

дітей 6 років. Ступінь 1. *Методичний посібник*. Львів: Оскар; 1996.

14. Білецька Е.М., Антонова О.В., Головкова Т.А., Главатська В.І., Онул Н.М., Стусь В.П. та ін. Біопротілактика розвитку екозалежної патології у критичних верств населення індустриальних міст. Методичні рекомендації (МР 2.2.12-164-2009). *Санітарний лікар України*. 2010; 2: 79-104.
15. *Основные показатели физиологической нормы у человека: Руководство для токсикологов*. Под ред. И.М. Трахтенберга. Киев: ИД «Авиценна»; 2001.

References

1. Revich B.A., Avaliani S.L., Tikhonova G.I. *Environmental Epidemiology: A Textbook for higher education institutions*. Moscow: Akademiya; 2004 (in Russian).
2. Serdyuk A.M., Beletskaya E.N., Paran'ko N.M., Shmatkov G.G. *Heavy metals and their environmental impact on the reproductive function of women*. Dnepropetrovsk: ART-PRESS; 2004 (in Russian).
3. Boev V.M., Bystrykh V.V., Vereshchagin N.N. et al. Bioelements and prenosological diagnostics. *Mikroelementy v meditsine*. 2004; 5 (4): 17–20 (in Russian).
4. Bilets'ka E.M. *Hygienic characteristics of heavy metals in the environment and their impact on the reproductive function of women*. Dr. med. sci. diss. Dnipropetrovs'k; 1999 (in Ukrainian).
5. Golovkova T.A. *Heavy metals as a risk factor for health*. PhD. med. sci. diss. Dnipropetrovs'k; 2004 (in Ukrainian).
6. Glavats'ka V.I. *Complex hygienic assessment of regional characteristics of the environmental pollution with lead and its effects on health indicators of children*. PhD. med. sci. diss. Dnipropetrovs'k; 2006 (in Ukrainian).
7. Onul N.M. *Hygienic characteristic of selenium content in the*

environment and the human body and its impact on health indicators ecologically unfavorable regions. PhD. med. sci. diss. Dnipropetrovs'k; 2008 (in Ukrainian).

8. Skalnyy A.V. *Human microelementoses (diagnosis and treatment)*. 2nd ed. Moscow: Publishing House KMK; 2001 (in Russian).
9. Serdyuk A.M., Gulich M.P. Nutrition Policy in the population – the main priority of the state. *Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e*. 2002; 3: 8–11 (in Russian).
10. Spirichev V.B., Shatnyuk L.N., Poznyakovskiy V.M. *Food fortification with vitamins and minerals*. Novosibirsk: Sib.Univ. Publ.; 2004 (in Russian).
11. Trakhtenberg I.M., Demchenko P.I., Kozlov K.P. *Application of pectin enterosorbents to prevent health problems in combined effects of heavy metals, pesticides and radiation. Information letter from the Ministry of Science and Technology N 4-97*. Kiev; 1997 (in Russian).
12. Degtyareva T.D., Katsnel'son B.A., Privalova L.I. et al. Using the biologically active substances in the prevention of toxic effects of some heavy metals. *Gigiena i sanitariya*. 2001; 6: 71–3 (in Russian).
13. Bartashnykov A.A., Bartashnykova I.A. *Intellectual playground. Training of intellectual and creative abilities of children 6 years old. Stage 1. Methodical manual*. Lviv: Oscar; 1996 (in Ukrainian).
14. Bilets'ka E.M., Antonova O.V., Golovkova T.A., Glavats'ka V.I., Onul N.M., Stus' V.P. et al. Biological Prevention of ecologically dependent pathology in critical populations of industrial cities. Methodical recommendations (MR 2.2.12-164-2009). *Sanitary Doctor of Ukraine*. 2010; 2: 79–104 (in Ukrainian).
15. *The main indicators of physiological norm in humans: a guide for toxicologists* / Edited by I.M. Trakhtenberg. Kiev: ID «Avitsenna»; 2001 (in Russian).

Поступила 15.02.13
Received 15.02.13

© С.А. МУН, А.Н. ГЛУШКОВ, 2014

УДК 614.72:616.24-006.04-055.1]:312.6(571.17)

Мун С.А., Глушков А.Н.

РАСЧЕТ ПРОГНОЗОВ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАКОМ ЛЕГКОГО У МУЖЧИН В СВЯЗИ С ТЕХНОГЕННЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ АТМОСФЕРЫ В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ФГБУН «Институт экологии человека» СО РАН, 650065, Кемерово

В работе описаны варианты моделей корреляционно-регрессионного анализа (линейная, степенная, показательная и гиперболическая) для нахождения взаимосвязи показателей заболеваемости раком легкого мужского населения и техногенных выбросов в атмосферу Кемеровской области. После анализа каждой модели была выбрана наиболее адекватная для описания зависимости онкологической заболеваемости от выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. В дальнейшем эта модель послужила для расчета среднесрочного прогнозирования заболеваемости раком легкого мужчин в зависимости от фактического количества техногенных выбросов в атмосферу в предыдущие годы.

Ключевые слова: рак легкого; выбросы в атмосферу; регрессионный анализ; прогнозирование заболеваемости.

Mun S.A., Glushkov A.N. – CALCULATION OF PROGNOSSES OF LUNG CANCER IN MALES FROM TECHNOGENIC CONTAMINATION OF ATMOSPHERE IN THE KEMEROVO REGION

Institute of Human Ecology of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russia Federation, 650065

In this paper there are described the variants of the models of the regression analysis (linear, exponential, exponential and hyperbolic) for the detection of relationships between the lung cancer rate in the male population and anthropogenic emissions in the Kemerovo region. After analyzing of the each model there was chosen the one seemed to be the most adequate to describe the dependence of cancer incidence from pollutant emissions into the atmosphere. At a later stage this model has served for the calculation of the medium-term forecasting of lung cancer rate in males in the dependence on the actual number of man-made emissions in previous years.

Key words: lung cancer; emissions; regression analysis; forecasting incidence

Для корреспонденции: Мун Стелла Андреевна, stellamun@yandex.ru

Воздействие окружающей среды на человека проявляется в виде различных заболеваний, таких как сердечно-сосудистые, бронхолегочные, онкологические, аллергические др. Исследования в области эпидемиологии рака показали, что до 90% всех случаев рака обусловлено воздействием канцерогенов окружающей среды. Из них 70–80% связаны с воздействием химических факторов, в том числе образующихся при сжигании и переработке угля и других видов органического сырья [1–5]. А в связи с тем, что рак легкого (РЛ) стоит на первом месте в структуре онкологической заболеваемости у мужчин как в мире, России, так и в Кемеровской области, проблема влияния загрязняющих веществ (ЗВ) в окружающей среде на развитие данной патологии у мужского населения угледобывающего региона особенно актуальна [6–8].

Цель настоящего исследования: построить адекватную математическую модель для расчета онкологической заболеваемости в зависимости от фактического количества выбросов ЗВ в атмосферу на примере РЛ у мужчин Кемеровской области.

Материалы и методы

Данные о количестве техногенных выбросов ЗВ в атмосферу Кузбасса с 1990 по 2009 г. взяты из ежегодных материалов к государственным докладам «О состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области» и сборников «Угольная промышленность Российской Федерации» за 2000–2005 гг. [9, 10].

Данные о количестве впервые выявленных случаев заболевания РЛ у мужчин в Кемеровской области выбраны из основных форм медицинской документации ГБУЗ КО «Областной клинический онкологический диспансер» (форма № 7 «Сведения о заболеваемости злокачественными новообразованиями») в промежутке с 1990 по 2010 г. Данные о половозрастной структуре населения Кузбасса представлены Областным управлением статистики.

Информационную базу данных сформировали с помощью компьютерной программы Microsoft® Excel®. Показатели онкологической заболеваемости (на 100 000 человек мужского населения) рассчитывали прямым методом стандартизации по общепринятой методике [11]. За стандарт была принята возрастная структура населения Кемеровской области в 2001 г. Математическую обработку результатов выполняли общепринятыми методами медицинской статистики [11] с помощью компьютерной программы Microsoft® Excel® и пакета прикладных программ Statsoft Statistica 6.0 [12, 13]. Статистическая обработка информации строилась с учетом характера распределения данных (критерий Шапиро–Уилка, *W*).

Для оценки влияния выбросов ЗВ в атмосферу на заболеваемость РЛ мужского населения Кемеровской области использовали математические модели регрессионного анализа (линейную, степенную, показательную и гиперболическую) [12, 14, 15].

После оценки модели на основе полученных уравнений регрессий рассчитали прогноз показателей заболеваемости РЛ у мужчин на 2006–2010 гг. в зависимости от фактического количества техногенных выбросов ЗВ в атмосферу в предыдущие годы. В расчеты принимали 80% ежегодных количеств выбросов в атмосферу. Расчетные показатели заболеваемости сопоставили с фактическими за тот же период.

Результаты и обсуждение

Анализ динамики выбросов ЗВ в атмосферу в Кемеровской области с 1985 по 2005 г. показал, что вплоть до 1997 г. их количество постоянно снижалось (с 2060,30 до 1196,16 тыс. т), затем наметилась тенденция к росту (в 2005 г. 1676,33 тыс. т).

В 90-е годы прошлого столетия показатели заболеваемости РЛ у мужчин в регионе колебались от 94,0 в 1992 г. до 122,0 в 1995 г. на 100 000 мужского населения. С 2000 г. наблюдалась тенденция к снижению заболеваемости, а в промежутке с 2002 по 2010 г. оставалась примерно на одном уровне (87,0–92,0).

Методом корреляционного анализа нами были выявлены положительные корреляционные связи между стандартизованными показателями заболеваемости РЛ у мужчин Кемеровской области (параметр *y*) с 1990 по 2005 г., с одной стороны, и количеством выбросов ЗВ в атмосферу (фактор *x*) с 1985 по 2005 г., с другой. Коэффициент корреляции $r = 0,88$ был статистически значимым ($p = 0,00018$). При этом показатель заболеваемости в текущем году отражал количество ЗВ, поступивших в окружающую среду при РЛ у мужчин 9 лет назад, иными словами был выявлен условный латентный период возникновения онкологической заболеваемости.

Так, существенный спад производства в 90-е годы прошлого столетия в Кемеровской области повлек за собой снижение уровней загрязнения окружающей среды, в том числе атмосферного воздуха, и проявился снижением показателей заболеваемости РЛ через 9 лет. А значительный рост добычи, переработки угля и промышленного производства в 2000–2005 гг., наоборот, привел к увеличению уровней загрязнения окружающей среды, что не может не отразиться на показателях заболеваемости РЛ у мужчин в ближайшие годы.

Выявленные взаимосвязи были использованы в подборе адекватной математической модели для описания влияния промышленных выбросов ЗВ в атмосферу на заболеваемость РЛ у мужчин и прогнозирования данной патологии.

Сначала мы рассмотрели линейную модель $\hat{y} = a + b \cdot x$ и проверили выполнение предпосылок метода наименьших квадратов (МНК) согласно условиям Гаусса–Маркова: 1) случайности остаточной компоненты (критерий поворотных точек); 2) равенства нулю математического ожидания остаточной компоненты $\bar{E} = 0$ и постоянства дисперсии (критерий Голдфелда–Квандта);

Таблица 1

Параметры уравнений нелинейной регрессии между показателями заболеваемости мужского населения РЛ (на 100 тыс. мужчин) и количеством выбросов ЗВ (тыс. тонн) в Кемеровской области

Модель	Уравнение регрессии	<i>a</i>	<i>p</i>	<i>b</i>	<i>p</i>	<i>R</i> ²	Se	$\bar{\Delta}_i$	<i>E</i> _{отн. r} %
Степенная	$\hat{y} = a \cdot x^b$	0,5407	0,0766*	0,4569	0,0003	0,74	0,0445	0,46	4,0
Показательная	$\hat{y} = a \cdot b^x$	1,8012	2,4266E-13	0,0001215	0,0002	0,76	0,0226	0,46	4,0
Гиперболическая	$\hat{y} = a + b/X$	147,356	2,6976E-8	-71999,432	0,0006	0,71	5,8979	0,44	4,3

Примечание. * – $p > 0,05$, статистически не значимо.

Таблица 2

Сопоставление фактических (y) и расчетных (прогнозируемых, \hat{y}) показателей заболеваемости РЛ мужского населения (на 100 тыс. мужчин) Кемеровской области в 2006–2010 гг.

Год	Фактические показатели заболеваемости (y)	Прогнозируемые показатели заболеваемости (\hat{y})		
		линейная модель	показательная модель	гиперболическая модель
2006	88,5	81,8 (7,5%)	83,4 (5,8%)	72,2 (18,5%)
		ДИ 73,80–89,84	ДИ 83,33–83,40	ДИ 63,25–81,07
2007	89,5	82,8(7,5%)	84,2 (6,0%)	74,6(16,6%)
		ДИ 75,10–90,48	ДИ 84,12–84,20	ДИ 66,10–83,18
2008	87,4	85,7 (2,0%)	86,5(1,0%)	81,1 (7,2%)
		ДИ 78,93–92,37	ДИ 86,50–86,56	ДИ 73,65–88,57
2009	99,9	88,5 (11,4%)	89,0 (10,9%)	86,6 (13,3%)
		ДИ 82,76-94,34	ДИ 88,98–89,03	ДИ 80,16–93,01
2010	90,7	91,7 (1,1%)	91,8 (1,2%)	91,6 (1,0%)
		ДИ 86,89–96,58	ДИ 91,78–91,82	ДИ 86,26–97,02

Примечание. В скобках – отклонения прогнозируемых показателей от фактических; ДИ – доверительный интервал, $p = 0,05$.

3) независимости уровней ряда остатков (критерий Дарбина–Уотсона, d); 4) соответствия ряда остатков закону распределения (R/S -критерий).

Рассчитали уравнение линейной регрессии: $\hat{y} = 53,481 + 0,0296 \cdot x$. Коэффициенты регрессии: a и b статистически значимы ($p = 7,9E-5$ и $0,0002$ соответственно).

1) По графику остатков определяли количество поворотных точек. В нашем случае их количество равно 7 ($p = 7$), при $p_{кр} = 4$. Следовательно, свойство случайности для ряда остатков выполняется: $p > p_{кр}$.

2) В данной модели выполняется и второе условие Гаусса–Маркова: равенство нулю математического ожидания: $\bar{E} = 7,11E-15 = 0$.

Проверка постоянства дисперсии на гетероскедастичность (критерий Голдфелда–Квандта) проводилась по формуле: $F = FS_2/FS_1$ (где FS_1 и FS_2 – остаточная сумма квадратов по первым и последним четырем наблюдениям нашей модели).

Для линейной модели $F = 34,04/30,76 = 1,11$ критическое значение составило $F_{кр} = 9,28$. Следовательно, наша линейная модель соответствует неравенству $F_{кр} = 9,28 > F = 1,11$. Это говорит о постоянстве дисперсии остатков, т. е. об их гомоскедастичности.

3) Далее, для проверки независимости уровней ряда остатков использовали критерий d (Дарбина–Уотсона, Statistica 6.0). Критерий $d = 1,82$, и эта величина больше $d_U = 1,33$ и меньше $4-d_U = 2,67$. Следовательно, автокорреляция отсутствует.

Проверка соответствия ряда остатков закону распределения (R/S -критерий) показала, что для построенной модели свойство нормального распределения остаточной компоненты выполняется: $R/S = 3,19$. Критический интервал границ $R/S_{кр}$ [14] составил от 2,80 до 3,91 при $n = 12$. Следовательно, для построенной линейной модели свойство нормального распределения остаточной компоненты выполняется $2,80 < 3,19 < 3,91$.

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,77$, следовательно, влияние выбросов ЗВ в атмосферу на заболеваемость РЛ мужского населения, составляет 77%, остальные 23% следует отнести к неучтенным факторам, таким как

вредные привычки, профессиональные факторы, ионизирующее излучение и др.

По стандартной ошибке модели $S = 5,2619$ можно судить о надежности уравнения. Чем меньше в целом разброс точек наблюдений около прямой линии регрессии, тем надежнее будет уравнение как оценочная функция.

Проверка значимости полученного уравнения регрессии линейной модели с помощью F -критерия Фишера показала, что уравнение статистически значимо ($p = 0,00018$) и его можно использовать для дальнейшего анализа, т. е. зависимая переменная \hat{y} достаточно хорошо описывается включенной в модель факторной переменной x .

Далее мы рассчитали коэффициент эластичности: $\varepsilon_i = 0,47\%$. В линейной модели это значит, что при изменении на 1% средних показателей выбросов ЗВ в атмосферу в интервале изменения их значений заболеваемость у мужчин РЛ изменится на 0,47%. Рассчитали также среднюю относительную ошибку аппроксимации для точности модели: $E_{отн. i} = 4,0\%$. В нашем случае линейная модель регрессионного анализа точная, так как $E_{отн. i} < 10\%$.

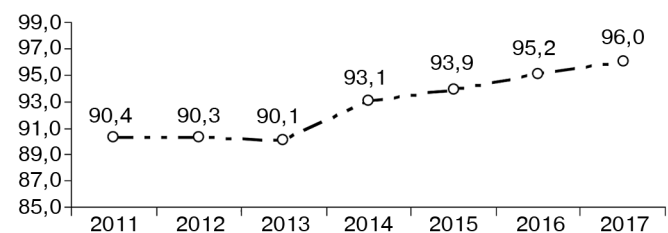
Таким образом, проведенная проверка предположений МНК регрессионного анализа показала, что для линейной модели выполняются все условия Гаусса–Маркова. Коэффициенты регрессии a и b , величина R^2 статистически значимы, и линейную модель можно считать достаточно адекватной для описания взаимодействий между количеством выбросов ЗВ в атмосферу и заболеваемостью РЛ у мужчин Кемеровской области, а также использовать ее для прогнозирования заболеваемости РЛ в реальных условиях.

Далее мы рассмотрели нелинейные модели регрессионного анализа в той же последовательности (табл. 1). В степенной модели коэффициент a оказался статистически не значим ($p > 0,05$) и, следовательно, использование этой модели для прогнозирования заболеваемости нецелесообразно.

В результате анализа описанных моделей для расчета прогнозируемых средних показателей заболеваемости мужского населения РЛ (\hat{y}) на 2006–2017 гг. при 80% от имеющихся фактических данных количества выбросов ЗВ в атмосферу (x^*) за 1988–2010 гг. мы выбрали линейную, показательную и гиперболическую модели, так как они отвечали всем перечисленным выше условиям и критериям.

Расчетные прогнозируемые показатели заболеваемости РЛ у мужчин (\hat{y}) за 2006–2010 гг. по описанным моделям сопоставили с фактическими за тот же период времени (y) (на 100 000 мужчин). Полученные результаты представлены в табл. 2.

В результате выяснилось, что прогнозируемые пока-



Прогноз заболеваемости мужского населения Кемеровской области РЛ с 2011 по 2017 г. на основе фактических данных о количестве выбросов ЗВ в атмосферу за 2002–2010 гг.

затели заболеваемости РЛ отклоняются от фактических меньше всего в показательной модели – на 1,0–10,9%.

Точность и надежность прогнозируемых значений \hat{y} в моделях оценивали 95% ДИ.

На рисунке представлен прогноз заболеваемости мужского населения РЛ с 2011 по 2017 г. на основе фактических данных о количестве выбросов ЗВ в атмосферу за 2002–2010 гг., построенный с помощью показательной модели. Оказалось, что с 2013 по 2017 г. ожидается рост показателей заболеваемости с 90,1 до 96,0 (т.е. на 6,5%) в связи с увеличением техногенного загрязнения атмосферы в предыдущие годы.

Заключение. При анализе взаимосвязи показателей заболеваемости мужского населения РЛ с количеством выбросов ЗВ в атмосферу Кемеровской области показательная модель оказалась наиболее адекватной по всем статистическим условиям и критериям. Рассчитанные с помощью этой модели показатели заболеваемости РЛ у мужчин за 2006–2010 гг. отличались от фактических не более чем на 10,9% с надежностью 95%. Поэтому показательная модель и была использована для дальнейшего прогнозирования заболеваемости РЛ мужского населения Кемеровской области с 2011 по 2017 г. с учетом фактических данных выбросов ЗВ в атмосферу с 2002 по 2010 г.

По нашим расчетам, с 2011 до 2013 г. показатели заболеваемости РЛ у мужчин останутся на одном уровне (90,0 на 100 000 мужчин), а к 2017 г. вероятен их рост до 96,0.

В продолжение работы планируется провести анализ зависимости возникновения заболеваемости РЛ от выбросов канцерогенных веществ в атмосферу в крупных промышленных городах Кемеровской области.

Литература

1. ГН 1.1.725–98. Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России; 1999.
2. Заридзе Д.Г. Канцерогенез. М.: Медицина; 2004.
3. Ильницкий А.П. Канцерогенные факторы и профессиональный рак. Первичная профилактика рака. 2005; 2: 4–11.
4. Турусов В.С., ред. Канцерогенные вещества: Справочник МАИР. М.: Медицина; 1987.
5. Худoley В.В. Канцерогены: характеристики, закономерности, механизмы действия. СПб.: НИИ химии СПбГУ; 1999. 419 с.
6. Ferlay J., Shin H.-R., Bray F., Forman D., Mathers C., Parkin D.M. Estimates of worldwide burden of cancer in 2008: GLOBOCAN 2008. *Int. J. Cancer*. 2010; 127(12): 2893–917.
7. Чиссов В.И., Старинский В.В., Петрова Г.В., ред. Злокачественные новообразования в России 2007–2010 гг. (заболеваемость и смертность). М.: ФГУ «МНИОИ им. П.А. Герцена Минздравсоцразвития России»; 2008–2011.
8. Мун С.А., Ларин С.А., Глушков А.Н., Счастливцев Е.Л., Браиловский В.В., Чухров Ю.С., Магарилл Ю.А. Ретроспективный анализ и прогноз заболеваемости раком легкого в Кузбассе. *Медицина труда и промышленная экология*. 2007; 12: 22–6.
9. Материалы к государственному докладу «О состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области». Available at: <http://gosedoklad.kuzbasseco.ru>
10. Угольная промышленность Российской Федерации. Сборники в 3-х т. за 2000–2005 гг. М.: Росинформуголь; 2001–2006.
11. Мерков А.М., Поляков Л.Е. Санитарная статистика. Л.: Медицина; 1974.
12. Степанов В.Г. Эконометрика. Available at: http://www.e-college.ru/xbooks/xbook019/book/index/index.html?go=part-011*page.htm
13. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ дан-

ных. М.: БИНОМ-Пресс; 2008.

14. Мамаева З.М. Математические методы и модели в экономике. ч.2. Эконометрика: Учебное пособие. Н. Новгород: ННГУ; 2010.
15. Елисеева И.И., ред. Эконометрика: Учебник. М.: Финансы и статистика; 2002.

References

1. State Standard 1.1.725–98. The list of substances, products, productions, household and natural factors, cancerogenic for the person [GN 1.1.725-98. *Perachen' veshchestv, produktov, proizvodstvennykh protsessov, bytovykh i prirodnykh faktorov, kantserogennykh dlya cheloveka*]. Moscow: Federal center of State sanitary epidemiological surveillance of Ministry of Health of Russia; 1999. (in Russian)
2. Zaridze D.G. *Carcinogenesis* [Kantserogenez]. Moscow: Meditsina; 2004. (in Russian)
3. Ilitskiy A.P. Cancerogenic factors and professional cancer. Primary prevention of a cancer. *Pervichnaya profilaktika raka*. 2005; 2: 4-11. (in Russian)
4. Turusov V.S., ed. Cancerogenic substances: MAIR directory [Kantserogennyye veshchestva: Spravochnik MAIR]. Moscow: Meditsina; 1987. (in Russian)
5. Khudoley V.V. Carcinogens: characteristics, regularities, action mechanisms [Kantserogeny: kharakteristiki, zakonomernosti, mekhanizmy deystviya]. Sankt-Petersburg: Scientific research institute of chemistry of Sankt-Petersburg State University; 1999. (in Russian)
6. Ferlay J., Shin H.-R., Bray F., Forman D., Mathers C., Parkin D.M. Estimates of worldwide burden of cancer in 2008: GLOBOCAN 2008. *Int. J. Cancer*. 2010; 127(12): 2893–917.
7. Chissov V.I., Starinskiy V.V., Petrova G.V., eds. Malignant new growths in Russia 2007–2010 (incidence and mortality) [Zlokachestvennyye novoobrazovaniya v Rossii 2007–2010. (zabolevaemost' i smernost')]. Moscow: Federal state institution "MNIIOI of P.A. Herzen of the Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation"; 2008–2011. (in Russian)
8. Mun S.A., Larin S.A., Glushkov A.N., Schastlvtsev E.L., Brailovskiy V.V., Chukhrov Yu.S., Magarill Yu.A. The retrospective analysis and the forecast of cancer cases of a lung in Kuzbass. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2007; 12: 22–6. (in Russian)
9. Materials for the State Report "About a condition and environmental protection of the Kemerovo region" [Materialy k gosudarstvennomu dokladu «O sostoyanii i okhrane okruzhayushchey sredy Kemerovskoy oblasti»]. Available at: <http://gosedoklad.kuzbasseco.ru> (in Russian)
10. Coal industry of the Russian Federation. Collections in 3 vol. for 2000–2005 [Ugol'naya promyshlennost' Rossiyskoy Federatsii. Sborniki v 3-kh t. za 2000–2005]. Moscow: Rosinformugol; 2001–2006. (in Russian)
11. Merkov A.M., Polyakov L.E. Sanitary statistics [Sanitarnaya statistika]. Leningrad: Meditsina; 1974. (in Russian)
12. Stepanov V.G. Econometrics [Ekonometrika]. Available at: http://www.e-college.ru/xbooks/xbook019/book/index/index.html?go=part-011*page.htm (in Russian)
13. Khalafyan A.A. STATISTICA 6. Statistical analysis of data [STATISTICA 6. Statisticheskiy analiz dannykh]. Moscow: BINOM-Press; 2008. (in Russian)
14. Mamaeva Z.M. Mathematical methods and models in economy. Pt 2. Econometrics. Manual [Matematicheskie metody i modeli v ekonomike. Pt 2. Ekonometrika. Uchebnoe posobie]. Nizhny Novgorod: NNSU; 2010. 70 p. (in Russian)
15. Eliseeva I.I., ed. Econometrics: Textbook [Ekonometrika: Uchebnik]. Moscow: Finance and statistics; 2002. (in Russian)

Поступила 13.03.13
Received 13.03.13