

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ С УРОВНЕМ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ БОЛЕЗНЯМИ КРОВИ И КРОВЕТВОРНЫХ ОРГАНОВ НАСЕЛЕНИЯ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

© 2021 г. ^{1,2}М. З. Ермолицкая, ³П. Ф. Кику, ¹А. И. Абакумов

¹ФГБУН «Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук», г. Владивосток; ²ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса», г. Владивосток; ³Дальневосточный федеральный университет, Школа биомедицины, г. Владивосток

Цель: Оценить связь между уровнем заболеваемости болезнями крови и кроветворных органов населения Приморского края и социально-гигиеническими факторами.

Методы: Обработка и статистический анализ данных проводились с учетом 14 показателей за временной период с 1991 по 2017 год с использованием свободно распространяемого программного продукта RStudio. Проверка нулевых гипотез при анализе данных осуществлялась методом Р. Фишера на заданном уровне значимости 0,05. С помощью корреляционного анализа были определены значимые показатели, влияющие на уровень заболеваемости в крае. Для уменьшения размерности в данных с сохранением наибольшего количества информации использовали метод главных компонент, который позволил выделить две компоненты, объясняющие 86,82 % общей вариации исходных данных. Первая компонента характеризует социально-экономические, демографические и экологические условия жизни населения, вторая содержит показатели, относящиеся к медико-социальным факторам жизни.

Результаты: Корреляция уровня заболеваемости с главными компонентами показала сильную обратную связь с первой главной компонентой и умеренную обратную связь со второй компонентой. На основе выделенных компонент разработана регрессионная модель, высокое качество которой позволяет использовать ее для прогнозирования уровня заболеваемости с учетом значимых показателей. Согласно полученным параметрам модели увеличение уровня заболеваемости сопровождается увеличением дохода и уменьшением численности населения при сокращении выбросов в атмосферу. При этом уровень заболеваемости имеет положительную связь с численностью врачей и отрицательную с обеспеченностью больничными койками.

Выводы: Проведенное исследование показало, что уровень заболеваемости болезнями крови и кроветворных органов взаимосвязан с группой факторов, характеризующих качество жизни населения с учетом территориальной принадлежности.

Ключевые слова: заболеваемость болезнями крови и кроветворных органов, показатели качества жизни населения, статистический анализ данных, регрессионная модель

STATISTICAL ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN SOCIO-HYGIENIC FACTORS AND THE DISEASES OF BLOOD AND BLOOD-FORMING ORGANS IN THE PRIMORSKY REGION

^{1,2}M. Z. Ermolitskaya, ³P. F. Kiku, ¹A. I. Abakumov

¹Institute of Automation and Control Processes of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok; ²Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok; ³Far Eastern Federal University, School of Biomedicine, Vladivostok, Russia

Aims: To study associations between the incidence of diseases of the blood and blood-forming organs and socio-hygienic factors in the Primorsky region in the Russian Far East.

Methods: Statistical analysis of the data was carried using 14 indicators for the period from 1991 to 2017 years. Associations between the studied socio-hygienic factors and the outcomes were identified using correlation analysis. To reduce the dimensionality in the data, principal component analysis was used, which made it possible to isolate two components that explained 86,82% of the total variance in the original data. The first component characterized the socio-economic, demographic and environmental conditions of human life while the second component contained indicators related to medical-social factors. All data were analyzed using R.

Results: Strong inverse associations between the incidence of the studied diseases and the first component. Correlations between the second component and the outcomes was moderate inverse. Based on the selected components, a regression model has been developed to morbidity using the values of significant predictors. An increase in morbidity is accompanied by an increase in population income and a decrease in the population with a decrease in emissions into the atmosphere. At the same time, the incidence positively associated with the number of doctors and negative with the provision of hospital beds.

Conclusion: Our results suggest that the incidence of diseases of the blood and blood-forming organs is associated with a group of factors that characterize the quality of life of the population.

Key words: diseases of the blood and blood-forming organs, factors of the quality of life of the population, statistical data analysis, regression model

Библиографическая ссылка:

Ермолицкая М. З., Кики П. Ф., Абакумов А. И. Статистический анализ взаимосвязи социально-гигиенических факторов с уровнем заболеваемости болезнями крови и кроветворных органов населения Приморского края // Экология человека. 2021. № 11. С. 33–40.

For citing:

Ermolitskaya M. Z., Kiku P. F., Abakumov A. I. Statistical Analysis of the Relationship between Socio-Hygienic Factors and the Diseases of Blood and Blood-Forming Organs in the Primorsky Region Population. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 11, pp. 33-40.

Введение

Болезни крови составляют довольно большую и разнородную группу заболеваний, сопровождающихся нарушением функций или строения клеток крови. Согласно международной классификации болезней (МКБ-10) «Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм» (D50-D89) составляют собственно гематологические заболевания: различные анемии; нарушения свертываемости крови, пурпура и другие геморрагические состояния; отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм; другие болезни крови и кроветворных органов. Болезни крови и кроветворных органов человека не входят в число самых распространенных в мире заболеваний, хотя согласно сведениям ВОЗ среди населения ряда государств уровень заболеваемости и смертности от болезней крови растёт. Так, например, в Грузии в 2016 году зарегистрировано 6,9 случая смерти от болезней крови и кроветворных органов на 100 тыс. населения, в 2000-м — 0,48 случая; в Португалии — 2,2 случая в 2016 году, 1,41 случая в 2000-м; в Чехии — 1,34 случая в 2016 году, 0,8 случая в 2000-м, и т. д. [19].

В России в целом по данным Росстата в 2000 году было зарегистрировано 380 случаев на 100 тыс. населения у пациентов с впервые в жизни установленным диагнозом, в 2007 году — 540 случаев. С 2008 года наблюдалась тенденция снижения заболеваемости болезнями крови и кроветворных органов до 420 случаев в 2019 году. Прирост заболеваемости за период с 2000 по 2019 год составил 10,52 %, при этом значение стандартизованного по возрасту коэффициента смертности уменьшилось на 33,33 %. Число случаев временной нетрудоспособности по причинам заболеваемости в среднем по стране составляет 50 041,83; максимальное значение зафиксировано в 2012 году — 53 318 случаев. В некоторых регионах страны выявлен рост заболеваемости с диагнозом, установленным впервые в жизни: Ленинградская область 5,33 %, Краснодарский край 12,05 %, Тюменская область 36,36 %, Иркутская область 106,45 %. Наибольший прирост заболеваемости по болезням крови и кроветворных органов зафиксировано в Ямало-Ненецком автономном округе — 282,86 % (в 2004 г. показатель заболеваемости был равен 3,5 случая на 1 000 человек населения, в 2019 — 13,4 случая) [12]. В Приморском крае наблюдается снижение первичной заболеваемости взрослого населения, при этом выделены территории «риска» с превышением средней многолетней в 1,5 и более раза: г. Владивосток, г. Находка и Кировский район [3].

На уровень заболеваемости болезнями крови и кроветворных органов кроме наследственных и генетических факторов, которые вовлекают иммунометаболические процессы обмена веществ, оказывают влияние и группы факторов, характеризующие уровень и качество жизни населения. В работах ряда авторов выявлено влияние социально-экономических [8], социально-гигиенических и экологических факторов среды [1, 4, 6, 7, 11, 13, 16]. При этом отмечается, что уровень заболеваемости, в том числе и болезнями крови и кроветворных органов, зависит и от покупательной способности населения, потребления основных продуктов питания, качества питьевой воды и загрязнения окружающей среды [14]. Факторы, влияющие на уровень заболеваемости населения, значительно варьируют с учетом региональных особенностей.

В России осуществляется постоянный мониторинг не только основных показателей заболеваемости и смертности населения, обеспечения доступности и качества медицинской помощи, но и показателей качества жизни. Это диктуется социально-ориентированной политикой государства. Охрана здоровья и обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения являются важнейшей государственной задачей. Использование статистических методов анализа данных позволяет обрабатывать, анализировать и обобщать информацию о состоянии здоровья населения, а применение современных методов моделирования и машинного обучения дает возможность разрабатывать модели, которые могут быть использованы для повышения эффективности диагностики и лечения [2, 5, 9].

Для прогнозирования уровня заболеваемости целесообразно применять корреляционно-регрессионный анализ, задача которого заключается в нахождении оценок неизвестных параметров и формировании функциональной зависимости между заболеваемостью и факторами, ее предопределяющими. Этот метод широко используется для нахождения взаимосвязей между факторами, выделения из них значимых и построения на их основе прогнозной регрессионной модели. Исследования проводятся по конкретным заболеваниям для всего населения в целом или для отдельной категории граждан с учетом территориально-географических, социально-экологических, санитарно-гигиенических и других факторов [10, 17, 18].

Целью данного исследования является установление взаимосвязи между уровнем заболеваемости болезнями крови и кроветворных органов населения Приморского края и социально-гигиеническими факторами с помощью корреляционно-регрессионного анализа.

Актуальность данного исследования состоит в том, что заболеваемость является одним из критериев оценки здоровья населения и важнейшим индикатором, характеризующим социальное благополучие населения [3]. На территории Приморского края с 1991 года наблюдается прирост распространенности заболеваний болезнями крови и кроветворных органов, при этом влияние факторов качества жизни на заболеваемость изучено недостаточно. Полученные результаты данного исследования (параметры регрессионной модели) позволяют выявить значимые факторы и оценить их вклады с учетом региональной специфики, а также могут быть использованы для прогнозирования уровня заболеваемости в регионе.

Методы

Изучив работы других авторов [1, 4, 6–8, 11, 13, 14, 16], в качестве исходных данных мы выбрали следующие показатели, характеризующие условия жизни населения: доход (среднедушевые денежные доходы в месяц, руб.), прожиточный уровень (величина прожиточного уровня в среднем на душу населения, руб. в месяц), уровень зарегистрированной безработицы (зарегистрированные безработные к численности экономически активного населения, процентов), численность населения (численность населения на 1 января, тыс. чел.), городское население (городское население на 1 января, тыс. чел.), сельское население (сельское население на 1 января, тыс. чел.), число собственных автомобилей (число собственных легковых автомобилей на 1 000 чел. населения, шт.), число автобусов (число автобусов общего пользования на 100 тыс. чел. населения), численность врачей (численность врачей на 10 тыс. чел. населения), обеспеченность больничными койками на 10 тыс. населения, выбросы в атмосферу (выбросы в атмосферу загрязняющих веществ (ЗВ) от стационарных источников, тыс. т), уловленные и обезвреженные ЗВ (уловлено и обезврежено ЗВ, тыс. т). Численные значения данных показателей были получены из материалов официального сайта Федеральной службы государственной статистики за период с 1991 по 2017 год [12]. Методы исчисления показателей описаны в соответствующих сборниках Росстата в разделе «Методические пояснения». Показатели заболеваемости согласно международной классификации болезней (МКБ-10) по классу «Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм» (D50-D89) (далее болезни крови и кроветворных органов) на 100 тыс. населения предоставлены медико-информационным аналитическим центром Приморского края за период 1991–2017 годов. Взятые показатели, по нашему мнению, характеризуют экономическую, социально-демографическую и экологическую стороны жизни населения и могут быть взаимосвязаны с заболеваемостью болезнями крови и кроветворных органов на уровне региона.

Реализация анализа и обработки данных осуществлялась в программе RStudio. Проверка нулевых гипотез проводилась методом Р. Фишера на заданном уровне значимости 0,05. При анализе данных были использованы следующие методы: критерий Шапиро – Уилка для проверки данных на нормальность распределения, методы Пирсона и Кендалла для расчета коэффициентов корреляции, метод главных компонент для уменьшения размерности в данных (предварительно была проведена стандартизация исходных данных) [15]. При построении регрессионной модели на главных компонентах использовали классические инструменты: F-критерий Фишера для проверки нулевой гипотезы об отсутствии линейной зависимости между зависимой переменной (заболеваемость) и главными компонентами; коэффициент детерминации (доля дисперсии зависимой переменной, объясняемая рассматриваемой моделью); t-критерий Стьюдента для проверки значимости коэффициентов регрессии. Качество построенной регрессионной модели проверяли с помощью анализа остатков и расчета среднеквадратической ошибки. Для проверки на нормальность распределения остатков использовали критерий Шапиро – Уилка; для проверки независимости остатков – тест Дарбина – Ватсона; для проверки гипотезы о гомоскедастичности остатков полученной регрессионной модели применяли тест Бройша – Пагана.

Результаты

Согласно опубликованным статистическим данным Федеральной службы государственной статистики в Приморском крае сложилась благоприятная ситуация по заболеваемости болезнями крови и кроветворных органов у пациентов с диагнозом, установленным впервые в жизни: уровень заболеваемости уменьшился в период с 2000 по 2019 год на 35,9 %; для сравнения в Сахалинской области – на 48,6 %, в Хабаровском крае – на 4,2 %, в Дальневосточном федеральном округе – на 2,9 %. В Приморском крае отмечен рост заболеваемости с 1991 по 2007 год, затем постепенный спад, что характерно и для данных по Российской Федерации в целом (рис. 1). Это свидетельствует в первую очередь об увеличении доступности и качестве первичной специализированной медицинской помощи, а также о применении современных и эффективных средств диагностики.

Обратная ситуация с распространенностью заболеваний по болезням крови и кроветворных органов (зарегистрированные заболевания у пациентов, всего на 100 тыс. населения). В России с 2010 года наблюдается прирост распространенности заболеваний на 5,5 %. В Приморском крае за период с 1991 по 2017 год распространенность заболеваний увеличилась в 4,87 раза, максимальное значение наблюдалось в 2013 году (910,72 случая), минимальное – в 1991-м (170 случаев). Прирост распространенности с 2000 года составил 52,35 % на фоне сокращения численности населения края, обусловленного сохра-

нящейся длительное время естественной убылью и миграционным оттоком населения. При этом состав населения характеризуется увеличением его численности в возрасте «50 лет и старше», превышением смертности над рождаемостью.

В результате исследования установлено, что уровень заболеваемости болезнями крови и кроветворных органов имеет прямую сильную связь (коэффициент корреляции больше 0,75) со следую-

ния. Обратная сильная зависимость существует с численностью всего населения и численностью городского населения; обратная умеренная (средняя) зависимость — с численностью сельского населения, обеспеченностью больничными койками, выбросами в атмосферу, уловленными и обезвреженными ЗВ. То есть отрицательная связь наблюдается между уровнем заболеваемости и показателями, которые можно отнести к социально-демографическим и

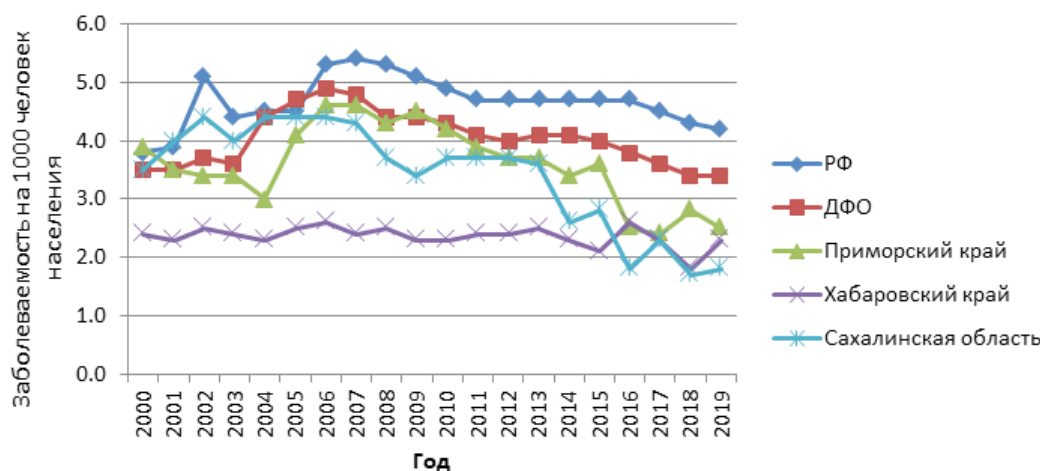


Рис. 1. Динамика заболеваемости (зарегистрировано заболеваний у пациентов с диагнозом, установленным впервые в жизни) болезнями крови и кроветворных органов

щими показателями: доход, прожиточный минимум, число собственных легковых автомобилей; и прямую слабую связь (коэффициент корреляции меньше 0,5) с численностью врачей (табл. 1). То есть обнаружена положительная связь между уровнем заболеваемости и факторами, характеризующими уровень материального благосостояния населе-

социально-экологическим факторам. Корреляция заболеваемости с уровнем безработицы — незначима ($r = -0,220$).

Отдельно была рассмотрена взаимосвязь между показателями и уровнем заболеваемости за период с 2000 по 2017 год. Обнаружена значимая корреляция между уровнем безработицы и уровнем заболеваемости ($r = -0,45$). За этот период отмечено снижение уровня безработицы на 54,62 % (при росте с 5,4 до 13,5 в начале переходного периода российской экономики с 1991 по 1999 год). Значения остальных коэффициентов корреляции остались на прежнем уровне.

Согласно анализу главных компонент по умолчанию выделяется столько главных компонент, сколько исходных переменных. Первая главная компонента объясняет 68,62 % общей вариации данных, две главные компоненты — 86,82 %, три главные компоненты — 91,7 % и т. д. Для оценки необходимого числа главных компонент воспользовались правилом Кеттелла с построением диаграммы «каменистой осыпи». На рис. 2 изображены результаты теста собственных значений (обозначены отрезками и крестиками), усредненных собственных значений (пунктир) и критерия превышения собственными значениями единицы (горизонтальная линия $y = 1$). Судя по графику, достаточно использовать две главные компоненты для сохранения характеристик наших данных (выше горизонтальной прямой $y = 1$ располагаются две точки, как для факторного анализа, так и для анализа главных компонент). Собственное значение

Таблица 1
Коэффициенты корреляции между уровнем заболеваемости и другими показателями

Показатель	Коэффициент корреляции	Уровень значимости
Год	0,959	3,351e-15
Доход	0,835	3,475e-13
Прожиточный уровень	0,829	6,253e-13
Уровень безработицы	-0,220	0,270
Численность населения	-0,829	6,256e-13
Городское население	-0,803	4,614e-09
Сельское населения	-0,749	6,821e-06
Число собственных легковых автомобилей	0,902	1,297e-10
Количество автобусов	-0,290	0,032
Численность врачей	0,492	0,009
Обеспеченность больничными койками	-0,801	5,179e-07
Выбросы в атмосферу	-0,780	2,02e-06
Уловленные и обезвреженные ЗВ	-0,732	1,985e-09

Примечание. Курсивом выделены показатели с нормальным видом распределения, для них рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона, для остальных показателей представлены коэффициенты корреляции Кендалла,

для первой компоненты равно 2,69, для второй компоненты — 1,39. Оставляем две главные компоненты, объясняющие 86,82 % общей дисперсии.

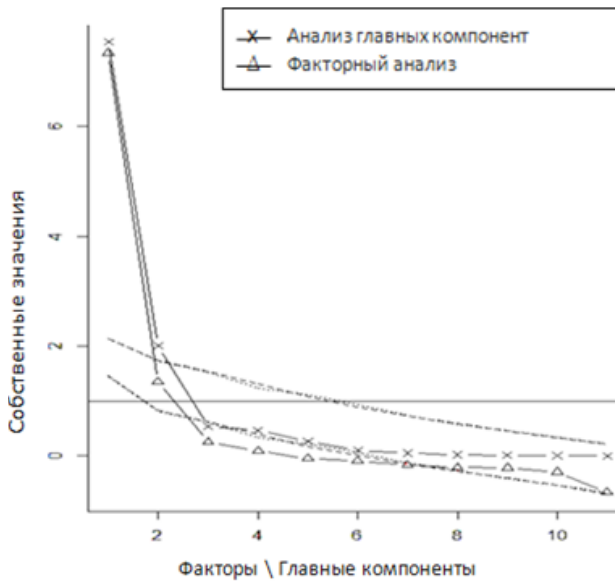


Рис. 2. Диаграмма собственных значений с параллельным анализом (анализ главных компонент и факторный анализ)

Таблица 2

Факторные нагрузки для двух главных компонент

Показатель	Компонента 1 (PC ₁)	Компонента 2 (PC ₂)	Общность (PC _i ²)
Количество автобусов	-0,09	0,93	0,87
Численность врачей	-0,16	-0,85	0,75
Обеспеченность больничными койками	0,61	0,70	0,86
Доход	-0,97	0,07	0,95
Прожиточный уровень	-0,98	0,01	0,96
Число собственных легковых автомобилей	-0,98	-0,05	0,96
Выбросы в атмосферу	0,88	0,07	0,78
Городское население	0,86	0,43	0,92
Численность населения	0,88	0,44	0,97
Уловленные и обезвреженные ЗВ	0,87	0,27	0,83
Сельское население	0,77	0,3	0,68

Примечание. Первая главная компонента объясняют 68,62 % общей вариации исходных данных, две главные компоненты — 86,82 %. Сумма квадратов факторных нагрузок по строке (PC_i²) является общностью измеряемой переменной и интерпретируется как доля информации переменной, сохраненной в факторной структуре.

В табл. 2 приведены факторные нагрузки, представляющие собой корреляцию переменной с компонентами. Переменная входит в ту компоненту, корреляция с которой наибольшая. Вторая компонента содержит количество автобусов, обеспеченность больничными койками, которые вносят положительный вклад в компоненту, и численность врачей (вносит отрицательный вклад). Можно сказать, что вторая компонента объединяет медико-социальные показатели качества жизни населения. Первая компонента включает все остальные рассматриваемые показатели. Наибольший вклад в первую компоненту вносят: доход, прожиточный уровень, число собственных легковых автомобилей (связаны отрицательной корреляцией с компонентой) — показатели материального благополучия населения. Показатели численности населения и загрязнения атмосферного воздуха тоже вносят существенный, но положительный вклад в первую компоненту. То есть первая компонента характеризует социально-экономические, демографические и экологические факторы качества жизни населения. При этом корреляция зависимой переменной с главными компонентами показывает сильную обратную связь с первой компонентой ($r = -0,878$) и умеренную обратную связь со второй компонентой ($r = -0,403$).

При вращении факторов изменения происходят только с переменной Доход: переменная Доход переходит из второй компоненты в первую. Поэтому провели два варианта регрессионного анализа с главными компонентами в качестве независимых переменных. Наилучший результат получили, когда переменная Доход входит в первую компоненту. Нулевую гипотезу об отсутствии линейной зависимости между заболеваемостью и двумя главными компонентами отвергли ($p\text{-value} = 3,284e-15 < 0,05$). Коэффициенты регрессии при главных компонентах значимы. Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$\text{blood_diseases} = 1,627e-17 - 8,395e-01 * PC_1 - 3,049e-01 * PC_2,$$

где *blood_diseases* — уровень заболеваемости; PC₁ и PC₂ — главные компоненты.

Дополнительно построили доверительные интервалы для коэффициентов регрессии. Свободный коэффициент попадает в диапазон (-0,103; 0,103), т. е. нулевую гипотезу по оценке свободного коэффициента отбросить не удастся — он статистически не значимо отличается от нулевого значения на уровне значимости 0,05. Коэффициент регрессии при первой компоненте попадает в интервал (-0,951; -0,727), при второй — в интервал (-0,427; -0,182), поэтому нулевые гипотезы по оценке незначимости этих коэффициентов можно отбросить ($p\text{-value} = 5,48e-14$ и $2,96e-05$ соответственно).

Полученный коэффициент детерминации равен 0,94, т. е. доля дисперсии зависимой переменной, объясняемая рассматриваемой моделью, составляет 93,79 %. Значение среднеквадратической ошибки

равно 0,059. Графическое изображение распределений наблюдаемых и предсказанных значений зависимой переменной показывает близость значений (рис. 3).

Коэффициент корреляции между остатками и предсказанными с помощью регрессионной модели значениями равен $4,802e-17$, т. е. зависимость отсутствует. Следовательно, зависимая переменная линейно связана с независимыми. Применение дисперсионного анализа к полученной модели показывает, что объясненная сумма квадратов остатков составляет 24,386, необъясненная — 1,614. Таким образом, построенная модель отражает почти всю закономерную изменчивость в исходных данных. Анализ остатков показал, что остатки нормально распределены (согласно критерию Шапиро — Уилка, $p\text{-value} = 0,252$) и независимы (тест Дарбина — Уатсона, $p\text{-value} = 0,252$; тест Бройша — Пагана, $p\text{-value} = 0,19$). Все это говорит о высоком качестве построенной модели.

Проверка выполнения всех требований, лежащих в основе линейной регрессионной модели, включая отдельно оценки асимметрии, эксцесса и гомоскедастичности, показала, что данные удовлетворяют всем статистическим допущениям, лежащим в основе МНК-регрессии ($p\text{-value} = 0,525$). Общая проверка

формальные статистические связи и можем высказать только предположительные результаты. В дальнейшем планируем расширить спектр исследования.

Анализ заболеваемости болезнями крови и кровеносных органов позволил выявить показатели, позитивно и негативно влияющие на уровень заболеваемости в Приморском крае (см. табл. 1). С помощью анализа главных компонент были выделены две компоненты, объясняющие 86,82 % общей вариации исходных данных. Первая компонента содержит показатели (численность населения, доход и загрязнения окружающей среды), характеризующие социально-экономические, демографические и экологические условия жизни людей. Вторая компонента включает показатели (количество автобусов, численность врачей, обеспеченность больничными койками), характеризующие медико-социальную составляющую жизни людей (см. табл. 2). Корреляция уровня заболеваемости с главными компонентами показывает сильную обратную связь с первой главной компонентой и умеренную обратную связь со второй.

На основе выделенных компонент разработана регрессионная модель, позволяющая прогнозировать уровень заболеваемости с учетом значимых факторов

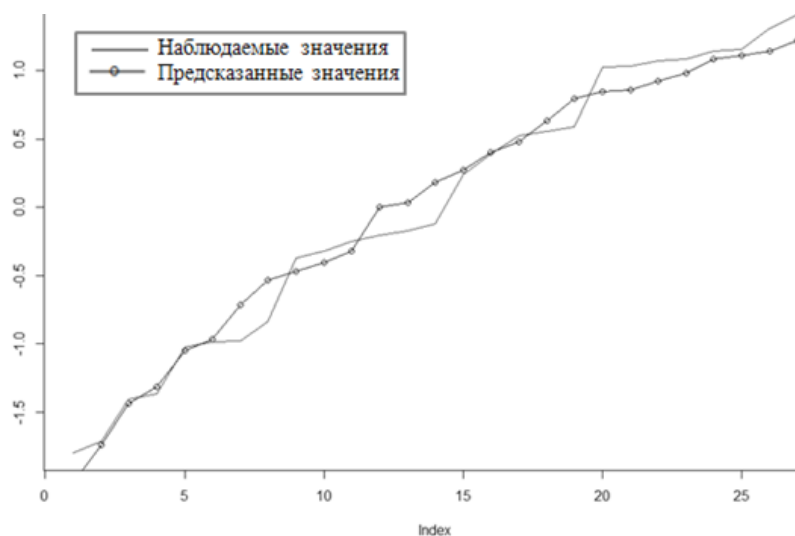


Рис. 3. Распределение наблюдаемых и предсказанных значений зависимой переменной

не противоречит результатам пошаговой проверки выполнения условий Гаусса — Маркова (все значения $p\text{-value} > 0,05$). Таким образом, разработанная модель может быть использована для прогнозирования уровня заболеваемости.

Обсуждение результатов

В данном исследовании проведен статистический анализ данных. Для выводов о патогенетических механизмах связей необходимо проведение других видов исследования взаимодействий с привлечением терапевтов, кардиологов, патофизиологов и других специалистов. Наше исследование не претендует на такой результат. У нас была другая задача. На этом этапе (популяционное исследование) мы определяли

качества жизни. Согласно полученным параметрам модели увеличение уровня заболеваемости связано с увеличением дохода и уменьшением численности населения. Это неочевидное взаимодействие может объясняться тем, что достижение более комфортных условий жизни требует больших усилий и нагрузок на организм. Рост материального благополучия связан с ростом занятости населения, что подтверждается данными Приморскстата. С 2000 года в 0,55 раза сократился уровень безработицы, при этом численность населения уменьшилась в 0,89 раза; реальные денежные доходы населения края сократились лишь в 0,94 раза, что связано с ростом расходов на обязательные платежи и разнообразные взносы; в структуре использования денежных доходов с 2015 года намечен

Таблица 3

Коэффициенты для главных компонент		
	Показатель	Коэффициент
Компонента 2 (PC ₁)	Количество автобусов	0,437
	Численность врачей	-0,369
	Обеспеченность больничными койками	0,250
Компонента 1 (PC ₂)	Доход	-0,177
	Прожиточный уровень	-0,17
	Число собственных легковых автомобилей	-0,164
	Выбросы в атмосферу	0,145
	Городское население	0,1
	Численность населения	0,103
	Уловленные и обезвреженные ЗВ	0,119
	Сельское население	0,1

прирост денег у населения в 1,21 раза. Увеличилась численность работников-совместителей. Все это говорит об увеличении занятости населения, что приводит к нехватке времени на полноценный отдых и заботу о своем здоровье. В 2019 году количество людей, прошедших диспансеризацию, составило 84 % от плана (в 2014 г. — 103 % от плана). При этом наблюдается тенденция уменьшения численности населения трудоспособного возраста при росте населения старше трудоспособного возраста. Риск заболеть у населения в возрасте «50 лет и старше» выше.

В ходе исследования было выявлено, что увеличение уровня заболеваемости наблюдается на фоне сокращения выбросов ЗВ в атмосферу. Здесь можно предположить, что статистическая связь является статистическим совпадением процессов во времени и не указывает на какое-либо реальное взаимодействие. По данным Приморского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, вероятность возникновения вредных эффектов для здоровья населения от химического загрязнения воздушной среды высока, несмотря на то, что индекс опасности веществ (азота диоксид и оксид углерода), влияющих на заболеваемость болезнями крови и кровеносных органов, в городах края за последние пять лет уменьшился. Наибольший риск возникновения неблагоприятных эффектов для здоровья возможен у населения, проживающего вблизи автомагистралей с интенсивным движением и в санитарно-защитных зонах промышленных предприятий.

Также выявлено, что уровень заболеваемости имеет положительную связь с численностью врачей и отрицательную — с обеспеченностью больничными койками. То есть с увеличением численности врачей наблюдается рост врачебных посещений и соответственно выявленных заболеваний. С увеличением больничных коек уровень заболеваемости падает. В Приморском крае за рассматриваемый период число врачей на 10 тыс. человек увеличилось в 1,03 раза, численность среднего медицинского персонала и число коек уменьшились в 0,74 и 0,71 раза соответственно. При этом за последние пять лет отмечается увели-

чение числа случаев временной нетрудоспособности по причинам заболеваемости болезнями крови и кровеносных органов в 1,03 раза.

Результаты данного исследования позволили выявить взаимосвязи между уровнем заболеваемости болезнями крови и кровеносных органов населения Приморского края и выбранными социально-гигиеническими факторами. Параметры разработанной прогнозной модели могут быть использованы в качестве дополнительного инструмента при разработке профилактических программ, направленных на снижение уровня заболеваемости посредством повышения качества жизни населения на региональном уровне.

Проведенное нами исследование отличается от других [2, 6, 8, 11] в первую очередь набором выбранных показателей, на основе которых разработана прогнозная регрессионная модель, рассматриваемым периодом (с 1991 по 2017 г.) и региональной принадлежностью. При этом следует отметить, что не учитывались гендерные различия, возможно, это важно. Для дальнейшего исследования целесообразно увеличить число факторов, уменьшить временной интервал (с 2000 г.) и попытаться определить различия в степени влияния одних и тех же показателей качества жизни населения на уровень заболеваемости болезнями крови и кровеносных органов в разных регионах страны.

Выводы

На уровень заболеваемости болезнями крови и кровеносных органов населения Приморского края согласно факторному анализу более всего оказывают влияние численность населения, доход, прожиточный минимум и число собственных легковых автомобилей. Полученные предикторы входят в общую составляющую, влияющую на распространение данного класса болезней, что должно учитываться при разработке профилактических программ популяционного и адресного характера.

Значимые показатели сгруппированы в две главные компоненты (86,82 %), характеризующие социально-экономические, экологические и медико-социальные факторы качества жизни населения края.

Качество разработанной регрессионной модели на главных компонентах позволяет использовать ее параметры для прогнозирования уровня заболеваемости болезнями крови и кровеносных органов в Приморском крае.

Авторство

Ермолицкая М. З. подготовила и реализовала дизайн исследования, внесла существенный вклад в сбор, обработку, анализ и интерпретацию данных, подготовила текст статьи; Кики П. Ф. коррективировал интерпретацию данных, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Абакумов А. И. осуществил научное руководство, формирование дизайна исследования.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Ермолицкая Марина Захаровна — SPIN 9197-4028; ORCID 0000-0003-2588-102X

Кику Павел Федорович — SPIN 1238-5081; ORCID 0000-0003-3536-8617

Абакумов Александр Иванович — SPIN 7106-1680; ORCID 0000-0003-2235-9025

Список литературы / References

1. Белишева Н. К., Петров В. Н. Проблема здоровья населения в свете реализации стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации // Труды Кольского научного центра РАН. 2013. № 6 (19). С. 152–173.

Belisheva N. K., Petrov V. N. The Murmansk region's population health when implementing the strategy of the development of the Russian Federation's Arctic zone. *Trudy Kolskogo nauchnogo tsentra RAN* [Transactions of Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences]. 2013, 6 (19), pp. 152-173. [In Russian]

2. Головин С. В., Петросян С. Л. Прогнозирование и моделирование развития заболеваемости в Воронежской области // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5, № 3. С. 4–8.

Golovin S. V., Petrosyan S. L. Prediction and modeling prevalence of disease in Voronezh region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Voronezh State Technical University]. 2009, 5 (3), pp. 4-8. [In Russian]

3. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Приморском крае в 2020 году» / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2021. 324 с.

State report "On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Primorsky Territory in 2020". Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare. 2021, 324 p. [In Russian]

4. Жапаров К. А., Аралбаева А. Р., Таирова Ж. С. Социально-гигиенические проблемы образа жизни и состояния здоровья населения, проживающего в сельской местности // Вестник Ошского государственного университета. 2015. № 3. С. 48–54.

Zharapov K. A., Aralbaeva A. R., Tairova J. S. Social and hygienic problems of the way of life and states of health of the population living in rural areas. *Vestnik Oshskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Osh State University]. 2015, 3, pp. 48-54. [In Russian]

5. Иванов А. Г., Герасимова Л. И., Шувалова Н. В., Денисова Т. Г. Прогнозирование уровня заболеваемости и смертности от болезней системы кровообращения на региональном уровне на основе его многофазного математического моделирования // Медицинский альманах. 2012. № 3 (22). С. 20–24.

Ivanov A. G., Gerasimova L. I., Shuvalova N. V., Denisova T. G. The Forecast of the Level of Morbidity and Lethality from Blood Circulation Diseases at the Regional Level on the Basis of Its Multiphase Mathematical Modelling. *Meditinskii al'manakh* [Medical Almanac]. 2012, 3 (22), pp. 20-24. [In Russian]

6. Кику П. Ф., Ярыгина М. В., Горборукова Т. В., Бениова С. Н. Влияние социально-гигиенических факторов среды обитания биоклиматических зон Приморского края на здоровье детей и подростков // Экология человека. 2016. № 4. С. 9–13. doi: 10.33396/1728-0869-2016-4-9-13

Kiku P. F., Yarygina M. S., Gorborukova T. S., Beniowa S. N. Association between Sociohygienic Factors

on Health of Children and Adolescents in Primorsky Krai. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2016, 4, pp. 9-13. doi: 10.33396/1728-0869-2016-4-9-13 [In Russian]

7. Клейн С. В., Вековшинина С. А., Сбоев А. С. Приоритетные факторы риска питьевой воды и связанный с этим экономический ущерб // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 1. С. 10–14. doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-10-14

Klein S. V., Vekovshinina S. A., Sboev A. S. Priority risk factors of drinking water and the related with it economical loss. *Gigiena i sanitariia*. 2016, 95, (1), pp. 10-14. doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-10-14. [In Russian]

8. Клинская Е. О. Оценка влияния социально-экономических показателей на заболеваемость населения Еврейской автономной области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2011. № 2. С. 49–54.

Klinskaya E. O. Estimation of influence of socio economic parameters on sickness rate of the population of the Jewish autonomous region. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya Ekologiya i bezopasnost zhiznedeyatel'nosti* [Newsletter of Russian Peoples' Friendship University. Series: Ecology and life safety]. 2011, 2, pp. 49-54. [In Russian]

9. Кондратьев М. А. Методы прогнозирования и модели распространения заболеваний // Компьютерные исследования и моделирование. 2013. Т. 5, № 5. С. 863–882.

Kondratiev M. A. Prediction methods and models for the spread of diseases. *Komp'yuternye issledovaniya i modelirovanie* [Computer Research and Modeling]. 2013, 5 (5), pp. 863-882. [In Russian]

10. Суранова Г. Ж., Тухватшин Р. Р., Казиева А. А., Намазбеков М. Н. Регрессионный анализ заболеваемости и смертности населения Кыргызской республики от болезней системы кровообращения // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 6. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27347> (дата обращения: 12.02.2021).

Suranova G. Zh., Tukhvatshin R. R., Kazieva A. A., Namazbekov M. N. Regression analysis of morbidity and death of the population of the Kyrgyz Republic from diseases of the circulatory system. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education. Surgery]. 2017, 6. Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27347> (accessed: 12.02.2021).

11. Трифонова Т. А., Марцев А. А. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость населения Владимирской области // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94, № 4. С. 14–18.

Trifonova T. A., Martsev A. A. Assessment of the impact of air pollution on population morbidity rate in the Vladimir region. *Gigiena i sanitariia*. 2015, 94 (4), pp. 14-18. [In Russian]

12. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт: URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 12.02.2021).

Federal State Statistics Service. Available at: <https://eng.gks.ru/> (accessed: 12.02.2021). [In Russian]

13. Цыплухина Ю. В., Бельских Н. В., Скрипникова Е. А. Экологообусловленные заболевания и возможные пути их преодоления // Качество и жизнь. 2017. № 4 (16). С. 58–61.

Tsiplukhina Yu. V., Belskikh N. V., Skripnikova E. A. Ecologically Caused Diseases and Possible Ways of Their Overcoming. *Kachestvo i zhizn* [Quality and life]. 2017, 4 (16), pp. 58-61. [In Russian]

14. Шабунова А. А., Рыбакова Н. А., Тихомирова Г. В. Факторы, ограничивающие здоровье населения региона

(на примере Вологодской области) // Социологические исследования. 2009. № 8 (304). С. 85–91.

Shabunova A. A., Rybakova N. A., Tikhomirova G. V. Factors affecting health of Vologda oblast' population. *Sotsiologicheskie issledovaniya*. 2009, 8 (304), pp. 85-91. [In Russian]

15. Шитиков В. К., Мاستицкий С. Э. Классификация, регрессия и другие алгоритмы Data Mining с использованием R. Тольятти: Creative Commons, 2017. 351 с. URL: <https://github.com/ranalytics/data-mining> (дата обращения: 12.02.2021).

Shitikov V. K., Mastitsky S. E. Classification, regression and other Data Mining algorithms using R. Togliatti, 2017, 351 p. Available at: <https://github.com/ranalytics/data-mining> (accessed: 12.02.2021). [In Russian]

16. Analitis A., Katsouyanni K., De Donato F., Scortichini M., Michelozzi P., Lanki T., Basagana X., Ballester F., Astrom C., Paldy A., Pascal M., Gasparrini A. Synergistic effects of ambient temperature and air pollution on health in Europe: Results from the phase project. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018, 15 (9), p. 1856. doi: 10.3390/ijerph15091856

17. Florence L. Chiang, Max Feng, Rebecca S. Romero, et al. Disruption of the Atrophy-based Functional Network in Multiple Sclerosis Is Associated with Clinical Disability: Validation of a Meta-Analytic Model in Resting-State Functional MRI. *Radiology*. 2021. doi: 10.1148/radiol.2021203414

18. Soares G. P., Klein C. H., Silva N. A., Oliveira G. M. Progression of mortality due to diseases of the circulatory system and human development index in Rio de Janeiro municipalities. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2016, 107 (4), pp. 314-22.

19. World Health Organization. URL: <https://gateway.euro.who.int/ru/datasets/#h2020> (дата обращения: 12.02.2021). World Health Organization. Available at: <https://gateway.euro.who.int/ru/datasets/#h2020> (accessed: 12.02.2021).

Контактная информация:

Ермолицкая Марина Захаровна – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник ФГБУН «Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук»

Адрес: 690041, г. Владивосток, ул. Радио, д. 5

E-mail: ermmz@mail.ru