

УДК 610.64:616 006 (470 57)

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ НА СМЕРТНОСТЬ ОТ РАКА ЛЕГКИХ В РАЙОНАХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН НА ОСНОВЕ ПАНЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Р.А. Аскаргов<sup>1</sup>, И.А. Лакман<sup>2</sup>,  
А.В. Шаранова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Российский государственный  
геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе  
г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный технический университет  
Уфа, Россия

**Аннотация.** Для оценки влияния загрязнения атмосферного воздуха на изменение показателей смертности от рака легких для населения Республики Башкортостан (РБ) применен современный инструмент статистического анализа — анализ панельных данных. Материалом при анализе служили данные статистических форм отчетности территориального органа Федеральной службы государственной статистики по РБ (таблица С 51 «Распределение умерших по полу, возрастным группам и причинам смерти» и «ТПП — Воздух») за период 2002—2014 гг. Полученные результаты особенно ценны тем, что позволяют учесть особенности развития территорий республики, объединенные в кластеры, при выявлении влияния химического загрязнения атмосферного воздуха на смертность от рака легких.

**Ключевые слова:** смертность от новообразований; загрязнение атмосферного воздуха; кластерный анализ; панельное регрессионное моделирование.

**Введение.** Необходимым условием для оценки состояния здоровья нации и выявления причин его ухудшения является применение современных методов статистического моделирования. Одним из инструментов статистического анализа, позволяющего получить достоверные оценки, является панельный анализ данных. Панельные данные, представля-

ющие собой однотипные наблюдения прослеженные за определенный период времени, позволяют использовать преимущества как кросс-секционного регрессионного анализа, так и анализа временных рядов. В основном применение анализ панельных данных для оценки состояния здоровья индивидуумов, построено на данных лонгитюдных социоло-

гических опросов населения [1; 2]. Но существуют работы [3], в которых в качестве однотипных объектов рассматриваются целые страны. В настоящей статье сделана попытка оценить влияние выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на изменение показателя смертности от рака легких для населения Республики Башкортостан (РБ) на основе панельного моделирования, где в качестве однотипных объектов исследования выступают муниципальные образования и города республики.

**Описание исходных данных.** В качестве объекта исследования выступал показатель смертности от рака легких на 100 тысяч населения в 74 муниципальных образованиях, городских округах и городах РБ. В качестве предмета исследования использовали химические показатели загрязнения атмосферного воздуха (тонн):  $v_{it}^1$  — общее количество выбросов в атмосферу загрязняющих веществ;  $v_{it}^2$  — общее количество выбросов в атмосферу твердых веществ;  $v_{it}^3$  — общее количество выбросов в атмосферу газообразных и жидких веществ;  $v_{it}^4$  — количество выбросов в атмосферу диоксида серы;  $v_{it}^5$  — количество выбросов в атмосферу оксида углерода;  $v_{it}^6$  — количество выбросов в атмосферу оксида азота;  $v_{it}^7$  — количество выбросов в атмосферу углеводородов без летучих органических соединений (ЛОС);  $v_{it}^8$  — количество выбросов в атмосферу ЛОС;  $v_{it}^9$  — количество выбросов в атмосферу специфических загрязняющих веществ;  $v_{it}^{10}$  — количество выбросов в атмосферу марганца;  $v_{it}^{11}$  — количество выбросов в атмосферу сажи;  $v_{it}^{12}$  — количество выбросов в атмосферу сероводорода;

$v_{it}^{13}$  — количество выбросов в атмосферу фтористых соединений;  $v_{it}^{14}$  — количество выбросов в атмосферу метана;  $v_{it}^{15}$  — количество выбросов в атмосферу бензола;  $v_{it}^{16}$  — количество выбросов в атмосферу ксилола;  $v_{it}^{17}$  — количество выбросов в атмосферу аммиака;  $v_{it}^{18}$  — количество выбросов в атмосферу азотной кислоты;  $v_{it}^{19}$  — количество выбросов в атмосферу хрома;  $v_{it}^{20}$  — количество выбросов в атмосферу серной кислоты;  $v_{it}^{22}$  — количество выбросов в атмосферу соляной кислоты;  $v_{it}^{23}$  — количество выбросов в атмосферу толуола. В работе использовались данные государственной статистической отчетности Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по РБ о числе умерших по таблице С 51 «Распределение умерших по полу, возрастным группам и причинам смерти» (2002—2014 гг.) и о состоянии атмосферного воздуха по форме «2ТП — Воздух» (2000—2013 гг.).

**Методика исследования.** Предварительный визуальный анализ панельных данных показал наличие неких групп районов со схожей динамикой смертности от рака легких, таким образом, было сделано предположение о наличии кластеров с индивидуальными эффектами влияния атмосферных выбросов на смертность от рака легких. Предполагается, что каждый кластер может иметь собственную спецификацию панельной модели. Была проведена кластеризация 74 районов и городов республики, где в качестве показателей кластеризации использовалась смертность от злокачественных новообразований легких. В качестве метода кластеризации была выбрана иерархическая кластеризация, а именно построение дендрограммы (дерева

кластеров) с последующим применением метода К-средних [4].

В качестве панельной модели рассматривалась спецификация в виде:

$$m_{it}^{66} = \beta_0 + \sum_{j=1}^{23} \beta_j v_{it}^j + \alpha_i + \alpha_t + \varepsilon_{it},$$

где  $\beta_0$  — общая константа,  $j = 1, \dots, 23$  — индекс, отвечающий за номер выброса,  $\beta_j$  — коэффициент влияния выброса на показатель смертности от рака легких,  $\alpha_i$  — фиксированный эффект по районам,  $\alpha_t$  — фиксированный эффект по периодам,  $\varepsilon_{it}$  — случайная составляющая.

Следует отметить, что на ряду с предложенной спецификацией рассматривались также модели, позволяющие отследить отсроченный эффект влияния выбросов в атмосферу на изменение показателя смертности от рака легких для тех или иных районов РБ, а именно модели с распределенными лагами. Панельные модели позволяют учесть индивидуальные особенности районов, относящиеся к неподдающейся сбору информации, за счет введения фиксированных/случайных эффектов для каждого объекта исследования или фиксированных/случайных эффектов для каждого периода времени. Спецификацию эффектов моделей проводили, применяя тесты Броша-Погана, тест отношения правдоподобия, тест Хаусмана.

О качестве построенной модели судили на основе выполнения следующих требований: стандартные ошибки коэффициентов модели и соответствующим им t-статистики указывали на статистическую значимость коэффициентов модели, панельный коэффициент детерминации был близок к единице, то есть большая доля дисперсии в смертности объяснялась построенной моделью, критерий Дарбина-Уотсона свидетельствовал об отсутствии автокорреляции в остатках и как следствие эффективности оценок коэффициентов модели, критерий Бера-Жарка свидетельст-

вовал о нормальном распределении остатков, то есть о состоятельности и надежности полученных оценок. Расчеты проводились с использованием пакета прикладных программ EViews 8.0 и R 3.3.2 [5].

**Экспериментальная часть.** В результате проведения процедуры кластеризации было получено 7 кластеров для мужчин и для женщин. В таблице представлены результаты анализа, где в первом столбце указан кластер, во втором — спецификация адекватной модели (в качестве регрессоров выступают только статистически значимые показатели выбросов, в скобках указаны t-статистики коэффициентов модели), в третьем — основные статистики качества модели. Так, в первом кластере средняя смертность равна 47,66 смертям на 100 000 населения (наименьшая среди всех кластеров) и прирост этого числа зависит от количества выбросов в тоннах — средняя смертность увеличивается на 0,002 часть от количества выбросов. Также в этом кластере присутствуют фиксированные эффекты — пространственные, что говорит об индивидуальном влиянии для каждого района.

Во втором кластере средняя смертность составляет 45,00 смертей на 100 000 населения и при увеличении выбросов на тонну эта цифра увеличивается на 0,023 смертей на 100 000 населения. Здесь также присутствует фиксированный пространственный эффект.

В третьем кластере средняя смертность составляет 43,81 смертей на 100 000 населения и при увеличении выбросов на тонну эта цифра увеличивается на 0,02 смертей на 100 000 населения. Здесь также присутствует фиксированный пространственный эффект.

В четвертом кластере средняя смертность — 34,40 и при увеличении выбросов на 1 тонну увеличивается на 0,02, причем эффект достигается через 2 года. Присутствует фиксированный пространственный эффект.