

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЩЕРБА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА<sup>1</sup>

© 2006 В.Н. Сидоренко<sup>2</sup>

В данной работе моделируется динамика загрязнения атмосферного воздуха и дается денежная оценка загрязнению атмосферного воздуха с позиции ущерба для здоровья населения регионов России.

Для проведения исследования автором была собрана и обработана первичная информация из официальных и иных источников (статистические данные, данные дистанционного зондирования Земли и др.), осуществлено приведение первичных данных к одному масштабу и системе координат при помощи геоинформационных технологий, проведено компьютерное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде с использованием дисперсионных моделей, включенных в состав программного пакета EcoSense, разработанного специалистами из 30 исследовательских групп 9 стран Европейского Союза под руководством коллектива ученых из Института экономики энергетики и рационального использования энергии при Штутгартском университете в Германии, и даны экономические оценки влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения регионов России через оценку дополнительной заболеваемости и смертности, обусловленных указанным загрязнением.

Первичной информацией в данном случае являлись: 1) метеоданные: данные о силе и направлении ветра (US NCAR и др.); осадкам (GPCC и др.); 2) данные по выбросам: PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> (EDGAR, НИИ атмосферы, Госкомстат РФ); 3) демографические данные и данные по здоровью: численность населения, половозрастная структура населения, количество астматиков и др. (Госкомстат РФ, Минздрав РФ); 4) стоимостные данные по здоровью: стоимость заболевания, ценность среднестатистической жизни (World Bank, ЕС, результаты российских пилотных проектов). Указанная первичная информация собиралась в масштабе субъектов Российской Федерации (по отдельным показателям в масштабе городов и районов субъектов Российской Федерации) в ежегодном разрезе за период с 1994 по 2002 гг.

<sup>1</sup>Работа выполнена при поддержке Центра подготовки и реализации международных проектов технического содействия в 2002 г. в рамках проекта Мирового Банка под руководством профессоров А.Маркандиа (Мировой Банк, г.Вашингтон, США), С.Н.Бобылева (МГУ им. М.В.Ломоносова, г.Москва, Россия), Ф.Райнера (IER/TTI, г.Штутгарт, Германия).

<sup>2</sup>Сидоренко Владимир Николаевич (vladimir@econ.msu.ru), кафедра математических и информационных основ управления Московского городского университета управления Правительства Москвы, 107045, Россия, г.Москва, ул. Сретенка, 28.

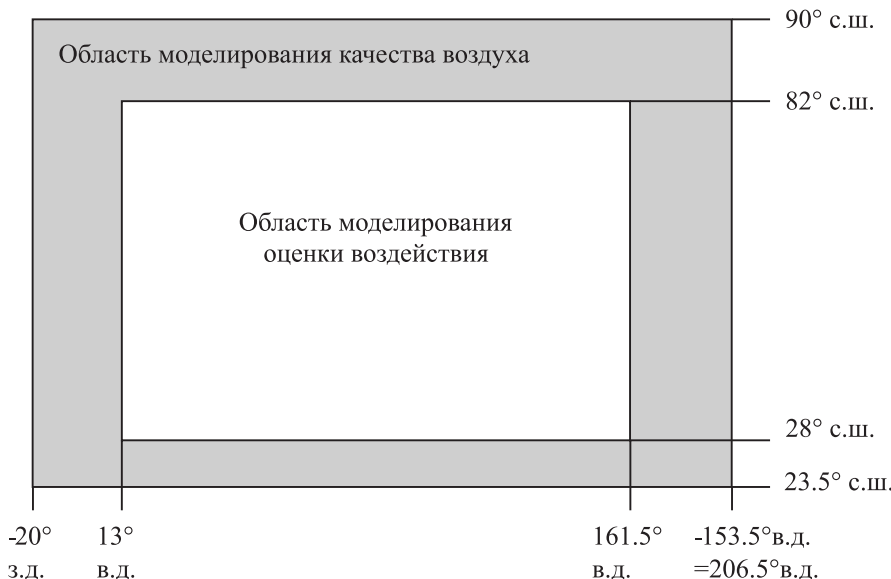


Рис. 1. Области сетки моделирования для EcoSense

Собранная первичная информация трансформировалась на сетку (грид) при помощи геоинформационной системы (ГИС). При этом для моделирования качества воздуха выбиралась область с 23,5 до 90° с.ш.; с -20 з.д. до 206,5° в.д., а для моделирования оценки воздействия загрязнения атмосферного воздуха — область с 28 до 82° с.ш.; с 13 до 161,5° в.д. (рис. 1.) Размер ячеек сетки составлял 1,5 × 0,5.

Для расчета полей среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе из существующих в мире моделей (EcoSense, EXMOD, FERET, TAF, CAPMS и др.), краткая характеристика которых представлена в таблице, была выбрана модель EcoSense (рис. 2). Данная модель помимо стран Европейского Союза успешно была апробирована в Китае, Индии, Бразилии, Мексике.

Методология, лежащая в основе данной модели была разработана и рассмотрена экспертами в рамках таких проектов ЕЭС, как ExternE и GARP [1–4].

В основе данной модели лежит физико-химическая модель атмосферного рассеивания загрязняющих веществ (PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>) по 24 направлениям с учетом трансграничных эффектов (модификация — модель WTM, разработанная в Harwell Laboratory, Англия), представленная на рис. 3.

Данная модель уже использовалась для аналогичных расчетов в Западной Европе, Бразилии, Китае, Индии. При этом выбросы загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников, являющиеся входными параметрами модели EcoSense, разделялись на выбросы в приземном слое (ниже 100 м) и выбросы на уровне выше 100 м, а также предполагалось, что доля выбросов на уровне выше 100 м в среднем по России составляла на протяжении рассматриваемого периода 35% для PM<sub>10</sub> (доля которого, в свою очередь, выбиралась равной 64% от выбросов твердых взвешенных частиц, согласно рекомендациям проекта ExternE), 30% для SO<sub>2</sub>, 55% для NO<sub>x</sub>. Выбросы NH<sub>3</sub> от несельскохозяйственных источников брались без деления по высоте источников выбросов, в то время как выбросы от сельского хозяйства были оценены автором по методике CORINAR [8]. Все вы-

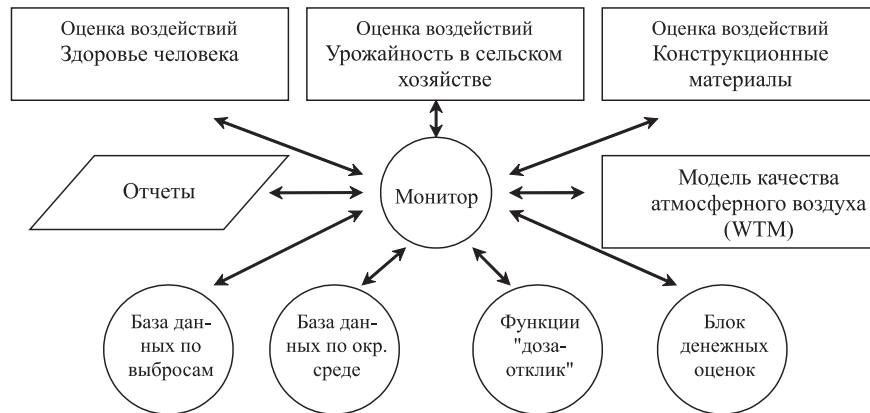


Рис. 2. Общая структура модели EcoSense

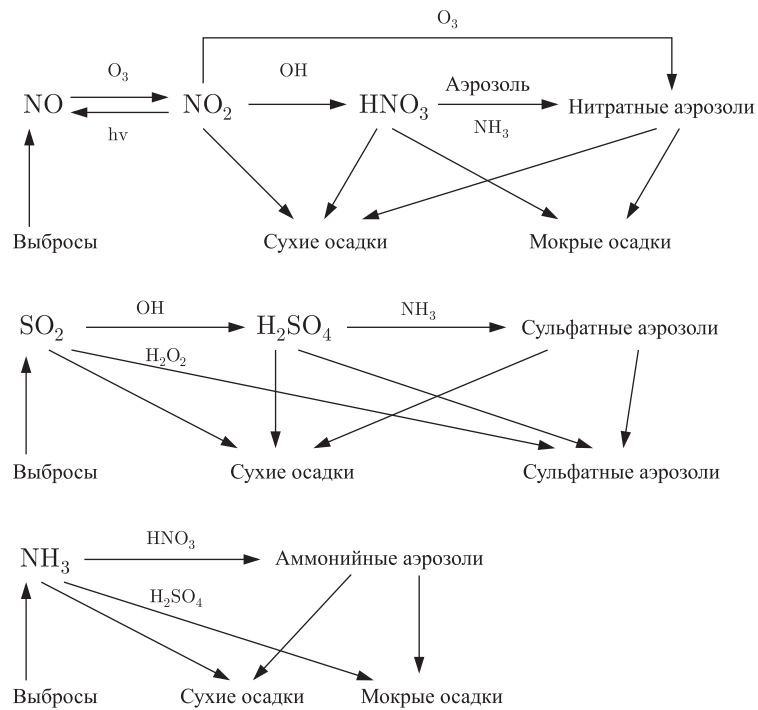


Рис. 3. Физико-химическая структура модели EcoSense

Таблица

Сравнительные характеристики моделей EcoSense, EXMOD, FERET, TAF, CAPMS

Название моделей	CAMPS	EcoSense	EXMOD	FERET	TAF
Входные параметры					
Характеристики полезности	+	+	+	+	+
Характеристики населения	+			+	+
Информация о качестве воздуха	+			+	
Географическая информация	+			нет данных	+
S-R функция					
Средства оценивания	+				
Входные параметры					
Оценки выбросов с использованием моделей атмосферного рассеивания загрязняющих веществ)		+	+		+
Концентрации загрязняющих веществ		+	+		
Внешние эффекты, связанные с изменением здоровья населения	+	+	+	+	+
Другие внешние эффекты	+	+	+	+	+
Денежная оценка внешних эффектов, связанные с изменением здоровья населения	+	+	+	+	+
Рассматриваемые загрязняющие вещества	Озон, твердые взвешенные частицы (PM10, PM2.5), CO, NOx, SO2, NH3	Озон, твердые взвешенные частицы (PM10, PM2.5), CO, NOx, SO2, NH3, Hg	Озон, твердые взвешенные частицы (PM10, PM2.5), CO, NOx, SO2, NH3, Hg	Озон, твердые взвешенные частицы (PM10, PM2.5), CO, NOx, SO2, NH3, Hg	Озон, твердые взвешенные частицы (PM10, PM2.5), CO, NOx, SO2, NH3, Hg
Заказчик разработки модели	Агентство по охране окружающей среды США, США	Комиссия Европейского Союза, Евросоюз	Многочисленные государственные и неправительственные организации, США, Канада	Центр изучения и улучшения управления, США	Национальная программа по оценке кислотных осадков, США
Охватываемая территория	Нью-Йорк и соседние штаты	Европа, Россия, Китай, Индия, Бразилия, Мексика	США и Канада	США	США

Источник: Skone, T.J. Analysis of human health valuation models for NETL technology evaluation / T.J.Skone // Materials of Valuing Externalities Workshop. National Energy Technology Laboratory, US Department of Energy, 2001.

бросы от стационарных и передвижных источников вместе с метеорологической информацией вводились по регионам России (субъектам РФ), после чего проводилось моделирование рассеяния загрязнений в атмосферном воздухе и находились поля среднегодовых концентраций выбросов тех или иных загрязнителей.

Затем рассматривались пути и последствия воздействия (в виде случаев заболеваний и смертей, получаемых с использованием функций "доза-отклик") среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на здоровье населения регионов России. При этом рассматривались следующие последствия: смертность (VSL); потеря лет жизни (YLL); хронический бронхит (chronic bronchitis); госпитализация с сосудисто-мозговым приступом (cerebrovascular hospital admission); госпитализация с респираторным заболеванием (respiratory hospital admission); застойная сердечная недостаточность (congestive heart failure); хронический кашель у детей и подростков (chronic cough in children); дни ограниченной дееспособности (RAD); приступ астмы (asthma attack); кашель (cough); МДОД (MRAD); острые симптомы (symptom day); использование бронходилататоров (bronchodilator usage); заболевание нижних дыхательных путей (lower respiratory symptom).

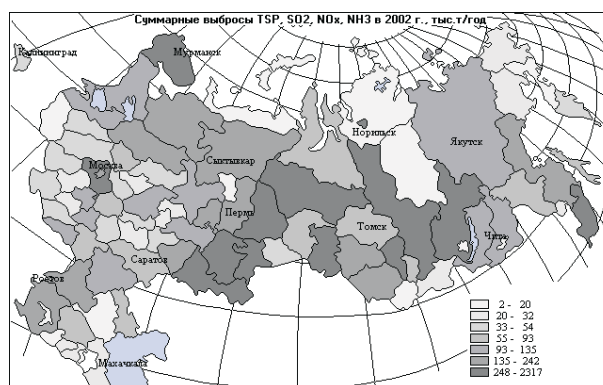


Рис. 4. Суммарные выбросы TSP, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> и NH<sub>3</sub> в 2002 г.

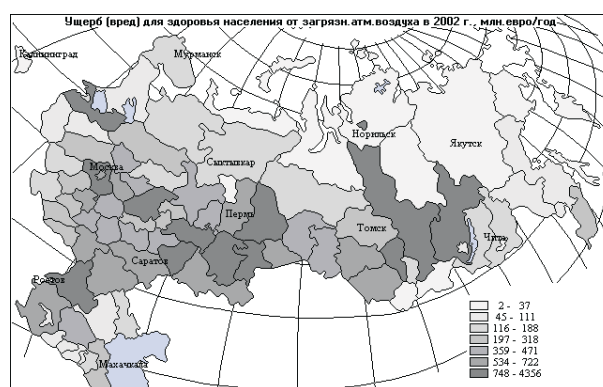


Рис. 5. Ущерб для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха в 2002 г.

Полученные оценки заболеваемости и смертности от загрязнения атмосферного воздуха при помощи стоимостных показателей (стоимости отдельных заболеваний, ценности среднестатистической жизни и т.д.), рассчитанных в рамках рос-

сийских [7] и международных проектов [1–4], переводились в денежные оценки ущерба для здоровья населения регионов России, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха. Кроме того, была оценена доля указанного ущерба в процентах от валового внутреннего продукта (ВВП).

В ходе проведенного исследования были получены следующие результаты. Так, в период с 1994 по 2002 гг. влияние загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения России снижалось вплоть до 1998 г., после чего оно стало возрастать, что, в свою очередь, обусловлено влиянием экономического спада с последующим "грязным" подъемом за счет развития сырьевых отраслей.

Суммарная по России денежная оценка смертности и заболеваемости, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха, изменилась с 37 до 36 млрд. евро/год (в постоянных ценах), что составило 5,3–5,8% от ВВП. При этом доля заболеваемости в этой сумме составила 15–20%. Региональные особенности представлены на нижеприведенных рисунках 4–5<sup>3</sup>.

Как видно из вышеприведенных рисунков 4–5, наибольший ущерб от загрязнения атмосферного воздуха для здоровья населения регионов России приходится на Урал, Западную Сибирь, а также на столичные мегаполисы.

Полученные в ходе проведенного исследования результаты были использованы автором при разработке методики оценки экономического ущерба здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха [10].

## Литература

- [1] European Commission. Green Accounting Research Project (GARPI), Green Accounting in Europe, The role of Damage Estimation, Four Case Studies. European Commission, DGXII, Science, Research, and Development, Brussels, 1996.
- [2] European Commission. Externalities of Energy., Vol. 7 Methodology 1998 update. European Commission, DG XII, Brussels, 1999.
- [3] European Commission. Green Accounting Research Project II (GARP II). European Commission, DGXII, Science, Research, and Development, Final Report, Contract ENV4-CT96-0285, Brussels, 1999.
- [4] European Commission. ExternE Core/Transport, final report, No. JOS3CT-97-0015, Brussels, 2000.
- [5] Derwent, R.G. Long-range transport and deposition of acidic nitrogen species in north-west Europe / R.G. Derwent, K. Nodop // Nature. – 1986. – No. 324. – P. 356–358.
- [6] Derwent, R.G. On the nitrogen budget for the United Kingdom and north-west Europe / R.G. Derwent, G.J. Dollard, S.E. Metcalfe // Q. J. R. Meteorol. Soc. – 1988. – No. 114. – P. 1127–1152.
- [7] (2000) Macroeconomic Assessment of Human Health Costs from Environmental Pollution for Russia / S. Bobylev [et al.]. – Moscow: Environmental Defense Fund, 2000.
- [8] EMEP/CORINAR. The atmospheric emission inventory guidebook. 3rd ed. European Environmental Agency (EEA), 2002.

---

<sup>3</sup>Рисунки построены при помощи программы FastMap.

- [9] Skone, T.J. Analysis of human health valuation models for NETL technology evaluation / T.J.Skone // Materials of Valuing Externalities Workshop. National Energy Technology Laboratory, US Department of Energy, 2001.
- [10] Ревич, Б.А. Методика оценки экономического ущерба здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха / Б.А. Ревич, В.Н. Сидоренко; под ред. В.М. Захарова, С.Н. Бобылева. – М.: Центр экологической политики России, 2006.

Поступила в редакцию 11/*XI*/2006;  
в окончательном варианте — 11/*XI*/2006.

**MODELLING AND ECONOMIC ESTIMATING  
THE HUMAN HEALTH DAMAGE  
BY ATMOSPHERIC AIR POLLUTION  
FOR RUSSIA REGIONAL POPULATION**

© 2006 V.N.Sidorenko<sup>4</sup>

In the paper the dynamics of atmospheric air pollution is modelled and the monetary estimation of the atmospheric air pollution from viewpoint of the human health damage for the population of the Russia regions is given.

Paper received 11/*XI*/2006.  
Paper accepted 11/*XI*/2006.

---

<sup>4</sup>Sidorenko Vladimir Nickolaevich ([vladimir@econ.msu.ru](mailto:vladimir@econ.msu.ru)), Dept. of Mathematical and Informational Bases of Management, Moscow University of Government of Moscow, 107045, Russia.