

Множественный регрессионный анализ как подход в комплексной оценке показателей по туберкулезу в Республике Крым

Голубова Т. Н.¹

к.м.н., доцент, кафедра общественного здоровья, организации и экономики здравоохранения

Овсянникова Н. М.²

к.б.н., доцент, кафедра физики конденсированных сред, физических методов и информационных технологий в медицине

Махкамова З. Р.¹

к.м.н., доцент, кафедра общественного здоровья, организации и экономики здравоохранения

Ткаченко И. Ю.³

директор

1 – Медицинская академия им. С.И. Георгиевского (структурное подразделение), ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Республика Крым

2 – Физико-технический институт (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», г. Симферополь, Республика Крым

3 – ГБУЗ РК Крымский республиканский клинический центр фтизиатрии и пульмонологии. г. Симферополь, Республика Крым

Автор для корреспонденции: Голубова Татьяна Николаевна; **e-mail:** tn.golubova@yandex.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Рассматривается использование множественного регрессионного анализа для оценки и прогнозирования показателей по туберкулезу (ТБ) в республике Крым (РК). Основные показатели по ТБ в РК за 2014-2018 гг. исследованы с использованием корреляционного анализа методом Пирсона и пошагового множественного линейного регрессивного анализа. В ходе парного корреляционного анализа выявлены достоверные взаимосвязи средней и сильной степени выраженности для большинства исследуемых показателей. Рассчитанные значения множественных коэффициентов корреляции были выше парных коэффициентов корреляции, что свидетельствовало о большей значимости групповой обусловленности показателей. Методом пошагового множественного регрессионного анализа для основных эпидемиологических показателей по ТБ построены уравнения регрессии и выявлены наиболее значимые предикторы. Уравнения регрессии для показателей заболеваемости, распространенности и смертности от ТБ предложены для практического применения с целью прогнозирования эпидемиологической ситуации.

Ключевые слова: туберкулез, показатели по ТБ, эпидемиологическая ситуация, корреляционный анализ, множественный регрессионный анализ, прогнозирование, республика Крым

doi: 10.29234/2308-9113-2021-9-2-100-112

Для цитирования: Голубова Т. Н., Овсянникова Н. М., Махкамова З. Р., Ткаченко И. Ю. Множественный регрессионный анализ как подход в комплексной оценке показателей по туберкулезу в Республике Крым. *Медицина* 2021; 9(2): 100-112.

Введение

Несмотря на стабилизацию ситуации по ТБ в России в последнем десятилетии, проблема контроля данного заболевания не теряет актуальности. Согласно национальному проекту в сфере здравоохранения в РФ в 2024 г. планируется снизить уровень смертности трудоспособного населения, в том числе по причине ВИЧ-инфекции и ТБ [10]. Достоверные эпидемиологические данные по ТБ – важное условие разработки эффективных противотуберкулезных мероприятий в регионах [4,9,12]. При оценке ситуации по ТБ следует учитывать, что на информативность показателей влияют многие факторы. Важные данные об эпидемиологической обстановке по ТБ можно получить при сопоставлении показателей между собой, выявлении связи между ними [6]. Для комплексной оценки показателей в эпидемиологии широко используются методы многомерного статистического анализа [2,3,5]. Применение корреляционного и множественного регрессивного анализа для оценки ситуации по ТБ актуально для установления взаимосвязи между показателями и представляет интерес для практического здравоохранения в решении задач прогнозирования [7,8,11,14].

Цель и задачи исследования

Цель исследования – применение множественного регрессионного анализа для оценки и прогнозирования показателей по ТБ в республике Крым (РК) за период 2014-2018 гг.

Задачи:

- расчет и анализ парных корреляционных взаимосвязей для исследуемых показателей;
- использование методики пошагового множественного регрессионного анализа для выявления значимых предикторов изменения изучаемых показателей;
- построение модели прогнозирования основных эпидемиологических показателей по ТБ в РК.

Материалы и методы исследования

Для анализа выбраны показатели по ТБ в РК за 2014-2018 гг. из базы данных ГБУЗ РК «Крымский республиканский клинический центр фтизиатрии и пульмонологии»: заболеваемость ТБ на 100 тыс.; заболеваемость ТБ легких на 100 тыс.; заболеваемость деструктивным ТБ на 100 тыс.; доля деструктивного ТБ среди в/в (%); заболеваемость бактериальным ТБ на 100 тыс.; заболеваемость ТБ внелегочных локализаций на 100 тыс.; заболеваемость ТБ детей на 100 тыс.; заболеваемость ТБ легких детей на 100 тыс.; заболеваемость ко-инфекцией на 100 тыс.; распространенность ТБ на 100 тыс.; распространенность ТБ легких на 100 тыс.; распространенность ТБ внелегочных локализаций на 100 тыс.; распространенность ТБ среди детей на 100 тыс.;

распространенность ТБ легких среди детей на 100 тыс.; рецидивы ТБ на 100 тыс.; рецидивы в % к в/в больным всеми формами ТБ; смертность от ТБ на 100 тыс.; доля умерших от ТБ на дому (%); доля умерших от ТБ до 1 года наблюдения (%); своевременность выявления больных ТБ легких (%); доля больных ТБ, выявленных при профилактических осмотрах (%); выявляемость больных активным ТБ на профилактических осмотрах детей (%); доля больных ТБ, выявленных при профилактических осмотрах детей (%); охват населения флюорографическими обследованиями + рентген на 1000 населения; охват туберкулезными пробами + диаскинтест на 1000 детей; госпитализация в/в бациллярных больных (по мазку) %.

Составлена база данных средних значений анализируемых показателей по ТБ в РК за исследуемый период. Данные проверены на нормальность распределения критериями Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка: из 26 показателей 21 распределен нормально. Расчет парных коэффициентов корреляции r проведен методом Пирсона. Определение множественных корреляционных взаимосвязей и прогнозирование с использованием пошагового множественного регрессионного анализа [1,13] проводилось в модуле «Множественная регрессия» в программе Statistica 10,0.

Результаты

Выявленные парные корреляционные взаимосвязи ($p < 0,05$) для показателей заболеваемости, распространенности и смертности от ТБ всего населения представлены в таблицах 1-4, 6, 7. Сила взаимосвязи варьирует в диапазоне 0,43 – 0,97 (соответствует среднему и сильному уровню тесноты).

Таблица 1. Парные корреляционные взаимосвязи показателей заболеваемости ТБ и ТБ легких (на 100 тыс.) в РК

Коррелируемые показатели	r	p -значение
Заболеваемость ТБ		
заболеваемость ТБ легких на 100 тыс.	0,97	<0,001
заболеваемость деструктивным ТБ на 100 тыс.	0,63	0,001
заболеваемость бактериальным ТБ на 100 тыс.	0,88	<0,001
заболеваемость ко-инфекцией на 100 тыс.	0,67	0,001
распространенность ТБ на 100 тыс.	0,72	<0,001
распространенность ТБ легких на 100 тыс.	0,71	<0,001
рецидивы ТБ на 100 тыс.	0,70	<0,001
Заболеваемость ТБ легких		
заболеваемость ТБ на 100 тыс.	0,97	<0,001
заболеваемость деструктивным ТБ на 100 тыс.	0,69	<0,001
заболеваемость бактериальным ТБ на 100 тыс.	0,87	<0,001
заболеваемость ко-инфекцией на 100 тыс.	0,59	0,004
распространенность ТБ на 100 тыс.	0,69	<0,001
распространенность ТБ легких на 100 тыс.	0,69	<0,001
рецидивы ТБ на 100 тыс.	0,67	0,001

Анализ парных корреляционных взаимосвязей позволил установить большую обусловленность показателей заболеваемости ТБ и ТБ легких от заболеваемости бактериальным ТБ (табл. 1). Для показателя «рецидивы ТБ на 100 тыс.» наибольшие по силе взаимосвязи выявлены с показателями заболеваемости ТБ, ТБ легких, бактериальным ТБ и ко-инфекцией. Средней степени прямые взаимосвязи выявлены с заболеваемостью деструктивным ТБ и заболеваемостью ТБ детей (табл. 2).

Таблица 2. Парные корреляционные взаимосвязи показателей рецидивы ТБ (на 100 тыс.) и рецидивы в % к в/в больным всеми формами ТБ в РК

Коррелируемые показатели	<i>r</i>	<i>p</i> -значение
Рецидивы ТБ		
заболеваемость ТБ на 100 тыс.	0,70	<0,001
заболеваемость ТБ легких на 100 тыс.	0,67	0,001
заболеваемость деструктивным ТБ на 100 тыс.	0,45	0,032
заболеваемость бактериальным ТБ на 100 тыс.	0,67	0,001
заболеваемость ТБ детей на 100 тыс.	0,48	0,021
заболеваемость ко-инфекцией на 100 тыс.	0,66	0,001
распространенность ТБ на 100 тыс.	0,64	0,001
распространенность ТБ легких на 100 тыс.	0,63	0,002
рецидивы в % к в/в больным всеми формами ТБ	0,78	<0,001
Рецидивы в % к в/в больным всеми формами ТБ		
заболеваемость ТБ детей на 100 тыс.	0,53	0,011
заболеваемость ТБ легких детей на 100 тыс.	0,44	0,038
распространенность ТБ среди детей на 100 тыс.	0,48	0,021
рецидивы ТБ на 100 тыс.	0,79	<0,001

Таблица 3. Парные корреляционные взаимосвязи показателей заболеваемости деструктивным ТБ (на 100 тыс.) и доля деструктивного ТБ среди в/в % в РК

Коррелируемые показатели	<i>r</i>	<i>p</i> -значение
Заболеваемость деструктивным ТБ		
заболеваемость ТБ на 100 тыс.	0,63	0,001
заболеваемость ТБ легких на 100 тыс.	0,69	<0,001
доля деструктивного ТБ среди в/в (%)	0,46	0,028
заболеваемость бактериальным ТБ на 100 тыс.	0,69	<0,001
заболеваемость ТБ внелегочных локализаций на 100 тыс.	-0,44	0,040
распространенность ТБ на 100 тыс.	0,71	<0,001
распространенность ТБ легких на 100 тыс.	0,74	<0,001
рецидивы ТБ на 100 тыс.	0,45	0,032
своевременность выявления больных ТБ легких (%)	-0,54	0,009
Доля деструктивного ТБ среди в/в %		
заболеваемость деструктивным ТБ на 100 тыс.	0,46	0,028
заболеваемость ко-инфекцией на 100 тыс.	-0,47	0,024
своевременность выявления больных ТБ легких (%)	-0,87	<0,001

Заболеваемость деструктивным ТБ в большей степени обусловлена распространенностью ТБ и ТБ легких, а также заболеваемостью ТБ легких и бактериальным ТБ. Доля деструктивного ТБ обратно коррелирует в сильной степени со своевременностью выявления больных ТБ легких (табл. 3).

Для заболеваемости бактериальным ТБ (табл. 4) большая сила связи установлена с заболеваемостью ТБ и ТБ легких, а также с распространенностью ТБ и ТБ легких. Показатель «заболеваемость ТБ внелегочных локализаций на 100 тыс.» обратно коррелировал с показателем «заболеваемость деструктивным ТБ на 100 тыс.» (взаимосвязь средней степени) (табл. 4).

Таблица 4. Парные корреляционные взаимосвязи показателей заболеваемости бактериальным ТБ, ТБ внелегочных локализаций и ко-инфекцией (на 100 тыс.) в РК

Коррелируемые показатели	<i>r</i>	<i>p</i> -значение
Заболеваемость бактериальным ТБ		
заболеваемость ТБ на 100 тыс.	0,88	<0,001
заболеваемость ТБ легких на 100 тыс.	0,87	<0,001
заболеваемость деструктивным ТБ на 100 тыс.	0,69	<0,001
заболеваемость ко-инфекцией на 100 тыс.	0,64	0,001
распространенность ТБ на 100 тыс.	0,71	<0,001
распространенность ТБ легких на 100 тыс.	0,70	<0,001
рецидивы ТБ на 100 тыс.	0,67	0,001
Заболеваемость ТБ внелегочных локализаций на		
заболеваемость деструктивным ТБ на 100 тыс.	-0,44	0,040
распространенность ТБ внелегочных локализаций на 100 тыс.	0,60	0,003
своевременность выявления больных ТБ легких (%)	0,43	0,046
Заболеваемость ко-инфекцией		
заболеваемость ТБ на 100 тыс.	0,67	0,001
заболеваемость ТБ легких на 100 тыс.	0,59	0,004
доля деструктивного ТБ среди в/в (%)	-0,47	0,024
заболеваемость бактериальным ТБ на 100 тыс.	0,64	0,001
распространенность ТБ на 100 тыс.	0,51	0,015
распространенность ТБ легких на 100 тыс.	0,46	0,028
рецидивы ТБ на 100 тыс.	0,66	0,001

Для оценки сочетанного действия коррелируемых показателей (табл. 1-4, 6, 7) на зависимые переменные (показатели заболеваемости, распространенности и смертности от ТБ) рассчитаны множественные коэффициенты корреляции *r*. Данные коэффициенты превышали значения парных коэффициентов корреляции. Так, для показателей заболеваемости они находились в пределах 0,69-0,98 ($p < 0,001$), что свидетельствовало о большей значимости групповой обусловленности показателей. Пошаговый множественный регрессионный анализ позволил выявить наиболее значимые

предикторы в комплексном действии показателей, то есть показатели, оказывающие большее влияние на изменение зависимой переменной (исследуемого показателя) (табл. 5).

Таблица 5. Результаты множественного регрессионного анализа для зависимой переменной «заболеваемость ТБ на 100 тыс.»

Независимые предикторы	β - коэффициент**	b- коэффициент*	p- значение
заболеваемость ТБ легких на 100 тыс.	0,86	0,91	<0,001
заболеваемость ко-инфекцией на 100 тыс;	0,09	0,19	0,21
распространенность ТБ на 100 тыс.	0,76	0,26	0,26
распространенность ТБ легких на 100 тыс.	-0,68	-0,24	0,31

*b – коэффициент множественной регрессии;

** β -коэффициент – стандартизированный коэффициент регрессии.

По результатам множественного регрессионного анализа составлены уравнения множественной регрессии, которые могут быть использованы в предсказании значений показателей, и подсчитаны коэффициенты детерминации (R^2), определяющие точность линейных регрессионных моделей. Для моделей заболеваемости коэффициенты R^2 находились в пределах 0,47–0,96.

Ниже представлены модели множественной регрессии для практического применения – наиболее точные модели, с высокими значениями R^2 . Для каждой модели также представлены наиболее значимые предикторы.

1) Показатель «заболеваемость ТБ на 100 тыс.»: $R=0,98$, $R^2=0,96$, наиболее значимый предиктор – «заболеваемость ТБ легких на 100 тыс.» (табл. 5). Уравнение регрессии: Заболеваемость ТБ на 100 тыс. = $0,91 \times \text{заболеваемость ТБ легких на 100 тыс.} + 0,19 \times \text{заболеваемость ко-инфекцией на 100 тыс.} + 0,26 \times \text{распространенность ТБ на 100 тыс.} - 0,24 \times \text{распространенность ТБ легких на 100 тыс.} + 3,38$.

2) Показатель «заболеваемость деструктивным ТБ на 100 тыс.»: $R=0,99$, $R^2=0,98$, наиболее значимые предикторы: «заболеваемость ТБ внелегочных локализаций на 100 тыс.» ($p=0,008$), «доля деструктивного ТБ среди в/в (%)» ($p<0,001$), «заболеваемость ТБ легких на 100 тыс.» ($p<0,001$). Уравнение регрессии: Заболеваемость деструктивным ТБ на 100 тыс. = $-0,85 \times \text{заболеваемость ТБ внелегочных локализаций на 100 тыс.} + 0,51 \times \text{доля деструктивного ТБ среди в/в (\%)} + 0,34 \times \text{заболеваемость ТБ легких на 100 тыс.} - 23,34$.

3) показатель «заболеваемость ТБ легких на 100 тыс.»: $R=0,98$, $R^2=0,96$, наиболее значимый предиктор – «заболеваемость ТБ на 100 тыс.» ($p<0,001$). Уравнение регрессии: Заболеваемость ТБ легких на 100 тыс. = $0,90 \times \text{заболеваемость ТБ на 100 тыс.} + 0,34 \times \text{заболеваемость деструктивным ТБ на 100 тыс.} -$

0,24×распространенность ТБ на 100 тыс. + 0,21×распространенность ТБ легких на 100 тыс. – 1,43.

4) показатель «рецидивы ТБ на 100 тыс.»: $R = 0,99$, $R^2 = 0,98$, наиболее значимые предикторы: «рецидивы в % к в/в больным всеми формами ТБ» ($p < 0,001$); «заболеваемость ТБ легких на 100 тыс.» ($p < 0,001$). Уравнение регрессии: Рецидивы ТБ легких на 100 тыс. = $0,56 \times \text{рецидивы в \% к в/в больным всеми формами ТБ} + 0,15 \times \text{заболеваемость ТБ легких на 100 тыс.} - 12,65$.

В результате анализа парных корреляционных связей для группы показателей заболеваемости ТБ выявлено, что наиболее часто коррелировала с другими заболеваемость бактериальным ТБ. Однако, в моделях множественной регрессии наиболее значимыми предикторами для прогнозирования показателей заболеваемости выступили другие показатели.

В группе показателей распространенности ТБ наибольшая парная корреляционная взаимосвязь выявлена между распространенностью ТБ и распространенностью ТБ легких (табл. 6). Эти же показатели выступили наиболее значимыми предикторами и в моделях множественной регрессии.

Таблица 6. Парные корреляционные взаимосвязи показателей распространенности ТБ в РК

Коррелируемые показатели	<i>r</i>	<i>p</i> -значение
Распространенность ТБ на 100 тыс.		
Заболеваемость ТБ на 100 тыс.	0,72	<0,001
заболеваемость ТБ легких на 100 тыс.	0,69	<0,001
заболеваемость деструктивным ТБ на 100 тыс.	0,71	<0,001
заболеваемость бактериальным ТБ на 100 тыс.	0,71	<0,001
заболеваемость ко-инфекцией на 100 тыс.	0,51	0,015
распространенность ТБ легких на 100 тыс.	0,99	<0,001
рецидивы ТБ на 100 тыс.	0,64	0,001
Распространенность ТБ легких на 100 тыс.		
Заболеваемость ТБ на 100 тыс.	0,71	<0,001
заболеваемость ТБ легких на 100 тыс.	0,69	<0,001
заболеваемость деструктивным ТБ на 100 тыс.	0,74	<0,001
заболеваемость бактериальным ТБ на 100 тыс.	0,70	<0,001
заболеваемость ко-инфекцией на 100 тыс.	0,46	0,028
распространенность ТБ на 100 тыс.	0,99	<0,001
рецидивы ТБ на 100 тыс.	0,63	0,002
Распространенность ТБ внелегочных локализаций на 100 тыс.		
заболеваемость ТБ внелегочных локализаций на 100 тыс.	0,60	0,003

Коэффициенты множественной корреляции для показателей распространенности находились в интервале 0,60 – 0,99 ($p < 0,001$), коэффициенты детерминации – 0,36 – 0,99. Для практического применения представлены наиболее точные модели:

1) показатель «распространенность ТБ на 100 тыс.»: $R=0,99$, $R^2=0,99$, наиболее значимые предикторы: показатели «распространенность ТБ легких на 100 тыс.» ($p < 0,001$), «заболеваемость ко-инфекцией на 100 тыс.» ($p=0,01$). Уравнение регрессии: Распространенность ТБ на 100 тыс. = распространенность ТБ легких на 100 тыс. + 0,31×заболеваемость ко-инфекцией на 100 тыс. + 5,55.

2) показатель «распространенность ТБ легких на 100 тыс.»: $R=0,99$, $R^2=0,99$, наиболее значимые предикторы: показатели «распространенность ТБ на 100 тыс.» ($p < 0,001$), «заболеваемость ко-инфекцией на 100 тыс.» ($p=0,03$). Уравнение регрессии: Распространенность ТБ легких на 100 тыс. = 0,97×распространенность ТБ на 100 тыс. – 0,27×заболеваемость ко-инфекцией на 100 тыс. – 5,62.

Наибольшая в группе показателей смертности сила парной корреляции установлена между смертностью от ТБ и заболеваемостью ТБ и ТБ легких (табл. 7), тогда как в модели множественной регрессии наиболее значимым предиктором определен только показатель заболеваемости ТБ.

Таблица 7. Парные корреляционные взаимосвязи показателей смертности от ТБ в РК

Коррелируемые показатели	<i>r</i>	<i>p</i> -значение
Смертность от ТБ на 100 тыс.		
Заболеваемость ТБ на 100 тыс.	0,70	<0,001
заболеваемость ТБ легких на 100 тыс.	0,69	<0,001
заболеваемость деструктивным ТБ на 100 тыс.	0,51	0,015
заболеваемость бактериальным ТБ на 100 тыс.	0,58	0,005
заболеваемость ко-инфекцией на 100 тыс.	0,56	0,006
распространенность ТБ на 100 тыс.	0,61	0,002
распространенность ТБ легких на 100 тыс.	0,61	0,003
рецидивы ТБ на 100 тыс.	0,62	0,002
доля умерших от ТБ до 1 года наблюдения (%)	-0,47	0,026
Доля умерших от ТБ до 1 года наблюдения (%)		
смертность от ТБ на 100 тыс.	-0,47	0,026
доля больных ТБ, выявленных при проф. осмотрах (%)	-0,45	0,035

Коэффициенты множественной корреляции для показателей смертности находились в интервале 0,58 – 0,81 ($p < 0,001$), коэффициенты детерминации – 0,34-0,66. Наиболее точной в группе является модель прогнозирования для показателя смертности от ТБ на 100 тыс.: $R=0,81$, $R^2=0,66$, наиболее значимые предикторы: «заболеваемость ТБ на 100 тыс.» ($p < 0,001$), «доля умерших от ТБ до 1 года наблюдения (%)» ($p=0,006$). Уравнение

регрессии: Смертность от ТБ на 100 тыс. = $0,23 \times \text{заболеваемость ТБ на 100 тыс.} - 0,10 \times \text{доля умерших от ТБ до 1 года наблюдения (\%)} + 1,99$.

Обсуждение результатов

Нами было выявлена положительная корреляция показателя заболеваемости ТБ с заболеваемостью ТБ легких, заболеваемостью бактериальным ТБ, показателем «рецидивы ТБ на 100 тыс.», ко-инфекцией и смертностью от ТБ. Рост значений этих показателей соотносится с возрастанием первой координаты. Установленная взаимосвязь показателей доказывает, что чем больше доля полностью излечившихся пациентов среди всех выявленных, тем ниже уровень рецидивов заболевания и возможной смертности пациентов, поэтому последний показатель отражает эффективность лечения и качество противотуберкулезных мероприятий, препятствующих распространению ТБ.

Выявленная корреляция средней степени «рецидивов ТБ на 100 тыс.» с заболеваемостью деструктивным ТБ и заболеваемостью ТБ детей, также позволяет оценить эффективность и качество лечения как детского, так и взрослого населения. Взаимосвязь этих показателей можно объяснить активностью детей, особенно школьного возраста: круг социальных контактов быстро расширяется, становится регулярным социальное взаимодействие с множеством взрослых людей, в том числе, больными ТБ, отчего повышается вероятность инфицирования микобактериями ТБ. Исходя из представленных корреляционных взаимосвязей, можно допустить, что уровень заболеваемости детей является индикатором эпидемической ситуации по туберкулезу.

С показателями заболеваемости ТБ и ТБ легких коррелирует ряд эпидемиологических показателей. Анализ парных корреляционных взаимосвязей позволил выявить большую обусловленность этих показателей от заболеваемости бактериальным ТБ и заболеваемости деструктивными формами ТБ. Так, снижение бактериовыделения у впервые выявленных больных ТБ при эффективных исходах лечения логично приведет к снижению заболеваемости ТБ, ТБ легких и смертности от ТБ, следовательно, явится критерием эффективности лечения. Также, чем больше доля полностью излечившихся пациентов среди всех выявленных, тем ниже уровень рецидивов заболевания.

Корреляционная взаимосвязь распространенности ТБ и ТБ легких с заболеваемостью деструктивными формами ТБ показывает, что чем выше уровень заболеваемости деструктивными формами ТБ, тем выше распространенность ТБ и ТБ легких, а своевременное выявление больных ТБ легких приведет к снижению доли деструктивного ТБ. Это служит критерием качества работы не только противотуберкулезной службы, но и работы первичного звена, в частности по раннему выявлению заболеваемости ТБ и проведению профилактических мероприятий, что в результате позволяет предотвратить распространение ТБ и в конечном итоге улучшить эпидемическую обстановку в регионе.

Наиболее существенным фактором для построения прогнозов является выявление конкретных факторов, позволяющих определить развитие процессов, количественных взаимосвязей между факторами и показателями развития. Прогноз, как правило, имеет вероятностный характер. Однако, поскольку он строится на основе аргументированных научных представлений о состоянии и развитии объекта, можно считать его достаточно достоверным. Предложенные на основании проведенного регрессионного анализа формулы моделирования эпидемиологической ситуации по ТБ в РК послужат практическим инструментом прогнозирования для практического здравоохранения.

Заключение

В ходе комплексной оценки показателей по ТБ в РК за период 2014-18 гг. путем проведения парного корреляционного анализа выявлены достоверные взаимосвязи средней и сильной степени выраженности для большинства исследуемых показателей. Для определения групповых обусловленностей эпидемиологических показателей по ТБ использован пошаговый множественный регрессионный анализ, по результатам которого выявлены наиболее значимые предикторы изменения изучаемых показателей. Построены модели прогнозирования основных эпидемиологических показателей по ТБ в РК. Наиболее точные уравнения регрессии для показателей заболеваемости, распространенности и смертности от ТБ предложены для практического применения с целью прогнозирования эпидемиологической ситуации.

Литература

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: ЮНИТИ, 1998. 672 с.
2. Голубова Т.Н., Махкамова З.Р., Ткаченко И.Ю. Территориальная дифференциация динамики заболеваемости и смертности от туберкулеза в республике Крым. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания* 2017; 66: 22-28.
3. Голубова Т.Н., Махкамова З.Р., Овсянникова Н.М., Ткаченко И.Ю. Современная территориальная дифференциация эпидемиологии туберкулеза и показателей работы фтизиатрической службы в республике Крым. *Таврический медико-биологический вестник* 2017; 20 (4): 44-49.
4. Махкамова З.Р., Голубова Т.Н., Санина Г.Н., Ткаченко И.Ю. Современные особенности эпидемиологии туберкулеза в республике Крым. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания* 2017; 64: 37-42.
5. Махкамова З.Р., Овсянникова Н.М., Голубова Т.Н., Ткаченко И.Ю. Прогноз первичной заболеваемости туберкулезом легких (числа случаев) в республике Крым. *Научные ведомости белгородского государственного университета. Серия: медицина. Фармация* 2017; 19 (268): 127-138.
6. Методические рекомендации "Методика анализа эпидемической ситуации по туберкулезу" (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 11 июня 2007 г. № 0100/5973-07-34).

7. Михайлова Ю.В., Сошников С.С., Шикина И.Б., Бирагова О.К. Анализ влияния мероприятий противотуберкулезной службы на эпидемиологические показатели туберкулеза. *Социальные аспекты здоровья населения* 2014; 6 (40) [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/639/30/>
8. Михайловский А.М., Чепасов В.И. Корреляционный и факторный анализ эпидемической ситуации по туберкулезу в Оренбургской области. *Вестник ОГУ* 2013; 1 (150):126-131.
9. Нечаева О.Б., Сон И.М., Гордина А.В. Индикативное сопровождение организации противотуберкулезной помощи населению Российской Федерации. М.: РИО ЦНИИОИЗ МЗ РФ, 2014. 32 с.
10. Нечаева О.Б. Эпидемиологическая ситуация по туберкулезу в России. *Туберкулез и болезни легких* 2018; 96 (8):15-24.
11. Сметанина Е.А., Лукьяненко Н.В., Лысов А.В., Сметанин А.Г., Леонов С.Л. Возможности статистических методов для прогнозирования показателей смертности от туберкулеза и заболеваемости туберкулезом. *Сибирское медицинское обозрение* 2012; 3: 87-91.
12. Сон И.М., Рыбка Л.Н., Скачкова Е.И., Стерликов С.А., Леонов С.А., Гордина А.В., Сельцовский П.П., Кучерявая Д.А., Е.Н. Пономаренко, Д.Е. Кочкарев, Н.М. Зайченко, И.Г. Сазыкина. Оценка эпидемической ситуации по туберкулезу и анализ деятельности противотуберкулезных учреждений. М.: ЦНИИОИЗ, 2009. 56 с.
13. Халафян А.А. Современные статистические методы медицинских исследований. М.: ЛКИ, 2008. 320 с.
14. Хантаева Н.С., Михалевич И.М., Кулеш Д.В. Анализ и прогнозирование эпидемиологических показателей по туберкулезу на основе использования многомерных методов исследования. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМ* 2011; 2(78): 184-189.

Multiply Regression Analysis as An Integrated Approach in the TB Indicators Assessment in the Republic of Crimea

Golubova T. N.¹

PhD, Assistant Professor, Chair for Public Health, Health Organization and Health Economics

Ovsyannikova N. M.²

PhD, Assistant Professor, Chair for Condensed Matter Physics, Physical Methods and Information Technologies in Medicine

Makhkamova Z. R.¹

PhD, Assistant Professor, Chair for Public Health, Health Organization and Health Economics

Tkachenko I. Yu.³

Director

1 – S.I. Georgievsky Medical Academy of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

2 - Physics and Technology Institute of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

3 - State Budgetary Institution of the Republic of Crimea Crimean Republican Clinical Center of Phthysiology and Pulmonology

Corresponding Author: Golubova Tatiana; **e-mail:** tn.golubova@yandex.ru

Conflict of interest. None declared.

Funding. The study had no sponsorship.

Abstract

The use of multiply regression analysis for the TB indicators assessment and prediction in the Republic of Crimea is discussed. Basic TB indicators in the Republic of Crimea for the period 2014-2018 were studied using Pearson correlation coefficient and step-by-step multiply linear regression analysis. During paired correlation analysis, dependable association with an average and high degree is identified for the most indicators of interest. The multiple correlation coefficients were higher than the paired correlation coefficients, which demonstrated the greater significance of the group conditionality of the indicators. For key epidemiological TB indicators the regression equations are constructed and the most relevant predictors are found using stepwise multiply regression analysis. The regression equations for TB incidence, prevalence and mortality rates are proposed for practical applying to predict epidemiological situation.

Keywords: tuberculosis, indicators, epidemiologic situation, correlation analysis, multiply regression analysis, forecasting, Republic of Crimea

References

1. Ajvazyan S.A., Mhitaryan V.S. *Prikladnaya statistika i osnovy ekonometriki. [Applied Statistics and Fundamentals of Econometrics.]* Moscow: YUNITI, 1998.
2. Golubova T.N., Mahkamova Z.R., Tkachenko I.Ju. Territorial'naja differenciacija dinamiki zabolevaemosti i smertnosti ot tuberkuleza v respublike Krym. [Territorial differentiation of the tuberculosis morbidity and mortality trend in the Republic of Crimea]. *Bjulleten' fiziologii i patologii dyhanija [Bulletin Physiology and Pathology of Respiration]* 2017; 66: 22-28.
3. Golubova T.N., Mahkamova Z.R., Ovsjannikova N.M., Tkachenko I.Ju. Sovremennaja territorial'naja differenciacija epidemiologii tuberkuleza i pokazatelej raboty ftiziatricheskoj sluzhby v respublike Krym. [Current territorial differentiation of the tuberculosis epidemiology and tuberculosis control service indicators in the Republic of Crimea]. *Tavrisheskij Mediko-Biologicheskij Vestnik [Tavrisheskiy Mediko-Biologicheskij Vestnik]* 2017; 20 (4): 44-49.
4. Mahkamova Z.R., Golubova T.N., Sanina G.N., Tkachenko I.Ju. Sovremennye osobennosti epidemiologii tuberkuleza v respublike Krym. [Epidemiology of tuberculosis in the Republic of Crimea: current insights]. *Bjulleten' fiziologii i patologii dyhanija [Bulletin Physiology and Pathology of Respiration]* 2017; 64: 37-42.
5. Mahkamova Z.R., Ovsjannikova N.M., Golubova T.N., Tkachenko I.Ju. Prognoz pervichnoj zabolevaemosti tuberkulezom legkih (chisla sluchaev) v respublike Krym. [Forecast of the pulmonary tuberculosis incidence number in the Republic of Crimea]. *Nauchnye vedomosti belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Medicina. Farmacija [Belgorod State University Scientific Bulletin Medicine Pharmacy]* 2017; 19 (268):127-138.
6. Metodicheskie rekomendacii "Metodika analiza jepidemicheskoy situacii po tuberkulezu" (utv. Federal'noj sluzhboj po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitelej i blagopoluchija cheloveka ot 11 ijunja 2007 g. № 0100/5973-07-34). 7. Mihajlova Ju.V., Soshnikov S.S., Shikina I.B., Biragova O.K. Analiz vlijanija meroprijatij protivotuberkuleznoj sluzhby na jepidemiologicheskie pokazateli tuberkuleza. [Analyzing impact of TB control measures on TB epidemiological indicators]. *Social'nye aspekty zdorov'ja naselenija [Social aspects of population health]* 2014; 6(40) Available at:<http://vestnik.mednet.ru/content/view/639/30/>
8. Mihajlovskij A.M., Chepasov V.I. Korreljacionnyj i faktornyj analiz jepidemicheskoy situacii po tuberkulezu v Orenburgskoj oblasti. [The correlation and factorial analysis of the epidemic situation on the tuberculosis in the Orenburg region]. *Vestnik OGU [Vestnik of the Orenburg State University]* 2013; 1 (150):126-131.
9. Nechaeva O.B., Son I.M., Gordina A.V. Indikativnoe soprovozhdenie organizacii protivotuberkuleznoj pomoshhi naseleniju Rossijskoj Federacii. M.: RIO CNIIOIZ MZ RF, 2014.

10. Nechaeva O.B. Epidemiologicheskaja situacija po tuberkulezu v Rossii. [TB situation in Russia]. *Tuberkulez i bolezni legkih [Tuberculosis and lung diseases]* 2018; 96 (8):15-24.
11. Smetanina E.A., Luk'janenko N.V., Lysov A.V., Smetanin A.G., Leonov S.L. Vozможности statisticheskikh metodov dlja prognozirovaniya pokazatelej smernosti ot tuberkuleza i zaboлеваemosti tuberkulezom. [Capability of statistical methods for prognosing TB mortality rates and morbidity]. *Sibirskoe medicinskoe obozrenie [Siberian medical review]* 2012; 3: 87-91.
12. Son I.M., Rybka L.N., Skachkova E.I., Sterlikov S.A., Leonov S.A., Gordina A.V., Sel'covskij P.P., Kucherjavaja D.A., E.N. Ponomarenko, D.E. Kochkarev, N.M. Zajchenko, I.G. Sazykina. Ocenka epidemicheskoi situacii po tuberkulezu i analiz dejatel'nosti protivotuberkuleznyh uchrezhdenij. [Assessment of the epidemic situation of tuberculosis and analysis of the activities of anti-tuberculosis institutions] Moscow.: CNIIOIZ, 2009.
13. Halafjan A.A. Sovremennye statisticheskie metody medicinskih issledovanij. [Modern statistical methods of medical research]. Moscow: LKI, 2008.
14. Hantaeva N.S., Mihalevich I.M., Kulesh D.V. Analiz i prognozirovanie jepidemiologicheskikh pokazatelej po tuberkulezu na osnove ispol'zovanija mnogomernyh metodov issledovanija. [Analysis and prediction of epidemiological indices of tuberculosis on the basis of multidimensional methods]. *Bjulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo centra SO RAM [Acta biomedica scientifica]* 2011; 2(78): 184-189.