Т.А. Солохиной и др. [6, 7, 15, 21, 22], с помощью корреляционного анализа были выделены основные социально-экономические и демографические факторы, значимо влияющие на показатели общей и первичной заболеваемости населения психическими расстройствами.

Исходный общий список медико-демографических и социально-экономических факторов, а также показателей службы психического здоровья включает более 40 наименований, которые можно разбить на три группы. Первая группа – это демографические факторы: численность населения, рождаемость, смертность, миграция. Вторая группа: а) показатели психического здоровья населения – общая и первичная заболеваемость психическими расстройствами, показатели структуры психических расстройств; б) показатели ресурсов и деятельности службы психического здоровья – численность специалистов, число психиатрических коек, средняя длительность пребывания в стационаре, повторные госпитализации и т. д. Третья группа – социально-экономические факторы: доход на душу населения, индекс цен, отношение средней пенсии к среднему доходу, уровень безработицы, ожидаемая продолжительность жизни, браки, разводы и т. д.

Значения рассматриваемых показателей заболеваемости и отобранные факторы, имеющие значимую корреляционную связь с показателями, приводятся в табл. 1.

Таблица 1
Значения показателей общей и первичной заболеваемости населения России (Pr, In), фактора кадрового ресурса психиатрической службы (Ps) и факторов: Po – население и Ey – ожидаемая продолжительность жизни в период 1992–2022 гг.
Table 1
The values of indicators of general and primary morbidity of the Russian population (Pr, In), the factor personnel resource of the psychiatric service (Ps) and the factors: Po – population and Ey – life expectancy in the period 1992–2022

Год	Po	Ps	Pr	In	Ey
1992	148,6	12	242,94	28,76	67,8
1993	148,4	12,7	247,15	31,55	65
1994	148,5	13,1	250,65	32,69	63,9
1995	148,3	13,5	251,24	33,26	64,5
1996	148	14,1	258,26	34,52	65,8
1997	147,8	14,3	259,36	35,02	66,7
1998	147,5	14,6	264,71	36,27	67,1
1999	146,9	15	265,78	35,79	65,9

Окончание таблицы 1

2000	146,3	15,1	271,66	37,35	65,3
2001	145,6	15,3	277,7	38,13	65,2
2002	145	15,5	283,8	38,93	65
2003	144,3	15,7	287,67	37,84	64,9
2004	143,8	15,9	292,95	39,89	65,3
2005	143,2	15,9	296,66	38,94	65,3
2006	142,9	15,8	297,21	37,65	66,6
2007	142,7	15,7	297,61	36,13	67,5
2008	142,7	15,7	296,12	35,71	67,9
2009	142,8	15,7	295,2	35,61	68,8
2010	142,9	15,4	293,2	34,92	68,9
2011	143,1	15,1	289,25	33,56	69,8
2012	143,3	15	285,6	32,8	70,2
2013	143,3	14,6	285,6	31,98	70,8
2014	143,7	14,9	279,9	30,83	70,9
2015	146,3	15,1	276,23	30,09	71,4
2016	146,5	14,8	274,4	29,35	71,9
2017	146,8	14,6	269,7	29,07	72,7
2018	146,9	14,4	267,9	29,9	72,9
2019	146,8	13,8	268,1	31,22	73,3
2020	146,8	13,6	262,3	26,2	71,5
2021	146,2	13,4	263,8	29,71	70,1
2022	145,6	13,2	267,5	28,91	72,7

Примечания: Pr – показатель общей заболеваемости на 10 тыс. населения; In – показатель первичной заболеваемости на 10 тыс. населения; Ps – кадровый ресурс психиатрической службы на 100 тыс. населения; Po – численность населения в млн человек; Eu – ожидаемая продолжительность жизни (годы) для населения России.

Факторы были отобраны с помощью корреляционного анализа (надстройка MS Excel «Пакет анализа»). Значимость связей между показателями и факторами подтверждается соответствующей корреляционной матрицей (табл. 2), содержащей значения парных корреляций между факторами и показателями заболеваемости.

Модели показателей психического здоровья населения Российской Федерации в период 1992–2022 гг.

1. Однофакторные модели для показателя общей заболеваемости

А. Однофакторная линейная регрессионная модель (1) между показателем общей заболеваемости (Pr – prevalence) на 10 тыс. населения и численностью населения (Po) в млн человек (без учета численности населения новых территорий России).

Модель получена с помощью надстройки MS Excel «Пакет анализа» на основе данных Pr и Po из табл. 1.

Разработанная модель характеризуется высоким уровнем надежности: $R^2=0,916$, то есть объясняет на 91,6% вариацию показателя общей заболеваемости в рассматриваемый период:

$$Pr = 1368,1 - 7,512 \times Po. \quad (1)$$

Таблица 2
Матрица парных корреляций между показателями общей и первичной заболеваемости (Pr, In) и факторами (Po, Ps, Ey)
Table 2
Matrix of paired correlations between indicators of general and primary morbidity (Pr, In) and factors (Po, Ps, Ey)

	Po	Ps	Pr	In	Ey
Po	1				
Ps	–0,7679	1			
Pr	–0,957	0,89922	1		
In	–0,4174	0,69523	0,53221	1	
Ey	–0,0986	–0,1438	0,05006	–0,7332	1

На рис. 1 приводится графическая иллюстрация для модели (1).
Соотношение (1) указывает на существенный вклад в изменение величины Pr (общая заболеваемость) со стороны фактора Po (численность населения) в рассматриваемый период. Этот эффект согласуется с принципом демографического императива, который установлен в работах С.П. Капицы и др., выполненных за последние 30 лет [24, 25]. Этот принцип определяет ключевую значимость основного демографического фактора – численности населения – для социально-экономических явлений и процессов.
Фактор Po входит в соотношение (1) с отрицательным коэффициентом, что означает рост показателя общей заболеваемости (Pr) при уменьшении численности

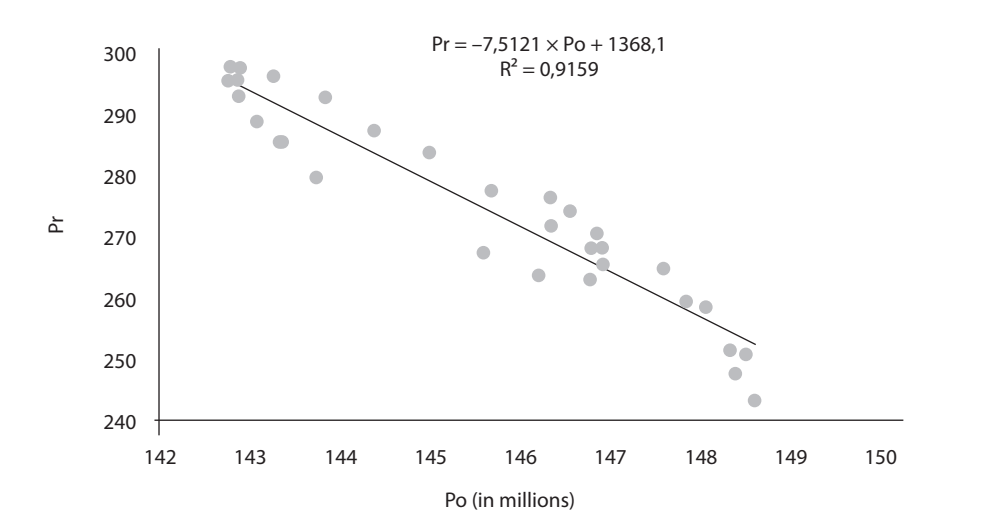


Рис. 1. Фактические значения показателя общей заболеваемости (Pr) и линейная регрессионная модель для этого показателя в зависимости от численности населения России (Po) в период 1992–2022 гг.
Fig. 1. The actual values of the indicator of general morbidity (Pr) and a linear regression model for this indicator depending on the population of Russia (Po) in the period 1992–2022

населения. Этот факт подтверждается и очень высоким уровнем корреляции между фактическими значениями Pr и Po для рассматриваемого периода ($r=-0,957$, табл. 2).

С позиции принципа демографического императива это явление следует трактовать как «стресс депопуляции» [3], который явно прослеживался в период 1992–2007 гг. [14, 16, 17]. В этот период увеличение общей заболеваемости на 22,5% наблюдалось на фоне уменьшения численности населения на 3,9%. Здесь надо заметить, что основной вклад в изменение показателя общей заболеваемости вносит кадровый ресурс психиатрической службы.

Б. Модель оценки влияния кадрового ресурса службы психического здоровья на показатель общей заболеваемости.

Под кадровым ресурсом мы понимаем число (Ps) занятых должностей психиатров и психотерапевтов (на 100 тыс. населения). Как было отмечено ранее, связь между кадровым ресурсом психиатрической службы и показателями психического здоровья населения очевидна из общих соображений.

На статистическом уровне эту связь отражает величина коэффициента корреляции между показателем общей заболеваемости населения (Pr) и фактором Ps. Величина этого коэффициента устойчиво сохраняется на очень высоком уровне (около 0,8–0,9) на протяжении десятков лет [1, 6, 7, 10–12, 15], и в рассматриваемый период он равен 0,899. Такая тесная корреляционная связь означает практически линейную положительную связь между рассматриваемыми величинами: рост кадрового ресурса службы психиатрической помощи соответствует увеличению зарегистрированного контингента пациентов, и наоборот – с уменьшением величины Ps (кадровый ресурс службы) становится меньше зарегистрированная численность контингента (Pr). Последнее означает сокращение доступности помощи, и, как следствие, имеющиеся среди населения больные не попадают в статистическую отчетность службы.

Численность кадрового ресурса (Ps) для службы психического здоровья и общества, очевидно, является основным фактором, определяющим численность (Pr) зарегистрированного контингента пациентов. Управление величиной фактора Ps в рамках психиатрической службы несоизмеримо легче, чем изменение численности населения страны.

Таким образом, модели связи между показателем общей заболеваемости (Pr) и кадровым ресурсом (Ps) представляют значительный интерес с точки зрения совершенствования службы психического здоровья. Линейные модели решают задачи только краткосрочного оперативного прогноза, поэтому необходима разработка и нелинейных моделей, которые обеспечивают более адекватное описание соответствующих процессов (пример такой модели рассматривается далее).

2. Однофакторная линейная регрессионная модель, связывающая показатели общей заболеваемости (Pr) и кадрового ресурса (Ps)

Модель с достаточно высокой надежностью $R^2=0,809$ получена с помощью надстройки MS Excel «Пакет анализа» на основе данных табл. 1:

$$Pr = 69,065 + 14,066 \times Ps. \quad (2)$$

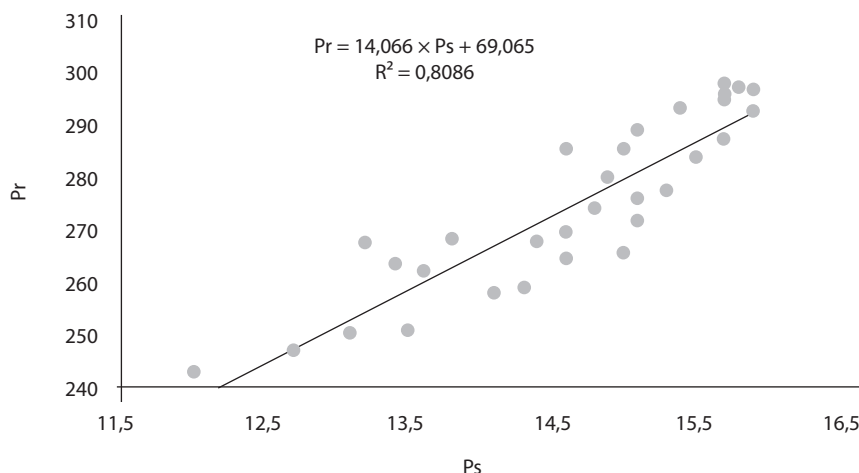


Рис. 2. Фактические значения показателя общей заболеваемости (Pr) и линейная регрессионная модель для этого показателя в зависимости от кадрового ресурса (Ps) психиатрической службы в период 1992–2022 гг.

Fig. 2. The actual values of the indicator of general morbidity and a linear regression model for this indicator depending on the personnel resource (Ps) of the psychiatric service in the period 1992–2022

Графическая иллюстрация для соотношения (2) приводится на рис. 2, на котором можно заметить проявляющийся нелинейный характер рассматриваемой зависимости, что будет использовано далее при построении нелинейной модели для этой связи.

Полученные однофакторные модели зависимости (1, 2) для показателя общей заболеваемости Pr от факторов Po и Ps соответствуют отдельным разнонаправленным трендам изменения общей заболеваемости в рассматриваемый период (при уменьшении значения Po величина Pr возрастает и убывает при уменьшении значения Ps).

В последние годы (с 2019 г.) наблюдается умеренная депопуляция населения (темп убывания численности в среднем 0,3% в год [9]) и уменьшение кадрового ресурса психиатрической службы (например, согласно данным [10, 11], число должностей специалистов убывало ежегодно в среднем на 1,2%).

Поэтому для точного описания динамики величины Pr – показателя общей заболеваемости населения психическими расстройствами – при наличии существенных разнонаправленных тенденций изменения Pr – кадрового ресурса – необходимо использовать многофакторные модели, которые статистически дают описание с большей адекватностью.

Аналогичный вывод имеет место и для показателя первичной заболеваемости (ln) населения психическими расстройствами. Здесь только важно отметить, что кроме основного фактора – кадровый ресурс (Ps), который значимо коррелирует с показателем ln (это следует из табл. 2 – коэффициент корреляции $r=0,695$), появляется второй существенный фактор Ey – ожидаемая продолжительность жизни для российской популяции (как следует из табл. 2, коэффициент корреляции ln с Ey

равен $-0,733$). Эти факторы также определяют разнонаправленные тренды изменения первичной заболеваемости в рассматриваемый период.

Поэтому далее рассмотрим двухфакторные линейные модели зависимостей для показателей общей и первичной заболеваемости от соответствующих факторов.

3. Двухфакторные линейные модели для показателей общей и первичной заболеваемости (в период 1992–2022 гг.)

При формировании этих моделей использовался корреляционный и регрессионный анализ (надстройка MS Excel «Пакет анализа») для обработки зарегистрированных в период 1992–2022 гг. популяционных значений показателей общей и первичной заболеваемости, а также соответствующих факторов, характеризующих условия жизни населения России и кадровый ресурс психиатрической службы (Ps) в рассматриваемый период (табл. 1, 2).

А. Регрессионная двухфакторная модель для показателя общей заболеваемости (3):

$$Pr = 925,210 + 6,264 \times Ps - 5,099 \times Po, \quad (3)$$

где Pr – значение показателя общей заболеваемости на 10 тыс. населения;

Ps – кадровый ресурс психиатрической службы на 100 тыс. населения;

Po – численность населения в млн человек.

Полученная модель имеет очень высокую надежность ($R^2=0,982$).

Графическая иллюстрация для соотношения (3) приводится на рис. 3.

Б. Регрессионная линейная двухфакторная модель для показателя первичной заболеваемости населения России психическими расстройствами.

Модель получена аналогично модели (3) с помощью надстройки MS Excel «Пакет анализа» на основе данных табл. 1, 2.

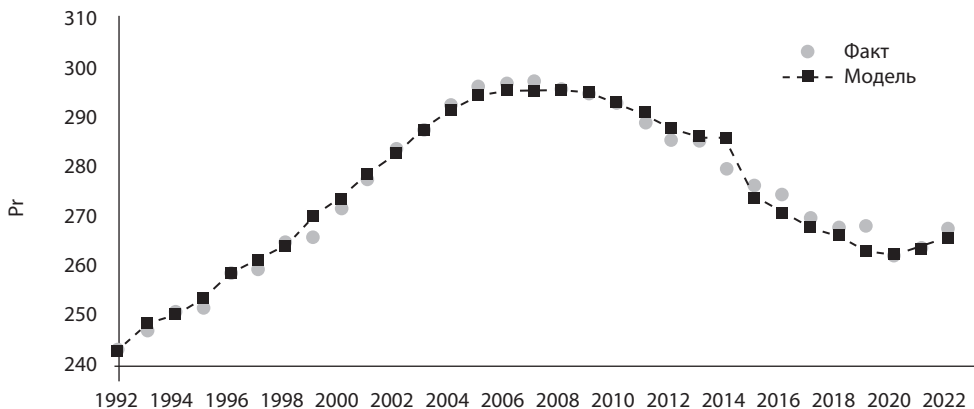


Рис. 3. Фактические значения и значения по модели (3) для показателя общей заболеваемости психическими расстройствами в России в 1992–2022 гг.

Fig. 3. Actual values and values according to model (3) for the indicator of the general incidence of mental disorders in Russia in 1992–2022

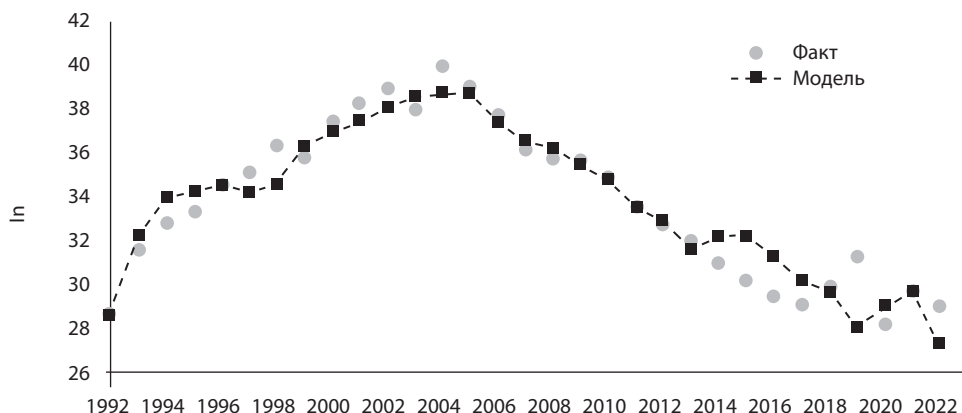


Рис. 4. Фактические значения и значения по модели (4) для показателя первичной заболеваемости психическими расстройствами в России в 1992–2022 гг.

Fig. 4. Actual values and values according to model (4) for the indicator of primary incidence of mental disorders in Russia in 1992–2022

Для рассматриваемого периода модель имеет вид:

$$In = 56,766 + 2,125 \times Ps - 0,794 \times Ey, \quad (4)$$

где In – показатель первичной заболеваемости на 10 тыс. населения;

Ps – кадровый ресурс психиатрической службы на 100 тыс. населения;

Ey – показатель ожидаемой продолжительности жизни (годы) для населения России.

Полученная модель имеет высокую надежность ($R^2=0,893$).

На рис. 4 приводится графическая иллюстрация для соотношения (4).

Пояснения, касающиеся факторов, использованных в модели (4):

1. Основным фактором, как и в моделях (2, 3), для показателя общей заболеваемости следует считать кадровый ресурс психиатрической службы. Уменьшение величины фактора Ps означает снижение доступности диагностики и помощи населению, что, соответственно, приводит к уменьшению показателя первичной заболеваемости, что полностью согласуется с моделью (4), и наоборот (формально на этот факт указывает положительный коэффициент при факторе Ps в модели).
2. Второй аргумент в модели (4) Ey – ожидаемая продолжительность (годы) жизни (для российской популяции) – следует рассматривать как интегральный фактор – индикатор взаимодействия множества факторов, начиная от наследственности, образа жизни, особенностей питания, экологических условий проживания, качества медицинской помощи, уровня образования и доходов граждан и заканчивая поведенческими стереотипами и социально-экономическими обстоятельствами жизни популяции. Статистическая корреляция между фактическим показателем In (первичная заболеваемость) и величиной Ey (ожидаемая продолжительность жизни) в рассматриваемый период находится на высоком уровне значимости

($r=-0,733$, табл. 2). Отрицательное значение коэффициента корреляции означает уменьшение величины $\ln$ (показателя первичной заболеваемости) при увеличении значения E_y , и наоборот. Этот факт также подтверждается отрицательным значением коэффициента при аргументе E_y в модели (4).

4. Нелинейные модели для показателей общей и первичной заболеваемости населения России в период 1992–2022 гг.

По данным международной статистики в области психического здоровья (Mental health atlas, 2020) [26], российская психиатрическая служба значительно уступает странам с высоким уровнем доходов, в которых численность психиатров и психотерапевтов в 1,5–3 раза больше.

С учетом существенной связи между численностью контингента пациентов и кадров психиатрической службы возникает важный вопрос о возможных размерах зарегистрированного контингента пациентов при существенном увеличении кадрового ресурса службы. При этом следует учитывать естественное ограничение на предельный рост контингента пациентов: число пациентов не может превышать численность популяции.

Кроме этого, очевидно, что малым значениям численности кадрового ресурса должно соответствовать малое значение численности контингента пациентов. Нелинейные популяционные модели (2–4) не удовлетворяют этим характеристикам-ограничениям, поэтому их можно использовать только для оперативного прогнозирования заболеваемости населения на временном отрезке 1–2 года, а затем перестраивать с учетом новых данных.

Для задач среднесрочного и долгосрочного прогнозов показателей заболеваемости необходимо использовать нелинейные модели, удовлетворяющие отмеченным ограничениям на изменение показателей заболеваемости при существенном (в разы) изменении кадрового ресурса психиатрической службы.

Практика популяционных, демографических и биологических исследований показала [1, 23, 24, 27], что в тех случаях, когда описываемый процесс должен привести к предельному росту определенной характеристики, следует использовать так называемые математические модели роста с насыщением. К таким моделям, в частности, относится логистическая функция, которая описывает рост численности популяции в условиях ресурсных ограничений [27].

Логистическая функция (зависимость) известна в науке с 1838 г. как уравнение Ферхюльста (Verhulst P.F.), которое описывает рост численности популяции в условиях ресурсных ограничений и широко используется в задачах моделирования популяционных процессов [27]. В работе [1] впервые в психиатрической литературе упоминается (на качественном уровне) о возможности использования логистической модели в эпидемиологических исследованиях.

В качестве подходящей нелинейной зависимости для моделирования динамики показателя общей заболеваемости (Pr) при изменении факторов кадрового ресурса (Ps) и численности популяции (Po) с учетом трендов этих изменений (модель (3)) и необходимых характеристик нелинейной зависимости, указанных выше, используем определенную разновидность из семейства логистических функций:

$$Y = C \times (\exp(a \times x - b \times y)) / (\exp(a \times x - b \times y) + 1). \quad (5)$$

В формуле (5): $\exp$ – имя стандартной функции (экспонента); значениям Y соответствуют значения Pr (показатель общей заболеваемости психическими расстройствами на 10 тыс. населения); выбор структуры аргумента экспоненты соответствует структуре линейной двухфакторной модели (3). Аргумент x соответствует значениям Ps (кадровый ресурс психиатрической службы на 100 тыс. населения), аргумент y соответствует значениям Po (численность популяции, в млн). Параметры C , a и b являются положительными константами, которые необходимо определить, используя фактические значения Pr , Ps и Po в период 1992–2022 гг., с помощью стандартного метода наименьших квадратов.

Из асимптотических свойств функции (5) [27] следует, что значение параметра C имеет простой смысл – это предельное значение Y (или Pr) при неограниченном возрастании аргумента экспоненты (в нашем случае это возможно только при увеличении фактора Ps), а параметры a и b определяют темп изменения факторов Ps и Po .

Реализация метода наименьших квадратов приводит к задаче нелинейного программирования, решаемой в рамках MS Excel на основе надстройки «Поиск решения», в которой следует использовать встроенный метод «Поиск решения нелинейных задач методом ОПГ».

В качестве целевой функции (F) выбиралась сумма квадратов разностей между фактическими значениями Pr (табл. 1) и модельными показателями общей заболеваемости, которые вычислялись с помощью логистической функции (5):

$$F = \sum (Pr(i) - Y(i))^2 \rightarrow \min. \quad (6)$$

В соотношении (6) значения $Pr(i)$ – это годовые значения Pr из табл. 1, а значения $Y(i)$ – соответствующие значения функции Y при выбранных значениях параметров C , a и b . Минимум целевой функции (F) определяется при изменении C , a и b в областях их определения. Для определения интервала возможных значений параметра C используем следующие соображения: 1) $C > 297$, так как есть фактические значения Pr в рассматриваемый период, превышающие это значение; 2) предельное значение C не может превышать 10 000.

Действительно, для определения величины общей заболеваемости (на 10 тыс. населения):

$$Pr = K / (Po / 10\,000), \quad (7)$$

где K – величина зарегистрированного контингента пациентов.

Поэтому если вся популяция совпадает с контингентом пациентов, то есть $K = Po$, то из (7) получаем значение $C = 10\,000$.

В качестве начального приближения C для итерационного процесса выбиралось значение $C = 1400$. Это значение получается из соотношения (7) при $K = 14\% Po$. Здесь использовались оценки численности контингента пациентов, полученные на основе выборочных исследований для тревожных и аффективных расстройств [28, 29].

Параметры a и b логистической функции (5) задают темпы (по абсолютной величине) изменения факторов Ps и Po в рассматриваемый период. Так как по данным из табл. 1 этот темп менялся в интервале $(0; 0,3)$, для области изменения параметров

а и b можно взять более широкий интервал (0; 0,5). В качестве начальных приближений а и b для итерационного процесса выбиралось значение 0,1.

А. Нелинейная логистическая модель зависимости значения показателя общей заболеваемости (Pr-m – модельное значение Pr) от кадрового ресурса (Ps) и численности населения (Po).

В результате решения задачи получаем следующее выражение:

$$Pr-m = 3443,65 \times (\exp(0,0268 \times Ps - 0,0195 \times Po)) / (\exp(0,0268 \times Ps - 0,0195 \times Po) + 1). \quad (8)$$

В отличие от линейных моделей, нелинейная модель (8) может использоваться в качестве инструмента прогнозных оценок общей заболеваемости для ситуаций кратного изменения кадрового ресурса (Ps).

На рис. 5 приводится иллюстрация результатов вычислений на основе модели (8).

На рис. 5 интервал значений кадрового ресурса (Ps) от 12 до 15,9 является интервалом фактических данных для периода 1992–2022 гг., которым соответствуют значения общей заболеваемости (Pr) в интервале от 242,94 до 297,61. Совокупность этих значений составляет начальный участок графика на рис. 5, при этом среднее абсолютное отклонение модельных значений (Pr-m) от фактических значений Pr на этом участке равно 2,8%.

Предельное теоретическое значение показателя общей заболеваемости для российской популяции согласно модели (8) составляет 3443,65 (на 10 тыс. населения), которое дает 34,4% от численности российской популяции. Этот результат практически совпадает с результатом, полученным в известной работе [30]. В этом эпидемиологическом исследовании на Европейском континенте (ECNP/EBC REPORT'2011) было установлено, что 38,2% жителей Европы страдают психическими расстройствами.

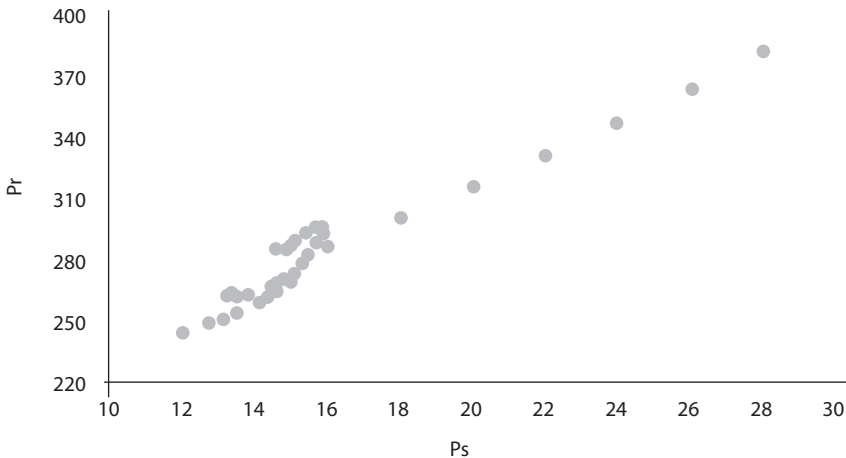


Рис. 5. Фактические (начало графика) и далее прогнозные значения по модели (8) для общей заболеваемости (Pr на 10 тыс. населения) психическими расстройствами в России в зависимости от кадрового ресурса (Ps) при фиксированном уровне Po (145 млн)

Fig. 5. The actual (beginning of the graph) and further forecast values according to the model (8) for the total incidence (Pr per 10 thousand population) of mental disorders in Russia, depending on the personnel resource of the service (Ps) at a fixed Po level (145 million)

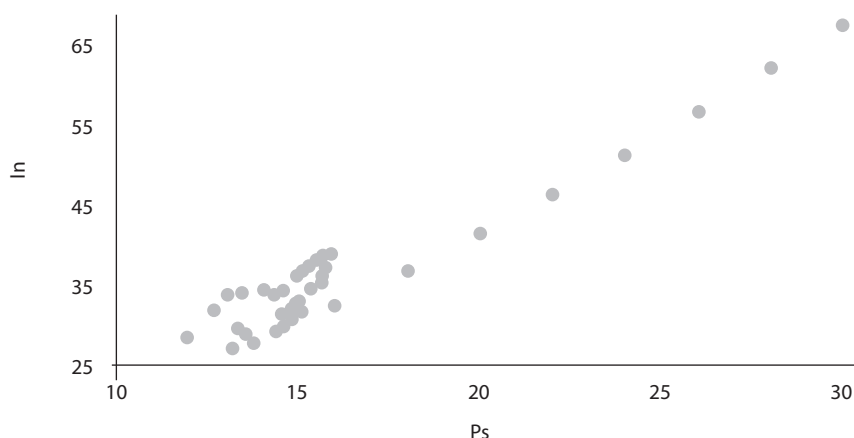


Рис. 6. Фактические (начало графика) и далее прогнозные значения по модели (9) для первичной заболеваемости (In на 10 тыс. населения) психическими расстройствами в России в зависимости от кадрового ресурса (Ps) при фиксированном уровне Ey (73 года)
Fig. 6. The actual (beginning of the graph) and further forecast values according to the model (9) for the primary incidence (In per 10 thousand population) of mental disorders in Russia, depending on the personnel resource of the service (Ps) at a fixed Ey level (73 years)

Прогнозный расчет по модели (8) (при фиксированном уровне $P_0=145$ млн) показывает (см. также рис. 5), что рост значения фактора кадрового ресурса (Ps) в 1,5 раза (от 16 до 24) приводит к увеличению значения показателя общей заболеваемости (Pr) до 348,05 (на 10 тыс. населения). Полученный результат означает увеличение показателя общей заболеваемости в 1,32 раза (то есть на 32%) по сравнению с уровнем заболеваемости в 2022 г.

Б. Нелинейная логистическая модель для показателя первичной заболеваемости (In-m) в зависимости от кадрового ресурса (Ps) и ожидаемой продолжительности жизни (годы) для населения России (Ey):

$$\text{In-m} = 123,91 \times (\exp(0,0876 \times \text{Ps} - 0,0333 \times \text{Ey})) / (\exp(0,0876 \times \text{Ps} - 0,0333 \times \text{Ey}) + 1). \quad (9)$$

Нелинейная модель (9) может использоваться в качестве инструмента прогнозных оценок первичной заболеваемости для ситуаций кратного изменения кадрового ресурса (Ps).

На рис. 6 приводится иллюстрация результатов вычислений на основе модели (9).

На рис. 6 интервал значений кадрового ресурса (Ps) от 12 до 15,9 является интервалом фактических данных для периода 1992–2022 гг., которым соответствуют значения первичной заболеваемости (In) в интервале от 28,76 до 39,89. Совокупность этих значений составляет начальный участок графика на рис. 6, при этом среднее абсолютное отклонение модельных значений (In-m) от фактических значений In на этом участке равно 2,6%.

Предельное теоретическое значение показателя первичной заболеваемости для российской популяции, согласно модели (9), составляет 123,91 (на 10 тыс. населения), которое в 3,11 раза больше максимального значения In, достигнутого в 2004 г., и в

4,55 раза больше уровня I_n в 2022 г. Прогнозный расчет по модели (9) (при фиксированном уровне E_y 73 года) показывает (см. также рис. 6), что рост значения фактора кадрового ресурса (P_s) в 1,5 раза (от 16 до 24) приводит к увеличению значения показателя первичной заболеваемости (I_n) до 51,83 (на 10 тыс. населения). Полученный результат означает увеличение показателя первичной заболеваемости в 1,79 раза (то есть на 79%) по сравнению с уровнем заболеваемости в 2022 г.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные в настоящей работе линейные популяционные модели для оценки основных показателей психического здоровья населения России могут использоваться для оперативного краткосрочного прогноза показателей психического здоровья при изменении факторов моделей в пределах 1–2% от их базовых значений. Для задач среднесрочного и долгосрочного прогноза показателей общей и первичной заболеваемости в зависимости от кадрового ресурса психиатрической службы следует использовать нелинейные модели (8–9).

Модели получены для конкретного периода времени и отражают усредненные по стране тренды изменения психического здоровья популяции с учетом демографических, социально-экономических и ресурсных факторов. Использование рассматриваемого подхода для конкретного региона может (и должно) применяться для формирования региональных моделей динамики показателей психического здоровья, отличающихся от популяционных моделей вследствие различных биопсихосоциальных, культуральных, этнических факторов, характеризующих население региона, а также факторов, описывающих социально-экономические, эпидемиологические и экологические условия жизни в этих регионах.

Выделенные базовые социально-экономические и демографические факторы, к которым относятся прежде всего численность популяции, ожидаемая продолжительность жизни при рождении, имеют высокую значимость для моделирования динамики основных показателей психического здоровья населения. Эти факторы были выявлены и ранее в наших работах [6, 7, 25], в которых популяционные модели строились для других временных периодов жизни населения России.

Важность учета социально-экономических аспектов при изучении психических расстройств подтверждается последними обзорами [31, 32], основанными на обширном материале российских и международных эпидемиологических исследований.

Следует отметить, что среди этих исследований нет работ, основанных на эпидемиологических данных популяционного уровня. Поэтому для подтверждения универсальности трендов, полученных в настоящей работе, весьма желательны международные популяционные исследования в области психического здоровья. Российские данные, полученные в условиях кризисных социально-экономических и политических реформ, и соответствующие популяционные модели позволяют предложить рациональное объяснение наблюдаемому достаточно быстрому (в рассматриваемый период) ухудшению психического здоровья населения.

Действительно, вряд ли консервативные генетические механизмы могут в полной мере объяснить такие быстрые вариации психического здоровья населения. Следовательно, основной вес при изучении психических расстройств населения России имеют медико-демографические, социально-экономические и культуральные условия существования популяции, усиливающийся психосоциальный и

информационный стресс, экологические факторы внешней среды и, возможно, обусловленные ими эпигенетические изменения. Эти соображения достаточно интересны с точки зрения общих положений нейронауки и требуют дальнейших исследований.

Заметим, что в настоящий период российская популяция находится в демографической яме, вызванной падением рождаемости и повышением смертности, наблюдавшимися в кризисные 90-е годы XX века. Кроме того, несомненно, вариация популяционных показателей психического здоровья в 2020–2022 гг. связана и с эпидемическими последствиями воздействия COVID-19. Можно надеяться, что в последующие годы (с учетом новых данных) перенастройка предложенных популяционных моделей позволит количественно оценить воздействие на психическое здоровье населения этих и других факторов.

Ограничениями настоящей работы являются сравнительно малый объем наблюдений (31 год) и отсутствие аналогичных систематических (сравнимых по длительности с настоящим исследованием) международных популяционных наблюдений.

Идеология использования подобных популяционных моделей для задач прогнозирования предполагает перенастройку таких моделей через определенный период времени, который будет соответствовать другим социально-экономическим, демографическим и иным факторам, связанным с условиями жизни населения, а также изменившемуся ресурсному и этико-правовому обеспечению психиатрической службы. Последнее обстоятельство имеет особое значение, так как формальные методы не позволяют адекватно исследовать изменение принципов учета больных, эволюцию отношения общества к ним и к проблемам психиатрии.

■ ВЫВОДЫ

1. В работе получены с высоким уровнем значимости линейные и нелинейные популяционные модели для оценки влияния демографических, социально-экономических факторов (численность населения, ожидаемая продолжительность жизни) и кадрового ресурса психиатрической службы на динамику показателей общей и первичной заболеваемости населения Российской Федерации в период 1992–2022 гг.
2. Модели разработаны с использованием стандартных математических и программных средств в рамках MS Excel и могут достаточно просто и оперативно перенастраиваться с учетом изменившихся факторов моделирования.
3. Полученные модели позволяют оперативно отслеживать влияние изменения кадрового ресурса системы психиатрической помощи. В последние 15 лет наблюдается тренд на снижение кадрового ресурса психиатрической службы (в среднем на 1% в год). Как следует из полученных в настоящей работе результатов, этот тренд является одной из весомых причин другого наблюдаемого тренда – уменьшения показателя общей заболеваемости психическими расстройствами населения России.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Kiselev A.S., Zharikov N.M., Ivanova A.E. *Mental health of the population*. Vladivostok: Izd-vo Dal'nevost. Univ-ta. 1993; 392 p. (in Russian)
2. Zharikov N.M., Ivanova A.E., Yurikov A.S. Factors influencing the state and dynamics of mental health of the population. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 1996;96(3):79–87. (in Russian)
3. Aleksandrovskij Yu.A. *Borderline psychiatry and modern social problems*. Rostov-na-Donu: Feniks. 1996; 111 p. (in Russian)
4. Zharikov N.M., Ivanova A.E., Aniskin D.B., Churkin A.A. Suicides in Russian Federation as a sociopsychiatric problem. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 1997;97(6):9–15. (in Russian)
5. Dmitrieva T.B., Polozhij B.S. Mental health of Russians. *Chelovek*. 2002;6:24–29. (in Russian)
6. Mitikhin V., Yastrebov V., Solokhina T. Models of the influence of socio-economic factors on the indicators of mental health among the population of the Russian Federation. *Journal of Culture and Mental Health*. 2018;11(1):10–16. doi: 10.1080/17542863.2017.1394655
7. Mitikhin V.G., Yastrebov V.S., Mitikhina I.A. Population Models of the Mental Health of the Population of Russia: Assessment of the Influence of Living Conditions and Psychiatric Care Resources. *Neuroscience and Behavioral Physiology*. 2019;49(2):233–239. doi: 10.1007/s11055-019-00720-4
8. *Healthcare in Russia*. M.: Rosstat. 2021; 171 p. (in Russian)
9. *Russian Statistical Yearbook 2019: Stat. book/Rosstat*. M. 2020; 708 p. (in Russian)
10. Kazakovtsev B.A., Demcheva N.K., Yazdovskaya A.V. *Psychiatric care for the population of the Russian Federation in 2019*. M.: FGBU "NMICPN im. V.P. Serbskogo" Minzdrava Rossii. 2020; 149 p. (in Russian)
11. Kotova E.G., Kobayakova O.S., Starodubov V.I. *Resources and activities of medical healthcare organizations. Part 1. Medical personnel: Statistical materials*. M.: FGBU "CNIIOIZ" Minzdrava Rossii. 2023; 292 p. (in Russian)
12. Kotova E.G., Kobayakova O.S., Starodubov V.I. *Socially significant diseases of the Russian population in 2022: Statistical materials*. M.: FGBU "CNIIOIZ" Minzdrava Rossii. 2023; 77 p. (in Russian)
13. Kekelidze Z.I., Kazakovtseva B.A. (eds.) *Epidemiological indicators and performance indicators of psychiatric services in the Russian Federation (2005–2013)*. M.: FGBU "NMICPN im. V.P. Serbskogo" Minzdrava Rossii. 2015; 572 p. (in Russian)
14. Gurovich I.Ya., Golland V.B., Zaichenko N.M. *Dynamics of performance indicators of the psychiatric service of Russia (1994–1999)*. M.: Medpraktika. 2000; 506 p. (in Russian)
15. Yastrebov V.S., Mitikhin V.G., Churkin A.A. Methodological basis for solving the problems of monitoring and evaluating mental health services: national and international perspectives. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2004;104(8):3–9. (in Russian)
16. Gurovich I.Ya., Golland V.B., Son I.M. *Psychiatric institutions in Russia: performance indicators (1999–2006)*. M.: Medpraktika-M. 2007; 572 p. (in Russian)
17. Gurovich I.Ya., Shmukler A.B., Golland V.B. *Psychiatric service in Russia in 2006–2011*. M.: Medpraktika-M. 2012; 600 p. (in Russian)
18. Demcheva N.K. Tendencies of prevalence of boundary mental frustration in the Russian Federation in 1999–2010. *Vestnik nevrologii, psikiatrii i neirokhirurgii*. 2012;9:22–29. (in Russian)
19. Kazakovtsev B.A., Demcheva N.K., Nikolaeva T.A. Current state of mental health services and the prevalence of mental disorders in the Russian Federation in 2013–2015. *Psikhicheskoe zdorov'e*. 2016;7:3–22. (in Russian)
20. Demcheva N.K., Yazdovskaya A.V. The general incidence of mental disorders in RF and federal districts in 2017–2019. *Vestnik nevrologii, psikiatrii i neirokhirurgii*. 2021;1:45–55. (in Russian)
21. Yastrebov V.S., Mitikhin V.G., Solokhina T.A. Scientific bases of the organization of psychiatric care: development of a conceptual framework of modern mental health services. *Journal of Neurology and Psychiatry S.S. Korsakov*. 2016;116(9):4–12. doi: 10.17116/jnevro2016116914-12. (in Russian)
22. Yastrebov V.S., Mitikhin V.G., Solokhina T.A. Scientific bases of the organization of psychiatric care: the solution of practical problems in the framework of priority research. *Journal of Neurology and Psychiatry S.S. Korsakov*. 2016;116(12):4–12. doi: 10.17116/jnevro20161161214-12. (in Russian)
23. Chicco D., Warrens M.J., Jurman G. The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. *Peer J. Computer Science*. 2021;7:e623. Available at: <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.623>
24. Kapitsa S.P. Demographic revolution in Russia. *Vek globalizatsii*. 2008;1:128–143. (in Russian)
25. Kapitsa S.P. *Paradoxes of growth. The laws of global human development*. M.: Al'pina nonfikshn. 2012; 204 p. (in Russian)
26. *Mental health Atlas 2020*. World Health Organization, Geneva. 2021; 126 p.
27. Rizinchenko G.U. *Lectures on mathematical models in biology*. Moscow-Izhevsk: RCD. 2011; 560 p. (in Russian)
28. Rotshtein V.G., Yastrebov V.S., Bogdan M.N. Modern psychiatric care system: epidemiological aspect. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2001;101(3):42–47. (in Russian)
29. Rotshtein V.G., Bogdan M.N., Suetin M.E. The theoretical aspect of the epidemiology of anxiety and affective disorders. *Psihiatriya i psihofarmakoterapiya*. 2005;7(2):94–95. (in Russian)
30. Wittchen H.U., Jacobi F., Rehm J. The size and burden of mental disorders and other disorders of the brain in Europe 2010. *European Neuropsychopharmacology*. 2011;21:655–679. Available at: <http://DOI:10.1016/j.euroneuro.2011.07.018>
31. Kirkbride J.B., Anglin D.M., Colman I. The social determinants of mental health and disorder: evidence, prevention and recommendations. *World Psychiatry*. 2024;23:58–90. doi: 10.1002/wps.21160
32. Kuzminova M.V., Solokhina T.A. The Role of Social Factors in the Genesis of Mental Disorders: Development of Research in the 21st Century. *Psikiatriya*. 2023;21(7):31–45. Available at: <https://doi.org/10.30629/2618-6667-2023-21-7-31-45>. (in Russian)