



УДК 519.2

© 2025 г. М.З. Ермолицкая^{1,2}, канд. биол. наук

¹(Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Владивосток)

²(Владивостокский государственный университет)

ВЫЯВЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ФАКТОРАМИ РИСКА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ И ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬЮ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ*

Проведен корреляционно-регрессионный анализ данных, который позволил выявить статистические связи между факторами риска среды обитания и заболеваемостью органов пищеварения в Приморском крае. Значимые показатели сгруппированы в три главные компоненты и могут быть использованы при построении прогнозных моделей.

Ключевые слова: статистический анализ данных, факторы риска, заболеваемость.

DOI: 10.22250/18142400_2025_83_1_81

Введение

Болезни органов пищеварения (БОП) относятся к социально-значимым заболеваниям, т.к. эта патология встречается у всех возрастных групп населения с разным социально-экономическим статусом. Заболевания БОП нередко сопровождаются тяжелым и прогрессирующим течением, приводящим к длительной нетрудоспособности, преждевременной инвалидности и смерти больных [1-3]. С 2000 года в Российской Федерации показатель смертности от БОП увеличился в 1,67 раз (в 2000 году – 44,6 случаев, в 2021 году – 74,5 случая на 100000 человек населения). Максимальные значения показателя смертности в 2021 году наблюдались в возрастных группах 60-64 года (13626 человек) и 65-69 лет (12753 человека). При этом показатели первичной заболеваемости БОП постепенно снижаются (в 2000 году – 32,5 случая, в 2021 году – 26,9 случая с диагнозом, установленным впервые в жизни, на 1000 человек населения). В Приморском крае наблюдается аналогичная ситуация: с 2000 года смертность от БОП увеличилась в 2,08 раз; заболеваемость сократилась в 1,99 раз [4].

По мнению ученых, к факторам риска данного класса заболеваний можно отнести образ жизни человека, сопутствующие заболевания, нераци-

* Работа выполнена в рамках государственного задания FFWF-2022-0002.

ональное питание, наличие вредных привычек, стрессы, неблагоприятная экологическая ситуация и другие [5 – 8]. Изучение влияния факторов риска на возникновение заболеваний БОП, выделение значимых неблагоприятных факторов позволяет разрабатывать и совершенствовать медико-социальные мероприятия по профилактике этих заболеваний и формированию здорового образа жизни, а также реабилитационные мероприятия для больных согласно «Стратегии развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2025 года».

Целью данного исследования является выявление статистической связи между факторами риска среды обитания и заболеваемостью органов пищеварения на территории Приморского края с помощью корреляционно-регрессионного анализа.

Материалы и методы

Выборка данных по заболеваемости болезнями органов пищеварения (зарегистрировано больных с диагнозом, установленным впервые в жизни, на 1000 человек населения) и предполагаемыми факторами риска получена из информационно-аналитических материалов и статистических сборников на официальном сайте Федеральной службы государственной статистики и документов Роспотребнадзора (Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Приморском крае») за период с 1991 по 2021 год [4,9]. Дополнительно использовались статистические данные о состоянии и динамике развития здравоохранения Приморского края («Состояние здоровья населения Приморского края») [10]. В качестве факторов риска использовали показатели качества жизни населения с учетом загрязнения среды обитания (всего 40 показателей), которые можно разделить на три группы:

1) социально-экономические индикаторы уровня жизни населения: доход (среднедушевые денежные доходы в месяц, руб.), прожиточный уровень (величина прожиточного уровня в среднем на душу населения, руб. в месяц), коэффициент Джини, объем платных услуг населению в расчете на душу населения, жилье (введено в действие общей площади жилых домов и общежитий, тыс. м²), ВРП (валовой региональный продукт на душу населения), ИЧР (индекс человеческого развития), индекс образования, уровень безработицы, индекс потребительских цен (в разгах к декабрю предыдущего года), численность врачей на 10 тыс. чел. населения, численность среднего медицинского персонала на 10 тыс. чел. населения, обеспеченность больничными койками на 10 тыс. населения, стоимость условного набора продуктов питания (на конец декабря, рублей);

2) социально-гигиенические показатели (гигиена, загрязнение окружающей среды): объем используемой свежей воды (млн. м³), сброс загрязненных сточных вод (млн. м³), качество питьевой воды из водопроводной сети и нецентрализованного водоснабжения по санитарно-химическим и микробиологическим показателям (в% нестандартных проб), наличие водопровода

(удельный вес общей площади жилищного фонда края с водопроводом на конец года; в процентах) и водоотведения (удельный вес общей площади жилищного фонда края с водоотведением на конец года; в процентах), выбросы в атмосферу (выбросы в атмосферу ЗВ от стационарных источников, тыс. т), уловленные и обезвреженные загрязняющие вещества (тыс. т), доля неблагоприятных проб почвы по санитарно-химическим, микробиологическим и гигиеническим показателям (%), доля неблагоприятных проб почвы селитебной территории по санитарно-химическим показателям (%);

3) потребление продуктов питания на душу населения в год: мясо и мясопродукты (кг), молоко и молокопродукты, хлебные продукты, картофель, овощи, фрукты и ягоды, сахар, масло растительное, рыба и рыбопродукты, яйца и яйцопродукты (шт.), доля расходов домашних хозяйств на покупку табачной продукции (%); потребление алкогольных напитков и пива на душу населения (л).

Выбор показателей основан на изучении опубликованных результатов исследований других авторов и доступности данных [11 – 13].

Сбор, обработка и статистический анализ данных осуществляли в программе RStudio (Version 1.0.136). Для проверки на нормальность распределения данных использовали критерий Шапиро-Уилка (функция `shapiro.test{stats}`):

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (1)$$

где $x_{(i)}$ – i -ое наименьшее число в выборке; \bar{x} – среднее арифметическое; a_i – коэффициенты (приводятся в соответствующих таблицах для вычисления статистики критерия Шапиро-Уилка).

Для выявления взаимосвязи между показателями применяли корреляционный анализ по методу Спирмена (`corr.test{psych}`). Формула для расчета коэффициента корреляции Спирмена следующая:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (2)$$

где d_i – разность между рангами по показателям x и y ; n – количество наблюдений.

С помощью метода главных компонент (разложение Карунена-Лоева, PCA) группировали показатели для уменьшения размерности данных с сохранением максимальной информации (`princomp{stats}`). Результатом PCA-преобразования матрицы наблюдений X' размерностью $n \times t$ является матрица факторных значений T размерностью $n \times u$, содержащая проекции исходных точек выборки X' в новом u -мерном базисе. Матрица P содержит факторные нагрузки (loadings) – коэффициенты пропорциональности, обеспечивающие пересчет данных из t -мерного пространства исходных переменных

в u -мерное пространство главных компонент. Связь между этими матрицами выглядит следующим образом:

$$X'P \rightarrow T. \quad (3)$$

При этом имеет место следующее соотношение:

$$T'T = P'CP = A, \quad (4)$$

где $A = \text{diag}\{\lambda_1, \dots, \lambda_m\}$ – матрица собственных значений; $C = (X')^t X'$ – корреляционная матрица.

Дисперсии столбцов матрицы T соответствуют собственным значениям λ_j матрицы C , являющимся диагональными элементами матрицы A .

Предварительно данные были стандартизованы (преобразованы в z -шкалу с нулевым средним и единичной дисперсией) (`scale{stats}`).

$$X' = \frac{x - \bar{x}}{\sigma(x)}, \quad (5)$$

где $\sigma(x)$ – стандартное отклонение.

Взаимосвязь между главными компонентами и заболеваемостью выявляли с помощью регрессионного анализа (`lm{stats}`). Проверку нулевой гипотезы осуществляли с помощью критерия Фишера:

$$F = \frac{n - k - 1}{k} \frac{\sum(\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum(\hat{y} - y_i)^2}, \quad \hat{y} = \beta_0 + \beta_1 * PC, \quad (6)$$

где \hat{y} и \bar{y} – предсказанное значение и среднее арифметическое значение зависимого показателя; n – объем выборки; k – количество показателей в уравнении; β_0 – свободный коэффициент регрессии; β_1 – коэффициент регрессии при главной компоненте PC .

Для проверки значимости коэффициентов регрессии применяли критерий Стьюдента:

$$t_\beta = \frac{\beta}{S_\beta}, \quad (7)$$

где S_β – стандартная ошибка коэффициента регрессии β .

Проверка нулевых гипотез осуществлялась на уровне значимости 0,05.

Результаты

Исследование динамики заболеваемости органов пищеварения в Приморском крае показало значительный рост заболеваемости с 1991 по 1995 год (с 34 до 121,9 случая на 1000 человек населения) и затем постепенное снижение со скачками роста в 2001 году (82,4 случая), 2009 году (41,7 случая) и 2019 году (30,4 случая). В 2021 году заболеваемость БОП составила 30,1 случая на 1000 человек населения, что превышает общероссийский показатель в 1,12 раз (26,9 случая).

В результате статистического анализа данных установили, что ряд данных по заболеваемости БОП не подчиняется нормальному закону распределения ($p\text{-value} = 3,174e-05$), поэтому для выявления показателей, кор-

релирующих с заболеваемостью, использовали непараметрические методы. Были получены значимые коэффициенты корреляции заболеваемости со следующими показателями:

1) социально-экономическими: доход ($r = -0,564$; $p\text{-value} = 0,0229$), прожиточный уровень ($r = -0,590$; $p\text{-value} = 0,0161$), платные услуги населению ($r = -0,549$; $p\text{-value} = 0,0276$), ВРП ($r = -0,561$; $p\text{-value} = 0,0238$), численность врачей ($r = 0,608$; $p\text{-value} = 0,0124$), обеспеченность больничными койками ($r = -0,699$; $p\text{-value} = 0,0025$), ИЧР ($r = -0,567$; $p\text{-value} = 0,0219$), индекс образования ($r = -0,588$; $p\text{-value} = 0,0165$), уровень безработицы ($r = 0,568$; $p\text{-value} = 0,0218$), стоимость условного набора продуктов питания ($r = -0,561$; $p\text{-value} = 0,023$);

2) социально-гигиеническими и экологическими: выбросы в атмосферу ($r = 0,610$; $p\text{-value} = 0,0157$), наличие водопровода ($r = -0,541$; $p\text{-value} = 0,0211$), водопроводная вода по санитарно-химическим показателям ($r = -0,775$; $p\text{-value} = 0,0007$) и микробиологическим показателям ($r = 0,569$; $p\text{-value} = 0,0268$), нецентрализованное водоснабжение по санитарно-химическим показателям ($r = -0,692$; $p\text{-value} = 0,0042$);

3) потреблением продуктов питания и табакокурение: табак ($r = -0,568$; $p\text{-value} = 0,0270$), мясо ($r = -0,554$; $p\text{-value} = 0,0320$), молоко ($r = -0,583$; $p\text{-value} = 0,0225$), яйца ($r = -0,679$; $p\text{-value} = 0,0053$), хлеб ($r = -0,514$; $p\text{-value} = 0,0102$), фрукты ($r = -0,737$; $p\text{-value} = 0,0017$), растительное масло ($r = 0,664$; $p\text{-value} = 0,0069$), рыба ($r = -0,676$; $p\text{-value} = 0,0056$).

Для каждой группы показателей в отдельности применили метод главных компонент, при этом использовали только те показатели, коэффициенты корреляции которых с заболеваемостью значимы. В результате получили три главные компоненты. Первая компонента (PC_1), включающая социально-экономические показатели качества жизни, объясняет 96,7% общей вариации данных; вторая компонента (PC_2), включающая социально-гигиенические и экологические показатели, – 84%; третья компонента (PC_3), содержащая показатели потребления продуктов питания и табакокурение, – 77,1% (табл. 1). Коэффициент корреляции заболеваемости с PC_1 составил 0,640 ($p\text{-value} = 0,0075$); с PC_2 – 0,633 ($p\text{-value} = 0,0081$); PC_3 – (-0,584) ($p\text{-value} = 0,0205$).

Таблица 1

Главные компоненты/ principal components	Показатели/Indicators	Факторные нагрузки/ loading	Коэффициенты для главных компонент/ scores
PC_1	Доход	-0,353	-1,162
	Прожиточный уровень	-0,354	-1,148
	Платные услуги населению	-0,337	-1,114
	Стоимость условного набора продуктов питания	-0,348	-1,140
	ВРП на душу населения	-0,340	-1,096
	ИЧР	-0,327	-1,079
	Индекс образования	-0,342	-1,106

Главные компоненты/ principal components	Показатели/Indicators	Факторные нагрузки/ loading	Коэффициенты для главных компонент/ scores
	Уровень безработицы	0,319	4,065
	Численность врачей	-0,672	-0,198
	Обеспеченность больничными койками	-0,767	-0,744
PC ₂	Наличие водопровода	-0,476	-1,349
	Водопроводная вода (санитарно-химические показатели)	-0,817	-0,834
	Водопроводная вода (микробиологические показатели)	0,530	1,551
	Нецентрализованное водоснабжение (санитарно-химические показатели)	-0,822	-0,262
	Выбросы в атмосферу	0,525	1,538
PC ₃	Доля расходов на покупку табачной продукции	0,736	0,484
	Мясо	-0,472	-1,116
	Молоко	-0,475	-1,119
	Яйца	-0,404	-0,272
	Хлебные продукты	0,563	0,688
	Фрукты, ягоды	0,433	0,596
	Масло растительное	0,469	2,763
	Рыба и рыбопродукты	0,597	0,845

Согласно факторным нагрузкам наибольший вклад в первую главную компоненту вносят показатели: обеспеченность больничными койками, численность врачей, прожиточный уровень, доход; во вторую компоненту – качество воды по санитарно-химическим и микробиологические показатели, выбросы в атмосферу; в третью компоненту - потребление табака, рыбных и хлебных продуктов.

В табл. 2 представлены результаты проведения регрессионного анализа с главными компонентами в качестве независимых переменных.

Таблица 2

	PC1	PC2	PC3	PC1+PC2+PC3
Коэффициент регрессии	-0,071 / 5,39e-05	0,066 / 0,00047	-0,089 / 1e-07	0,007 / 0,7909 +0,065 / 0,0043 -0,002 / 0,0743
Коэффициент детерминации	0,674	0,623	0,875	0,759

В ходе проведения многомерного регрессионного анализа для определения зависимости между заболеваемостью и тремя выделенными главными компонентами не было получено качественной модели (не все коэффициенты корреляции оказались значимы).

Обсуждение. Статистический анализ данных по заболеваемости болезнями органов пищеварения позволил выявить показатели позитивно и негативно влияющие на уровень заболеваемости БОП в Приморском крае. Среди социально-экономических показателей наибольшая связь обнаружена

с индикаторами медицинской помощи: положительная зависимость с численностью врачей и отрицательная с обеспеченностью больничными койками.

Загрязнение окружающей среды оказывает негативное воздействие на здоровье человека. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, загрязнения почвы и водных объектов являются факторами развития многих болезней, в том числе и БОП [14-16]. В данном исследовании обнаружена прямая связь заболеваемости с загрязнением атмосферного воздуха и качеством питьевой воды по микробиологическим показателям. Несоблюдение правил санитарии и личной гигиены, использование некачественной питьевой воды способствуют развитию заболеваний желудочно-кишечного тракта [17]. Также в ходе исследования обнаружена отрицательная корреляция заболеваемости БОП с качеством питьевой воды по санитарно-химическим показателям (в% нестандартных проб). Здесь можно предположить, что статистическая связь является статистическим совпадением процессов во времени и не указывает на какое-либо реальное взаимодействие. Ведь корреляционная связь носит вероятностный характер и может быть случайна. За счет эффектов одновременного влияния неучтенных факторов смысл истинной связи может искажаться.

Характер питания человека также влияет на поддержание организма в оптимальном физиологическом состоянии. Нерациональное питание с недостаточным поступлением витаминов, чрезмерным потреблением углеводов и жиров приводит к нарушению пищеварения [18, 19]. Согласно полученным результатам исследования среди продуктов питания только потребление растительного масла положительно коррелирует с заболеваемостью БОП, остальные показатели - отрицательно.

Выявленные статистические связи позволили сгруппировать показатели качества жизни населения в три главные компоненты. Первые две компоненты, характеризующие социально-экономические, социально-гигиенические и экологические условия жизни населения, положительно коррелируют с заболеваемостью БОП, третья компонента, содержащая показатели потребления продуктов питания и табакокурение, имеет отрицательную корреляцию. При использовании регрессионного анализа не было получено качественной модели на основе всех главных компонент. Для построения прогнозной модели необходимо применить другие методы математического моделирования и машинного обучения, что и предполагается выполнить в дальнейшем.

Таким образом, результаты данного исследования показали наличие статистической связи между факторами риска среды обитания и заболеваемостью органов пищеварения, что согласуется с результатами других авторов [20-22]. Поддержание здорового образа жизни, отказ от вредных привычек, доступность качественной медицинской помощи способствуют снижению заболеваемости и продлению активного долголетия, что соответствует

социально ориентированной политике государства, реализуемой в настоящее время.

Заключение

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ показал, что заболеваемость болезнями органов пищеварения в Приморском крае статистически связана с образом жизни, рациональным питанием и уровнем материального благосостояния населения, что рекомендуется учитывать при планировании управленческих решений на региональном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беляева Ю.Н.* Болезни органов пищеварения как медико-социальная проблема // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2013. – Т.3, №3. – С. 566–568.
2. *Возрастные особенности и инвалидности при болезнях органов пищеварения у взрослого населения Санкт-Петербурга в динамике за 2013-2021 гг.* / Р.К. Кантемирова, З.Д. Фидарова, Т.С. Черныкина и др. // Физическая и реабилитационная медицина. – 2023. – Т.5, №4. – С. 39–57.
3. *Ножкина Н.В., Зарипова Т.В., Ошкордина А.А.* Социально-демографические и экономические аспекты потерь, обусловленных заболеваниями органов пищеварения // Демографическая и семейная политика в контексте целей устойчивого развития: сборник статей IX Уральского демографического форума: в 2-х томах / Институт экономики УрО РАН. – Екатеринбург, 2018. – Том 1. – С. 638–645.
4. *Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт: URL.: <https://rosstat.gov.ru>* (дата обращения 01.10.2024).
5. *Анализ состояния здоровья населения во взаимосвязи с качеством питьевой воды в Мурманской области* / А.А. Ковшов, Ю.А. Новикова, И.О. Мясников и др. // Российская Арктика. – 2022. – №4(19). – С. 5–16.
6. *Wang R., Li Z., Liu S., Zhang D.* Global, regional, and national burden of 10 digestive diseases in 204 countries and territories from 1990 to 2019 // Public Health. – 2023. – Vol. 11.
7. *Role of Overweight and Obesity in Gastrointestinal Disease* / S. Emerenziani, MPL Guarino, TLM Asensio et al. // Nutrients. – 2019. – 12(1):111.
8. *Еганян Р.А., Кушунина Д.В., Калинина А.М.* Актуальность и результативность раннего выявления заболеваний органов пищеварения при диспансеризации взрослого населения России // Профилактическая медицина. – 2017. – Т.20, №3. – С. 22–27.
9. *Государственные доклады Роспотребнадзор по Приморскому краю. URL.: <https://rospotrebnadzor.ru>* (дата обращения 01.10.2024).
10. *Статистические данные о состоянии и динамике развития здравоохранения Приморского края. URL.: <https://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/health/statisticheskie-dannye-o-sostoyanii-i-dinamike-razvitiya-zdravookhraneniya-primorskogo-kraya/>* (дата обращения 01.10.2024).
11. *Суздалкина В.М., Свиркина К.В., Мокашева Е.Н., Мокашева Ек.Н.* Гендерные особенности заболеваний желудочно-кишечного тракта // European Journal of Natural History. – 2022. – №2. – С. 65–70.
12. *Региональные особенности медико-демографических показателей здоровья населения Белгородской области (на примере болезней органов пищеварения за период 2000-2017 гг.)* / Н.Н. Шмакова, Т.В. Дмитриева, В.Н. Дмитриев и др. // Здоровье населения и среда обитания - ЗНиСО. – 2021. – Т. 29, №7. – С. 57–66.
13. *Радченко О.Р., Уразманов А.Р., Валиев Р.И.* Научное обоснование медико-гигиенических мероприятий по снижению заболеваемости болезнями органов пище-

- варения у подростков // Вестник современной клинической медицины. – 2022. – Т. 15, №3. – С. 80 – 86.
14. *Приоритетные* факторы нарушения здоровья населения Российской Федерации, ассоциированные с качеством питьевой воды систем централизованного водоснабжения / В.Б. Алексеев, С.В. Клейн, С.А. Вековщина и др. // Здоровоохранение Российской Федерации. – 2022. – Т. 66, №5. – С. 366–374.
 15. *Макоско А.А., Матешева А.В.* О тенденциях распространенности экологически обусловленных заболеваний вследствие техногенного загрязнения атмосферы // Инновации. – 2012. – № 10(168). – С. 98–105.
 16. *Голиков Р.А., Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Штайгер В.А.* Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения (обзор литературы) // Научное обозрение. Медицинские науки. – 2017. – № 5. – С. 20–31.
 17. *Иванова И.Л., Ковальчук В.К.* Гигиенические аспекты возникновения соматической патологии желудочно-кишечного тракта (обзор литературы) // Гигиена и санитария. – 2009. – №3. – С. 89–91.
 18. *Дьяченко А.П.* Рациональное питание как фактор профилактики болезней органов пищеварения // XXVII региональная конференция молодых учёных и исследователей Волгоградской области: сборник статей / ВГМУ. – Волгоград, 2022. – С. 72–75.
 19. *Надбитова Б.В.* Нерациональное питание как фактор риска развития заболеваний органов пищеварения // Превентивная медицина как основа качественного и здорового долголетия. Сборник тезисов по материалам научно-практической конференции с международным участием. – М.: Знание-М, 2023. – С. 61.
 20. *Sekeroglu B, Tuncal K.* Prediction of cancer incidence rates for the European continent using machine learning models // Health Informatics Journal. – 2021. – Vol. 27(1): 1460458220983878.
 21. *Болкисева П.С., Фазылзянова А.Р., Ямищикова Т.В., Гурьянова Н.Е.* Выявление факторов риска заболеваний органов пищеварения // Modern Science. – 2020. – № 12-2. – С. 48–50.
 22. *Бастрыгина В.А., Белус С.В., Ширинская Н.В., Лялюкова Е.А.* Модификация факторов риска, как профилактическая стратегия снижения смертности от злокачественных новообразований органов пищеварения // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2022. – №9(205). – С. 53–57.

Статья представлена к публикации членом редколлегии А.И. Абакумовым.

E-mail:

Ермолицкая Марина Захаровна – ermmz@mail.ru.