

УДК 338.9  
ББК 65.9(2Р)28  
Г 474

Г 474 **Гильмундинов В.М., Казанцева Л.К., Тагаева Т.О.** Проблемы охраны водных и атмосферных ресурсов России / отв. ред. А.Г. Коржубаев. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2011. – 168 с.

ISBN 978-5-89665-233-5

Рецензенты:

д-р экон. наук, профессор И.П. Глазырина  
д-р экон. наук, профессор Г.М. Мкртчян  
канд. экон. наук В.А. Василенко

В монографии представлены результаты исследований, выполненные при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проекты № 05-02-02220а, № 08-02-00371а).

В монографии на фоне мировых экологических проблем представлена ситуация с загрязнением водных и атмосферных ресурсов в России. Даны характеристики наиболее загрязняющих отраслей народного хозяйства, сделан сравнительный анализ уровней загрязнения в регионах России, рассмотрены последствия влияния экологического фактора на здоровье населения.

С использованием результатов прогнозных расчетов по динамической межотраслевой модели предложены некоторые направления совершенствования инструментов экономического природоохранного механизма.

Монография предназначена для студентов, аспирантов и преподавателей экологических дисциплин, а также специалистов, занимающихся вопросами экологии.

УДК 338.9  
ББК 65.9(2Р)28  
Г 474

ISBN 978-5-89665-233-5

© ИЭОПП СО РАН, 2011 г.  
© Гильмундинов В.М., 2011 г.  
© Казанцева Л.К., 2011 г.  
© Тагаева Т.О., 2011 г.

Полная электронная копия издания расположена по адресу:

[http://lib.ieie.su/docs/2011/GilmundinovKazancevaTagaeva\\_2011\\_Problemy\\_Ohrany\\_Vodnyh\\_I\\_Atmosfernykh\\_Resursov\\_Rossii.pdf](http://lib.ieie.su/docs/2011/GilmundinovKazancevaTagaeva_2011_Problemy_Ohrany_Vodnyh_I_Atmosfernykh_Resursov_Rossii.pdf)

### Глава 3

## ДИНАМИЧЕСКАЯ МЕЖОТРАСЛЕВАЯ МОДЕЛЬ ЭКОНОМИКИ РОССИИ С ЭКОЛОГИЧЕСКИМ БЛОКОМ

### 3.1. Опыт построения межотраслевых моделей с учетом природоохранной деятельности

В настоящее время накоплен определенный опыт применения аппарата моделирования в области разработки прогнозов природоохранной деятельности. Используемые в указанных целях модели можно классифицировать по следующим признакам:

- ◆ по методам математического описания моделируемых процессов (балансовые, имитационные, оптимизационные модели);

- ◆ по уровню прогнозирования моделируемых процессов (модели отдельных хозяйственных и природоохранных участков, региональные, отраслевые народно-хозяйственные модели);

- ◆ по способам представления природоохранной деятельности (в качестве отдельной отрасли или в составе отраслей материального производства);

- ◆ по видам моделируемых объектов (модели прогноза атмосфероохранных мероприятий, охраны и воспроизводства водных ресурсов, использования земельных и лесных ресурсов и др.).

Мы рассмотрим класс балансовых или оптимизационных моделей, отражающих воспроизводство природных ресурсов, в основе структуры которых используется схема межотраслевого баланса. Этот класс моделей по уровню агрегирования информации относится к моделям макроуровня, так как производственная деятельность в них рассматривается в отраслевом разрезе, а в отношении расположения объектов в пространстве модель является «точечной». Такого типа модели могут быть использованы для прогноза как на уровне народного хозяйства, так и для прогноза на региональном уровне (для регионов, в которых регулярно разрабатываются межотраслевые балансы общественного продукта).

Попытаемся обобщить мировой и отечественный опыт учета природоохранного сектора экономики в моделях межотраслевого баланса.

В ответ на ряд публикаций 60-х годов прошлого века, описывающих мрачное будущее человечества в условиях возрастающей нагрузки на окружающую природную среду, несколько американских экономистов предложили подходы к использованию межотраслевых моделей в более широких, чем традиционные, направлениях – для моделирования взаимосвязей между экономическим и физическим (природным) мирами.

В 1969 г. У. Айрес и А. Нис описали математическую модель, объединяющую некоторые новые, но еще очень обобщенные натурально-вещественные и стоимостные уравнения взаимосвязи природных и производственных процессов с целью проследить движение природных масс, поступающих в экономику, которая характеризовалась как замкнутая система [Ayres, Kneese, 1969].

Аналогичная модель была предложена Х. Дейли [Daly, 1968], в основе которой – таблица межотраслевого баланса, дополненная экологическим и экономико-экологическими квадрантами (табл. 3.1). Третий квадрант баланса представляет собой традиционную межотраслевую таблицу. В первом квадранте отражены материальные потоки из производственной сферы во внешнюю среду. Второй квадрант содержит показатели использования природных ресурсов в экономике, а четвертый характеризует взаимосвязи биологических процессов. Однако теоретическая стройность и строгость модели, соответствие основным принципам моделирования межотраслевых связей наталкивается на невозможность ее практической реализации в связи с отсутствием необходимой информации для блоков I, II, IV модели.

Таблица 3.1

Математическая модель Х. Дейли

	1 2 3	4 5 6 7 8 9 10
1. Сельское хозяйство 2. Промышленность 3. Услуги	III	I
4. Животный мир 5. Растительный мир 6. Бактерии 7. Атмосфера 8. Гидросфера 9. Литосфера 10. Солнечная энергия	II	IV

Частично эта проблема была решена У. Айзардом, который в 1972 г. осуществил попытку найти решение подобной модели и внес существенный вклад в построение ее базы данных [Isard, 1972]. У. Айзард рассматривает проблему загрязнения природной среды на примере отходов промышленного производства, выпускаемых в водоемы предприятиями шерстяной промышленности. Обобщающим показателем загрязняющей деятельности взят показатель БПК (биологическая потребность в кислороде), указывающий то количество кислорода, которое необходимо для окисления органических веществ, содержащихся в воде. Однако для практического построения всей межотраслевой таблицы У. Айзарда в настоящее время также нет достаточной информационной базы.

Более приспособленной для практических исследований оказалась модель межотраслевого баланса с учетом природоохранного сектора, созданная известным американским экономистом русского происхождения В. Леонтьевым в 1970–1973 гг. [Леонтьев, Форд, 1972]. В основе этой модели лежит признание необходимости и возможности включения очистных мероприятий (отраслей по борьбе с загрязнениями) в структуру межотраслевого баланса, схема которого представлена на рис. 3.1.

Показатель	Потребляющие отрасли: 1, 2, ... j ...	Отрасли по борьбе с загрязнениями: отрасль k...	Вектор конечных поставок продукции и отходов	Вектор результатов работы производящих отраслей и отраслей по борьбе с загрязнениями
Производящие отрасли				
Отрасль 1	$A_{11}$ $(a_{ij})$	$A_{12}$ $(a_{ik})$	$Y_1$ $(y_i)$	$X_1$ $(x_i)$
Отрасль 2				
·				
·				
Отрасль i				
·				
Виды загрязнений (отходов)				
·	$A_{21}$ $(a_{gj})$	$A_{22}$ $(a_{gk})$	$Y_2$ $(y_g)$	$X_2$ $(x_g)$
Загрязнитель вида g				
·				
·				

Рис. 3.1. Схема экономико-экологического межотраслевого баланса В. Леонтьева

Модель В. Леонтьева формулируется следующим образом:

$$\begin{bmatrix} E - A_{11} & - A_{12} \\ - A_{21} & E - A_{22} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ - Y_2 \end{bmatrix},$$

где  $A_{11}$  – матрица коэффициентов  $a_{ij}$ , характеризующих величину поставок  $i$ -го продукта для производства единицы  $j$ -го продукта без учета затрат на ликвидацию загрязнителей;

$A_{21}$  – матрица коэффициентов  $a_{gi}$ , характеризующих количество  $g$ -го вредного вещества, сопутствующее выпуску единицы продукции  $j$ -й отрасли;

$A_{12}$  – матрица коэффициентов  $a_{ik}$ , характеризующих затраты продукта  $i$ -й отрасли, необходимые для обезвреживания единицы загрязнителя в  $k$ -й природоохранной отрасли;

$A_{22}$  – матрица коэффициентов  $a_{gk}$ , характеризующих количество загрязнителя  $g$ -го вида, сопутствующее ликвидации единицы загрязнителя в  $k$ -й природоохранной отрасли;

$X_1$  – вектор валовых выпусков производящих отраслей;

$X_2$  – вектор ликвидированных масс различных вредных веществ;

$Y_1$  – вектор конечного продукта;

$Y_2$  – вектор выпуска загрязнителей в атмосферу.

В работах В. Леонтьева представлена также и более общая таблица межотраслевого баланса (таблица «затрат – выпуска»), включающая процессы переработки загрязняющих природу веществ, а также процессы использования первичных природных факторов и утилизированных загрязнителей в сфере конечного потребления. Модельные построения В. Леонтьева активно используются в прогнозировании экономического развития с учетом факторов загрязнения окружающей среды. По усложненной модели «леонтьевского» типа американской корпорацией «Ресурсы для будущего» проведено исследование экономики США. Его результаты показали, что если природоохранная деятельность будет осуществляться своевременно, то вполне реально значительное снижение уровня загрязнения природной среды при сравнительно небольшом сокращении темпов роста производства.

Уравнения, описывающие процесс образования и уничтожения атмосферных загрязнений, были встроены в ранее созданную

межрегиональную модель межотраслевого баланса мировой экономики (United Nations Global Input-Output Model – UNGIOM). С помощью этой модели в 70-х годах прошлого века Организацией Объединенных Наций осуществлено исследование влияния загрязнения окружающей среды и соответствующей природоохранной деятельности на перспективы международного развития.

В конце 90-х годов XX века в Институте экономического анализа США под руководством В. Леонтьева и Ф. Дучин с помощью модифицированной и расширенной UNGIOM было проведено исследование по прогнозированию роста национального и мирового хозяйства до 2030 г. с учетом загрязнения атмосферных природных ресурсов, результаты которого представлены в работе [Duchin, Lange, 1989]. При этом прорабатывались сценарии развития отраслей народного хозяйства, роста численности населения, внедрения новых технологий по очистке загрязненных природных ресурсов на несколько последующих десятилетий. Для каждого сценария производился расчет выбросов различных загрязняющих веществ в окружающую среду, анализировалось их влияние на экономическую деятельность, моделировались другие показатели развития национального и мирового хозяйства. В Институте экономического анализа США также разработана модель с утилизацией отходов биологического происхождения [Там же].

В аналогичном направлении ведутся исследования норвежским экономистом Т. Енсенем. Цель его разработок – расчет загрязнений воздуха на основе прогноза спроса на нефть и другое энергетическое сырье. Исследователь описывает действие межотраслевой балансовой модели MODAG, используемой Министерством финансов Норвегии в целях макроэкономического регулирования [Johnsen, 1989]. Модель позволяет делать прогнозы развития отраслей, определять размеры спроса на топливную нефть, бензин и другие продукты и материалы. Один из блоков модели использует эти данные для оценки выбросов загрязняющих атмосферу веществ. Влияние регулирующих мер, принимаемых в целях охраны воздушного бассейна (рекомендации фирмам в проведении мероприятий по охране окружающей среды, ужесточение налоговой политики в области использования топлива, рост цен на нефть и др.), учитывается через изменение коэффициентов выбросов.

В Японии разработана межотраслевая динамическая модель, которая имитирует альтернативные сценарии эколого-экономического развития в зависимости от доли затрат, используемых в целях защиты окружающей среды [Tsukui, Murakany, 1977].

Совместными усилиями исследователей Стэнфордского университета США и Токийского университета разработана экологическая модель, которая является более усовершенствованным вариантом моделей леонтьевского типа [Pan, Kraines, 2000]. В номенклатуру отраслей данной модели включены отрасли, осуществляющие природоохранную деятельность. Также в модели учтена деятельность по переработке отходов.

В Мэрилендском университете США научно-исследовательской группой Инфорум (Inforum) создана по принципу «затраты – выпуск» 97-отраслевая балансовая модель LIFT, с помощью которой выполнен долгосрочный прогноз развития американской экономики до 2020 г. [Hoerner и др., 2002]. Данную модель отличает сочетание балансовых и эконометрических уравнений. С помощью последних моделируются процессы ценообразования, инвестирования, создания добавленной стоимости. В модели принимается гипотеза о пропорциональности выбросов парниковых газов потреблению ископаемого топлива. На основе результатов прогноза обосновывается необходимость использования налога на углерод в целях снижения нагрузки на окружающую природную среду. Модельные расчеты показывают возможность одновременного снижения эмиссии углерода и роста ВВП за счет повышения эффективности использования энергии.

Описанный выше подход группы Инфорум применен в университете г. Лодзь для построения IMPES модели польской экономики [Plich, 2008; Boratyński и др., 2007]. Модель позволяет прогнозировать влияние изменения цен энергоресурсов на экономическое развитие и выбросы загрязняющих атмосферу веществ. Прогнозные расчеты до 2020 г. показывают, что рост цен на энергоносители приведет к незначительному снижению ВВП (на 0,2 п.п.) и существенному снижению выбросов в атмосферу парниковых газов. Аналогичный подход используется в университете Инсбрука для прогнозирования эколого-экономического развития австрийской экономики [Richter, 2009].

В России с конца 70-х годов прошлого века также начинает развиваться эколого-экономическое моделирование. Широко известны работы К.Г. Гофмана и А.А. Гусева, Е.В. Рюминой,

В.И. Гурмана, О.П. Бурматовой, В.И. Денисова [Денисов, 1978; Бурматова, 1983; Викулов и др., 1990; Рюмина, 1980; Гофман, Гусев, 1981]. Рассмотрим результаты некоторых исследований в нашей стране с использованием межотраслевых балансовых или оптимизационных моделей.

Эколого-экономическая модель, предложенная М.Я. Антоновским и его коллегами [Антоновский и др., 1980], основана на модели В. Леонтьева. В ней моделируется потребление природных ресурсов, деятельность отраслей материального производства, объемы выбросов загрязнителей.

Модель С.В. Дубовского, А.Ф. Миронычева и С.Н. Осипова состоит из трех подмоделей: макромоделей экономического роста, модели межотраслевого баланса и блока загрязняющих веществ [Дубовский и др., 1994].

Е. Рюмина предложила вариант использования модели, разработанной В. Леонтьевым, для прогнозирования водоохранной деятельности [Рюмина, 1980]. В отличие от исходной «леонтьевской» модели, где используется детализация очистных мероприятий по видам загрязнителей, предложенная Е. Рюминой модель построена с учетом очистных мероприятий на основе их классификации в разрезе состава сточных вод каждой отрасли. Это объясняется тем, что производство выпускает, как правило, многокомпонентные стоки, т.е. содержащие несколько вредных веществ, и обезвреживание одного из них производится одновременно с обработкой других. Также в схеме модели Е. Рюминой нулевой IV квадрант матрицы технологических коэффициентов отличен от соответствующего блока в схеме В. Леонтьева, что предполагает незначительность загрязняющего эффекта очистных процессов.

В Центральном экономико-математическом институте (ЦЭМИ) были проведены исследования по развитию Поволжского экономического района с использованием предложенной модели в разрезе 18 отраслей. Полученные результаты свидетельствуют о способности модели определить зависимость структуры и объемов выпуска продукции отраслей материального производства от заданного уровня состояния окружающей среды.

В конце 1970-х годов в Сибирском отделении Академии наук для содействия решению проблемы сохранения озера Байкал были инициированы работы по построению социо-эколого-экономической модели региона, в которой помимо традиционных отраслей выделялся природо-социовосстановительный сектор.



В настоящее время эти исследования продолжаются в Институте проблем рынка РАН и Институте программных систем РАН [Моделирование..., 2001].

Впервые в экономической науке в конце 70-х годов прошлого века литовскими экономистами Р. Раяцкасом и В. Суткайтисом [Раяцкас, Суткайтис, 1979] была сделана попытка разработать в дифференциальной форме динамическую модель межотраслевого баланса, которая соответствовала бы требованиям осуществления прогнозов охраны окружающей среды от загрязнений вредными отходами производства. В работе этих ученых представлена теоретическая межотраслевая полудинамическая модель с обратной рекурсией, позволяющая определять объем и структуру водоохранной деятельности в разрезе отраслей народного хозяйства, согласовывать динамику целевых капиталовложений на проведение водоохранной деятельности с динамикой производственных капитальных вложений, оценивать влияние развития водоохранного хозяйства на другие макроэкономические показатели развития экономики страны.

Несколько позднее появляются и первые практические реализации подобных динамических моделей. Например, в НИЭИ при Госплане СССР в 1988 г. была реализована динамическая макроструктурная 18-продуктовая модель прогноза выпуска и распределения продукции с включением двух отраслей – занимающихся охраной атмосферы и водного бассейна [Львовская, 1988]. В моделируемом загрязнении воздушного бассейна в качестве агрегированного показателя использовался валовой выброс, суммирующий отходы наиболее распространенных показателей шести отраслей промышленности. Состояние водных ресурсов характеризовалось объемами сбросов сточных вод десяти отраслей промышленности. Так же, как и предыдущая, модель устанавливает зависимость необходимых объемов капитальных вложений, величин основных фондов от уровней очистки отходов.

Представляет интерес предложенная Е.П. Ушаковым и Н.К. Закировым модифицированная модель В. Леонтьева, в структуре баланса которой водоохранная деятельность представляется в стоимостной форме [Ушаков, Закиров, 1987]. Для модификации вводятся коэффициенты, характеризующие удельную стоимость снижения валового «выпуска» сточных вод по их видам (руб./куб. м), что дает возможность определить затраты водоохранной деятельности в стоимостной форме

в зависимости от заданного уровня снижения сброса загрязненных сточных вод. В отличие от коэффициентов отраслевых затрат на водоохранную деятельность в модели В. Леонтьева, где затраты определяются на единицу объема снижения загрязненных сточных вод (на куб. м), коэффициенты в данной модели определяются на единицу стоимости водоохранной деятельности (на руб.). По существу, в представленной работе вводится понятие продукта природоохранной отрасли, хотя прямо об этом не говорится.

В ЦЭМИ проводились расчеты по такой модифицированной модели, однако для них использовалась условная информация. Целью расчетов явилось определение возможностей модели при анализе вариантов долгосрочной водоохранной деятельности.

Рассмотрим класс моделей, разработка которых ведется К.К. Гофманом и А.А. Гусевым с начала 1970-х годов [Гусев, 1973; Гофман, Гусев, 1981] с более расширенным уравнением межотраслевого баланса, чем в предложенных выше вариантах. В этих вариантах уравнения производства и распределения продукта учитывают только затраты на предупреждение загрязнений окружающей среды с помощью природоохранных мероприятий. Данные затраты составляют лишь часть совокупных экологических издержек, которые включают также и ущерб от непредотвращенных нарушений окружающей среды.

Исходные уравнения межотраслевого баланса с учетом экономического ущерба от загрязнения окружающей среды имеют следующий вид [Гусев, 1973]:

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} x_{ij} + \sum_{j=1}^m \sum_{q=m+1}^n a_{iq}^j y_{jq} + \left( \sum_{j=1}^m \sum_{q=m+1}^n p_{iq}^j x_{jq} + v_i \right) = x_i ,$$

$$i = 1, \dots, m,$$

$$a_q^j x_j - y_{jq} - x_{jq} = 0, \quad j = 1, \dots, m; \quad q = m + 1, \dots, n,$$

где  $a_{ij}$  – затраты продукции отрасли  $i$  на единицу выпуска продукции  $j$ ;

$a_{iq}^j$  – затраты продукции отрасли  $i$  на предупреждение единицы выброса в окружающую среду загрязнителя  $q$  отраслью  $j$ ;

$a_q^j$  – технологическое образование отхода  $q$  при производстве единицы продукции отрасли  $j$ ;

$p_{iq}^j$  – затраты продукции отрасли  $i$ , возникающие в связи с выбросом в окружающую среду единицы отхода  $q$  отраслью  $j$  (экономический ущерб от загрязнения, образуемый затратами продукции отрасли  $i$ );

$x_i$  – валовая продукция отрасли  $i$ ;

$y_{jq}$  – объем предотвращения потенциальных выбросов отхода  $q$  отраслью  $j$ ;

$x_{jq}$  – объем выброса отхода  $q$  отраслью  $j$ ;

$y_i - \sum_{j,q} p_{iq} x_{jq} = v_i$  – «чистый» конечный продукт отрасли  $i$

( $y_i$  – объем ее конечного продукта в традиционном понимании), образующийся за вычетом из общего конечного продукта отрасли  $i$  затрат продукции отрасли, возникающих вследствие загрязнения окружающей среды;

$m$  – суммарное число традиционных отраслей и видов отходов.

Эта же идея учета экономического ущерба от загрязнения природной среды отражена в работе К.Г. Гофмана и А.А. Гусева «Экологические издержки и концепция экономического оптимизма качества окружающей природной среды», в которой представлена динамическая межотраслевая модель с дифференциацией основных фондов отраслей на основные производственные фонды и очистные фонды [Гофман, Гусев, 1981].

Однако, несмотря на существование множества предложений и методик по определению экономического ущерба от антропогенных нарушений природной среды, возникает проблема однозначной количественной оценки этой составляющей экологических издержек, связанная со стохастичностью этого фактора, с несовпадением по месту и времени возникновения ущерба и вызывающих его причин, с отсутствием статистического учета необходимой информации. Это объясняет трудности в практической реализации моделей такого рода, которые являются в настоящее время лишь теоретическими.

Таким образом, необходимо отметить, что в нашей стране выполнен целый ряд работ по разработке моделей с учетом деятельности по охране окружающей среды, однако предложенные модели носят либо теоретический характер, либо реализованы на условной или региональной информации.

### 3.2. Блок охраны окружающей среды в составе динамической межотраслевой модели

В отделе темпов и пропорций промышленного производства ИЭОПП СО РАН с конца 70-х годов XX века проводятся исследования по прогнозированию социально-экономического развития СССР, а затем – Российской Федерации с использованием системы КАМИН (Комплексного Анализа Межотраслевой Информации), созданной под руководством д.т.н., профессора В.Н. Павлова. В основе системы – динамическая межотраслевая модель (ДММ). Авторами монографии предложен вариант включения экологического блока в систему КАМИН, а также разработаны методики формирования исходной информации для модельных расчетов.

Ниже представлена краткая схема одного из вариантов функционирования системы КАМИН с блоком охраны окружающей среды – блоком ООС (рис. 3.2).

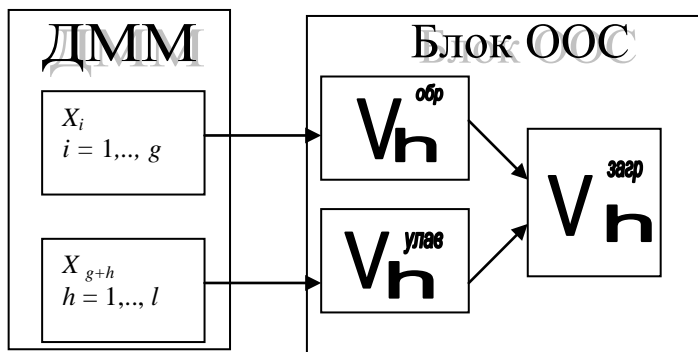


Рис. 3.2. Краткая схема системы КАМИН с блоком ООС

Рассматриваются  $r$  производственных отраслей народного хозяйства. Под номером  $r + 1$  значится домашнее хозяйство. Первые  $n$  отраслей относятся к сфере материального производства. Отрасли  $n + 1, \dots, g$  относятся к нематериальному производству. В материальном производстве первые  $m$  отраслей представляют первое подразделение, отрасли  $m + 1, \dots, n$  – второе подразделение. В составе обоих подразделений первые  $k$  отраслей являются фондосоздающими ( $1, \dots, k$  – в первом подразделении,  $m+1, \dots, m+k$  – во втором подразделении). Отрасли  $k + 1, \dots, m$  и

$m + k + 1, \dots, n$  – в первом и во втором подразделениях соответственно являются нефондосоздающими. Среди фондосоздающих отраслей каждого подразделения первые  $p$  отраслей производят здания и сооружения, монтируемые машины и оборудование, а остальные – производят немонтируемые машины и оборудование ( $p + 1, \dots, k$  – для первого подразделения и  $m + p + 1, \dots, m + k$  – для второго подразделения). В нематериальном производстве отрасли  $n + 1, \dots, h$  производят услуги, оплачиваемые по текущим счетам предприятий и относятся к первому подразделению, а отрасли  $h + 1, \dots, g$  производят услуги, оплачиваемые населением и правительством, и, следовательно, формируют конечный спрос. Эти отрасли нематериального производства отнесены ко второму подразделению.

К традиционным отраслям народного хозяйства добавляются отрасли материального природоохранного производства ( $g + 1, \dots, g + l$ ) и нематериального природоохранного производства ( $g + l + 1, \dots, r$ ). Выделяются  $l$  элементов, которые представляют либо определенный вид загрязнения, либо природный ресурс, который необходимо воспроизвести (загрязненный или уничтоженный). Причем предполагается однозначное соответствие между каждым из этих элементов и отраслью природоохранного материального производства (например, отрасль по предотвращению загрязнения атмосферного воздуха; отрасль, занимающаяся очисткой сточных вод; отрасль по воспроизводству лесных насаждений и т.д.).

На рис. 3.3 представлена структура матрицы коэффициентов прямых материальных затрат и вектора личного непроизводственного потребления модели, где

$A_1, A_2$  – подматрицы коэффициентов прямых материальных затрат продукции I подразделения на производство продукции I и II подразделения материального производства;

$A_3, A_4$  – аналогичные подматрицы для затрат продукции I подразделения на производство услуг, оплачиваемых по текущим счетам предприятий, и услуг, формирующих конечный спрос (I и II подразделения нематериального производства);

$A_5, A_6, A_7, A_8$  – подматрицы коэффициентов затрат услуг на производство единицы продукции в соответствующих отраслях;

$A_9, A_{11}$  – подматрицы коэффициентов прямых материальных затрат продукции I подразделения материального и нематериального производства (соответственно) на производство продукции природоохранного материального производства;

$A_{10}, A_{12}$  – аналогичные подматрицы для затрат продукции I подразделения материального и нематериального производства на производство продукции природоохранного нематериального производства;

$A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{18}$  – подматрицы коэффициентов затрат продукции природоохранного материального производства на производство продукции в соответствующих отраслях;

$A_{19}, A_{20}$  – аналогичные матрицы для затрат продукции природоохранного нематериального производства на материальный природоохранный сектор и на собственное производство (соответственно).

	$1, \dots, m$	$m+1, \dots, n$	$n+1, \dots, h$	$h+1, \dots, g$	$g+1, \dots, g+l$	$g+l+1, \dots, r$	$r+1$
1	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_9$	$A_{10}$	0
⋮							
m							
m+1	0	0	0	0	0	0	
⋮							
n							
n+1	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$	$A_{11}$	$A_{12}$	0
⋮							
h							
h+1	0	0	0	0	0	0	
⋮							
g							
g+1	$A_{13}$	$A_{14}$	$A_{15}$	$A_{16}$	$A_{17}$	$A_{18}$	0
⋮							
g+l							
g+l+1	0	0	0	0	$A_{19}$	$A_{20}$	0
⋮							
r							

Рис. 3.3. Структура матрицы коэффициентов прямых материальных затрат и вектора личного непроизводственного потребления (столбец  $r+1$ )

В ДММ как для любой традиционной отрасли моделируется процесс воспроизводства основных природоохранных фондов и процесс производства продукции природоохранных отраслей. Кроме того, существует экологический блок, описывающий материально-вещественные показатели экологических процессов. На

основе величин произведенной продукции традиционных отраслей промышленности и народного хозяйства ( $x_i$ ,  $i = 1, r$ ) с использованием коэффициентов образования загрязнителя  $h$  ( $h = 1, l$ ), приходящегося на производство единицы продукции отрасли  $i$  ( $w_{ih}$ ), определяется объем образования загрязнителя  $h$  непосредственно в процессе производства ( $v_h^o$ ):

$$V_h^i(t) = \sum_{i=1}^g w_{ih}(t)x_i(t) + D_{r+1,h}(t) \quad (h = \overline{1, l}; t = \overline{1, T}),$$

где  $D_{r+1, h}(t)$  – выпуск загрязнителя  $h$  (объем загрязненного или уничтоженного природного ресурса) в домашних хозяйствах в году  $t$ .

Существуют ограничения по объему загрязнителя  $h$ , поступающего в окружающую среду без очистки, или по объему уничтоженного, но невозпроизведенного природного ресурса ( $v_h^z$ ):

$$V_h^z(t) = V_h^o(t) - V_h^u(t) \quad (h = \overline{1, l}; t = \overline{1, T}),$$

где  $V_h^u(t)$  – объем восстановленного природного ресурса (уничтоженного или уловленного загрязнителя) вида  $h$  в году  $t$ , определяемого по формуле:  $V_h^u(t) = \gamma(t)V_h^o(t)$ ,  $\gamma_h(t)$  – доля восстановления природного ресурса вида  $h$  в общем объеме его потери (или улавливания загрязнителя в общем объеме его образования в производственном процессе).

По существу, в изложенной выше ДММ с блоком ООС результат деятельности отраслей, занимающихся охраной и воспроизводством природных ресурсов, представлен в двух формах: стоимостной, как объем произведенного продукта природоохранной отрасли, и натуральной, как объем улавливания загрязнений (восстановления уничтоженного или загрязненного природного ресурса). Нам представляется это преимуществом по сравнению с рассмотренными выше межотраслевыми моделями (см. п. 3.1 данной главы), которые учитывают только натурально-вещественный аспект экологических процессов. Связь между двумя формами результата природоохранной деятельности можно представить следующим образом:

$$x_{g+h}(t) = \omega_h(t)V_h^u(t) + \varepsilon_h(t) \quad (h = \overline{1, l}; t = \overline{1, T}),$$

где  $\omega_h(t)$  – текущие затраты на очистку (восстановление) единицы природного ресурса  $h$  (или на уничтожение единицы загрязнителя) в природоохранной отрасли  $(g+h)$  в году  $t$ ;

$\varepsilon_h(t)$  – «спасенная» доля национального дохода (народно-хозяйственный эффект) в году  $t$  в результате восстановления природного ресурса  $h$  (уничтожения загрязнителя  $h$ ).

Необходимо отметить, что данный вариант экологического блока модели не является окончательным и может в дальнейшем быть дополнен или видоизменен: например, может быть учтен лаговый период между затратами на восстановление природного ресурса и полученным народно-хозяйственным эффектом, который может наблюдаться в течение значительного периода времени после осуществления затрат; учтены процессы утилизации (производственного использования) уловленных вредных веществ.

На данном этапе исследования мы, наоборот, прибегнем к некоторым упрощениям:

◆ Рассматриваются два элемента окружающей среды – водные природные ресурсы и атмосферный воздух и, соответственно, две природоохранные отрасли: отрасль по очистке воды и отрасль, предотвращающая загрязнение воздушного бассейна. Не учитывается нематериальное природоохранное производство (т.е. в модели  $l = 2, g + 1 = r$ ).

◆ В модели не учитывается загрязнение воды и атмосферы домашними хозяйствами, в частности загрязнение воздуха автомобильным транспортом, находящимся в собственности домашних хозяйств. Таким образом, данный вариант ДММ с экологическим блоком моделирует загрязнения, исходящие только от стационарных источников (т.е.  $D_{r+1, h}(t) = 0$ ). Предполагается также, что природоохранные отрасли сами не загрязняют окружающую природную среду ( $w_{ih} = 0$  для  $i = g + 1, \dots, r$ ).

◆ Природоохранное производство полностью отнесено нами к I подразделению. Конечно, и население пользуется результатами деятельности природоохранных отраслей – чистым воздухом,



водой и т.д., но данный подход можно обосновать с точки зрения принципов системы национальных счетов. Данная статистическая система делит продукт на промежуточный и конечный исходя из источника оплаты этого продукта. Если, например, услуга потребляется населением, но оплачивается фирмой или предприятием, то ее стоимость относится к промежуточному продукту. Так как население не осуществляет в какой-либо форме выплат за загрязнение природной среды (автомобильные выбросы не моделируются), то и результат деятельности природоохранных отраслей имеет смысл отнести к промежуточному продукту.

◆ При расчете валовой продукции природоохранных отраслей не учитывается прирост национального дохода вследствие предотвращения ущерба от загрязнения данными отраслями, так как не существует достаточно эффективных методик его расчета (т.е.  $\varepsilon_h(t) = 0$ ).

В своих дальнейших исследованиях авторы предполагают включить в экологический блок природоохранную деятельность, направленную на решение проблем, связанных с сокращением лесных массивов, загрязнением почв и образованием бытовых и производственных отходов. Также планируется учитывать загрязнение атмосферного воздуха автомобильным транспортом.

Рассмотрим, каким образом модифицируется  $i$  квадрант межотраслевого баланса при включении в межотраслевую модель отраслей, занимающихся воспроизводством природных ресурсов. Из традиционного элемента матрицы межотраслевых потоков  $x_{ij}(t) = a_{ij}(t)X_j(t)$  были вычтены материальные затраты продукции отрасли  $i$ , используемые в отрасли  $j$  на очистку воды ( $x_{ij}^{\text{вода}}$ ) и воздуха ( $x_{ij}^{\text{воздух}}$ ):

$$x_{ij} = x_{ij}(t) - x_{ij}^{\text{вода}}(t) - x_{ij}^{\text{воздух}}(t).$$

Для распределения валовой продукции природоохранных отраслей по строке  $i$  квадранта был использован принцип: кто больше затрачивает на очистку, тот и больше пользуется ее результатами. Таким образом, в качестве материальных затрат продукции природоохранной отрасли, используемых для производства продукции отрасли  $j$ , собраны все затраты, идущие на охрану природных ресурсов в отрасли  $j$ . Такой подход удобен тем,

что в результате включения в модель отраслей, занимающихся охраной окружающей среды, не изменяются объемы произведенной и используемой продукции в отраслях промышленности и народного хозяйства. В целом же валовой выпуск, как произведенный, так и используемый, увеличивается на стоимость продукции природоохранных отраслей в результате двойного счета.

Помимо модификации матрицы межотраслевых потоков (в связи с выделением природоохранной деятельности) для расчетов по ДММ с экологическим блоком необходима информационная экологическая база, содержащая следующие показатели:

- ◆ объемы приростов, возмещения выбытия и вводов в действие основных фондов природоохранного назначения;
- ◆ объемы текущих и инвестиционных затрат на охрану водных и атмосферных ресурсов;
- ◆ объемы образования, улавливания и эмиссии основных загрязняющих атмосферу веществ;
- ◆ объемы образования, очистки и сбросов в водоемы загрязненных сточных вод;
- ◆ коэффициенты образования загрязняющих атмосферу веществ и загрязненных сточных вод на единицу выпуска валовой продукции отраслей материального и нематериального производства;
- ◆ коэффициенты улавливания загрязняющих атмосферу вредных веществ и очистки загрязненных сточных вод в общем объеме их образования.

Данная информация была собрана из статистических сборников Росстата («Охрана окружающей среды в России», «Российский статистический ежегодник», «Россия в цифрах», «Социальное положение и уровень жизни населения России», «Регионы России. Социально-экономические показатели» и др.), а также с сайта Федеральной службы государственной статистики – <http://www.gks.ru>. Более подробно описание ДММ и экологического блока модельного комплекса и методики формирования исходной информации представлены в работах [Баранов и др., 1997; Баранов и др., 2008].

### 3.3. Эколого-экономическое моделирование и прогнозирование

**Регрессионный анализ заболеваемости в России.** В гл. 2 (п. 2.3) нами была проведена классификация факторов, влияющих на состояние здоровья населения, которые были сгруппированы по следующим причинам: экономическим, психологическим, культурным, инфраструктурным и экологическим. В данной главе проводится статистический анализ влияния некоторых факторов на уровень здоровья населения.

Анализ заболеваемости населения России ( $y$  – количество всех выявленных впервые установленных диагнозов на 1 тыс. человек) в 1990–2007 гг. (рис. 3.4) позволяет сделать вывод о наличии в динамике данного показателя линейного тренда, описываемого уравнением:

$$y = 620,4 + 8,4 \cdot T (R^2 = 86,6\%), \text{ где } T - \text{ номер года } (T_{1990} = 1).$$

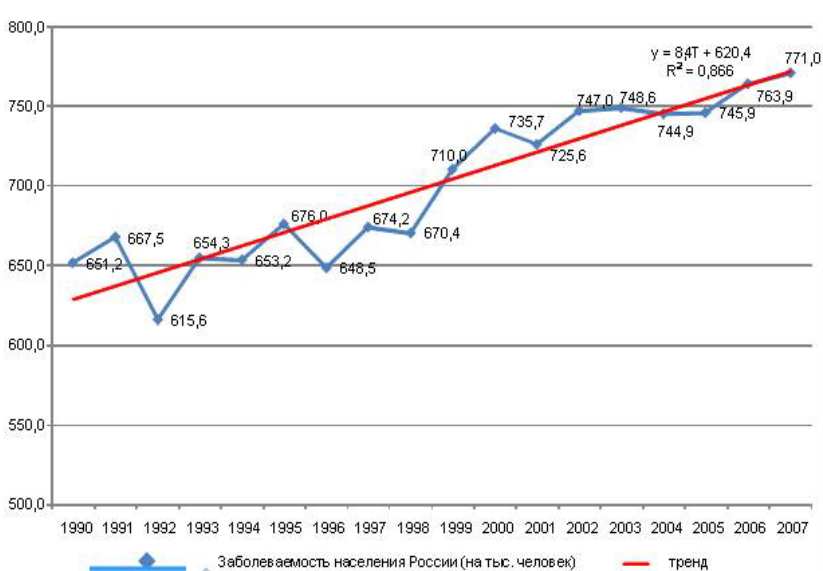


Рис. 3.4. Динамика заболеваемости населения России в 1990–2007 гг., на 1 тыс. человек

**Перечень показателей, выступающих в качестве  
объясняющих факторов для уровня заболеваемости\***

Группа факторов	Фактор
Климатические	<p>Средняя температура воздуха в июле, <i>градусов С</i>  Средняя температура воздуха в январе, <i>градусов С</i>  Разница средних температур в июле и январе, <i>градусов С</i>  Среднегодовая температура, <i>градусов С</i>  Среднее количество осадков в июле, <i>мм</i>  Среднее количество осадков в январе, <i>мм</i>  Среднегодовое количество осадков в июле и январе, <i>мм</i></p>
Инфраструктурные	<p>Число больничных коек на 10000 человек населения (<i>на конец года</i>)  Численность врачей на 10000 человек населения (<i>на конец года</i>)</p>
Социальные	<p>Доля расходов на алкогольные напитки в потребительских расходах, %  Отношение расходов на алкогольные напитки к прожиточному минимуму, %  Умышленное причинение тяжкого вреда здоровью, <i>число зарегистрированных преступлений на 10000 человек</i>  Преступления, связанные с незаконным оборотом наркотиков, <i>число зарегистрированных преступлений на 10000 человек</i>  Болезни нервной системы, <i>число впервые зарегистрированных больных на 1000 человек</i>  Уровень безработицы, %  Доля городского населения, %</p>
Экономические	<p>Доля расходов на здравоохранение в потребительских расходах, %**  Отношение среднедушевых доходов к прожиточному минимуму, %  Отношение расходов на здравоохранение к прожиточному минимуму, %  Темпы роста реальных среднедушевых доходов, %</p>
Экологические	<p>Сброс загрязненных сточных вод, <i>млн куб. м</i>  Суммарные выбросы всех загрязняющих атмосферу веществ, <i>тыс. т</i>  Выбросы парниковых газов, <i>тыс. т</i>  Накопление парниковых газов, начиная с 1990 г., <i>тыс. т</i></p>

	<p>Среднедушевые сбросы загрязненных сточных вод, млн куб. м на человека</p> <p>Среднедушевые атмосферные выбросы всех загрязняющих веществ, тыс. т на человека</p> <p>Среднедушевые выбросы парниковых газов, тыс. т на человека</p> <p>Среднедушевое накопление парниковых газов, начиная с 1990 г., тыс. т на человека</p>
--	---

\* Отметим, что существует известная проблема адекватности применения статистических методов для анализа агрегированных показателей. На что, в частности, обращает внимание К.К. Вальтух [Вальтух, 2009]. Однако существующая статистика не позволяет провести анализ на менее агрегированном уровне.

\*\* Между заболеваемостью населения и долей расходов на здравоохранение в потребительских расходах, строго говоря, имеются как прямые, так и обратные связи. Однако в целях анализа мы считаем, что правомерно использовать показатель доли расходов на здравоохранение в потребительских расходах в качестве объясняющей переменной, так как рост расходов на здравоохранение ведет в большей степени к увеличению выявляемости скрытых заболеваний, вследствие увеличения обращений граждан в медицинские учреждения и увеличения оснащенности медицинским оборудованием и обеспеченности персоналом учреждений здравоохранения.

Наличие сильной трендовой компоненты во временном ряде позволяет подтвердить выдвинутую нами гипотезу о наличии фундаментальных факторов, оказывающих существенное влияние на заболеваемость населения России за указанный период<sup>1</sup>. В целях объяснения динамики заболеваемости населения России нами был проведен многофакторный анализ показателей заболеваемости (на 1 тыс. человек) в зависимости от влияющих на него факторов (табл. 3.2).

При выборе показателей, характеризующих состояние здоровья населения, а также влияющих на него факторов, мы руководствовались данными, предоставляемыми отечественной статистикой. Имеющиеся в нашем распоряжении количественные данные не всегда достаточно полно отражают качественные характеристики предложенных для анализа факторов, но,

---

<sup>1</sup> Частично наличие временного тренда может объясняться увеличением степени распространения социально опасных заболеваний, таких как туберкулез, СПИД и пр. Однако на степень их распространения должны оказывать влияние и другие факторы, выявление которых и является целью построения регрессионной модели. Кроме того, в общей численности заболеваемости доля данных болезней является незначительной.

тем не менее, позволяют характеризовать, пусть с некоторой долей условности, рассматриваемые процессы.

Так, рост заболеваемости не может быть в полной мере отражен выбранным показателем выявляемости больных с определенным диагнозом, установленным впервые в жизни, так как уровень регистрируемости заболеваний зависит от частоты обращений за медицинской помощью, что, в свою очередь, зависит от возрастной структуры населения, от качества медицинских услуг, в том числе от квалификации медицинского персонала и от уровня диагностических методов. В регионах с низким качеством медицинских услуг степень выявления болезней может быть низкой, однако это не будет означать, что население данного региона обладает хорошим здоровьем. Более адекватными показателями могли бы послужить показатели заболеваемости среди новорожденных, которые выявляются автоматически при рождении детей и не зависят от частоты обращения за медицинской помощью. Но на данном этапе исследования мы не располагали такой статистикой, которая имеется только в распоряжении Министерства здравоохранения и социального развития РФ. Однако выбранные нами показатели могут служить для характеристики нижней границы уровня заболеваемости, и выявленные нами закономерности влияния различных факторов тем более проявят себя при анализе их воздействия на реальный уровень заболеваемости.

Среди факторов, объясняющих общий уровень заболеваемости, наибольшие сложности возникли с выбором показателей, характеризующих психологические и социокультурные причины, входящие в группу социальных факторов. Эти показатели должны характеризовать чрезмерные стрессовые нагрузки из-за социально-экономической нестабильности общества и его высокой криминализации; снижение общего уровня культуры, в том числе санитарно-гигиенической; распространение вредных привычек и нездорового образа жизни. Из имеющихся статистических данных нами были выбраны следующие: характеристики потребления алкогольных напитков (доля расходов на алкогольные напитки в потребительских расходах, отношение расходов на алкогольные напитки к прожиточному минимуму в процентах), характеристики уровня криминализации общества (число зарегистрированных преступлений, связанных с незаконным оборотом наркотиков и с умышленным причинением тяжкого вреда здо-

ровью), показатели заболеваемости населения психическими расстройствами и расстройствами поведения.

Региональные показатели, характеризующие уровень здоровья населения, климатические, экологические и инфраструктурные факторы, экономические показатели (потребительские расходы на душу населения, среднедушевые доходы населения, величина прожиточного минимума в текущих и сопоставимых ценах), данные о количестве зарегистрированных преступлений были взяты из статистических справочников «Регионы России. Социально-экономические показатели», «Российский статистический ежегодник», «Социальное положение и уровень жизни населения России», «Демографический ежегодник России», «Здравоохранение в России», «Охрана окружающей среды в России» за 1992–2007 гг. Структура потребительских расходов домашних хозяйств (доли расходов на алкогольные напитки и здравоохранение) была взята в соответствии с Классификатором индивидуального потребления домашних хозяйств по целям (КИПЦ-ДХ), разработанного Росстатом на основе Международной статистической классификации индивидуального потребления (СОИСОП).

Рассмотрим некоторые методические вопросы подготовки исходной информации. В статистических сборниках в региональном разрезе представлены только показатели сбросов загрязненных сточных вод (в млн куб. м) и выбросы загрязняющих атмосферу веществ (в тыс. т), исходящих от стационарных источников. Однако на автомобильный транспорт приходится от 35 до 44% суммарных атмосферных выбросов за рассматриваемый период, автомобильные выбросы растут довольно высокими темпами (среднегодовым темпом 3,6% в 2000–2007 гг.), оказывают значительное влияние на уровень здоровья населения, и, соответственно, должны быть учтены в региональных выбросах. Общая сумма автомобильных выбросов в атмосферу была распределена по федеральным округам пропорционально числу легковых автомобилей в субъектах Федерации. Понятно, что помимо легковых автомобилей загрязняет атмосферу также грузовой и общественный транспорт, но не было региональных данных об использовании этих видов транспорта.

Динамика сброса загрязненных сточных вод и выбросов в атмосферу загрязняющих веществ анализировалась нами во второй главе данной монографии. Однако с точки зрения влияния экологических факторов на здоровье, более показательны харак-

теристики уровня накопления загрязняющих веществ. Этот уровень растет, так как природа не успевает нейтрализовать накопленные загрязнения, что и должно отрицательно сказываться на здоровье. К сожалению, статистика также не предоставляет данные об уровнях накопления загрязняющих веществ в регионах. Нами была использована методика оценки накопленных загрязнений в зависимости от объемов ежегодных выбросов, предложенная в работе П. Дутта и Р. Рандера [Dutta, Rander, 2007] для парниковых газов (оксидов азота, оксидов углерода, углеводородов и других загрязняющих веществ). Расчет накопленных парниковых газов к уровню их накопления 1990 г. осуществлялся по формуле:

$$g(t+1) = A(t) + \delta g(t),$$

где  $g(t)$  – объем накопленных парниковых газов к году  $t$ ;

$A(t)$  – выбросы парниковых газов в году  $t$ ;

$\delta$  – коэффициент расщепления парниковых газов (в литературе встречается значение данного коэффициента, равное 0,3, которое и было принято нами в расчетах).

К сожалению, в литературе не встречаются методики и значения коэффициентов расщепления других загрязняющих атмосферу ингредиентов, однако парниковые газы составляют 74% (98% в автомобильных выбросах и 54% в стационарных выбросах по данным 2007 г.) всех суммарных атмосферных выбросов, поэтому их негативное загрязняющее влияние достаточно велико. Также отсутствует информация об объемах накопления загрязняющих водоемы веществ, поэтому в качестве экологического фактора, характеризующего водные ресурсы, пришлось ограничиться динамикой ежегодных сбросов загрязненных сточных вод.

В целях анализа были созданы две информационные базы. Первая представляет динамику значений рассматриваемых показателей отдельно по каждому федеральному округу за период 1991–2007 гг. (информационная база по федеральным округам), в результате чего количество наблюдений составило 119. Вторая информационная база (региональная) предполагает более дробное региональное деление, она была построена по 80 субъектам Российской Федерации (областям, краям, республикам) для 2007 г.



Проведенный корреляционный анализ указал на наличие мультиколлинеарности в матрице объясняющих факторов, отбрасывание факторов в целях устранения мультиколлинеарности производилось индивидуально для каждого уравнения регрессии. Большинство из отобранных для анализа уравнений регрессии характеризовалось наличием выраженной автокорреляции остатков первого порядка. В целях устранения автокорреляции остатков уравнений регрессии производилось преобразование Бокса-Дженкинса, реализованное через процедуру Кохрейна-Оркатта.

В результате были получены уравнения регрессии, объясняющие заболеваемость населения России в целом и по отдельным видам заболеваний (новообразования; расстройства эндокринной системы иммунитета, расстройства питания и нарушения обмена веществ; инфекционные и паразитарные заболевания; болезни системы кровообращения и кроветворных органов; болезни органов дыхания; болезни органов пищеварения; болезни кожи и подкожной клетчатки; болезни костно-мышечной и соединительной ткани; болезни нервной системы), а также коэффициенты рождаемости и смертности. Приведем некоторые наиболее интересные, на наш взгляд, результаты эконометрического анализа, полученные по некоторым видам заболеваемости (для всех уравнений были проведены стандартные процедуры проверки статистических гипотез, указавшие на их статистическую значимость при уровне значимости 10% и выше).

Таблица 3.3

**Оценка уровня заболеваемости населения РФ в 2007 г.  
(в количестве регистрируемых случаев на 1000 человек населения)**

Переменная	Коэффициент	Стандартная ошибка	Уровень надежности, %
Константа	1052,4	97,9	99,9
Среднедушевые атмосферные выбросы, кг/ чел.	0,153	0,07	96,8
Средняя температура воздуха в июле, °С	-14,68	4,95	99,6
Уровень безработицы, %	-4,41	1,89	97,8

**Примечание:**  $R^2 = 28,5\%$ . Уровень надежности – 99,9%. Нормальность распределения остатков – 90%.

Уравнение регрессии, представленное в табл. 3.3 (построено на основе данных региональной информационной базы), характеризует в целом заболеваемость населения России в 2007 г. Как видно из таблицы, в ходе регрессионного анализа удалось получить статистически значимое уравнение регрессии, удовлетворяющее всем предпосылкам регрессионного анализа, которое на 28,5% объясняет изменение уровня заболеваемости между регионами. Относительно низкое значение коэффициента детерминации может быть объяснено тем фактом, что в показателе «Заболеваемость населения в целом» учитываются регистрируемые случаи заболеваний по всему спектру болезней, каждая из которых имеет свою специфику и свои объясняющие факторы.

Интересным также является тот факт, что уровень заболеваемости населения России статистически значимо снижается при росте средней летней температуры воздуха, а также при росте уровня безработицы. Если первое обстоятельство объясняется относительно легко – чем теплее климат, тем более доступными являются фрукты и овощи и больше солнечных дней в году, а также меньше перепад летних и зимних температур, который отрицательно сказывается на самочувствии людей. Второе обстоятельство можно объяснить тем, что при высокой безработице снижается количество обращений в медицинские учреждения, так как у безработных пропадает необходимость получения больничных листов, а заболевшие работающие предпочитают не обращаться в медицинские учреждения из-за сокращения оплаты труда в период болезни и боязни лишиться работы. Однако авторы не отрицают наличие ложной корреляции (рост доходов и сокращение безработицы наблюдается в регионах с высокой долей промышленного производства; в этих же регионах также высока регистрируемость заболеваниями). Необходима статистическая проверка зависимости рассматриваемых показателей от характеристик промышленного освоения регионов. Проведение данной проверки предполагается в дальнейших исследованиях, так как на данном этапе нас интересовало прежде всего статистическое подтверждение негативного характера влияния загрязнения окружающей среды на состояние здоровья населения.

Самым распространенным видом заболеваний в России являются болезни органов дыхания (39,2% от общего числа зарегистрированных заболеваний в 2007 г.). При этом считается, что именно на органы дыхания в первую очередь негативно влияют

выбросы парниковых газов, что подтверждается и проведенным анализом (табл. 3.4). Из таблицы видно, что уровень заболеваемости населения России болезнями органов дыхания статистически значимо увеличивается при увеличении среднедушевых выбросов парниковых газов, числа больничных коек, доли городского населения и сокращается – при росте уровня безработицы (коэффициент детерминации уравнения равен 46,9%). Таким образом, рост выбросов парниковых газов негативно влияет на здоровье населения, увеличивая заболеваемость органов дыхания.

Таблица 3.4

**Оценка заболеваемости населения РФ  
болезнями органов дыхания в 2007 г.  
(в количестве регистрируемых случаев на 1000 человек населения)**

Переменная	Коэффициент	Стандартная ошибка	Уровень надежности, %
Константа	92,6	51,3	92,5
Среднедушевые выбросы парниковых газов, кг/ чел.	0,097	0,052	93,2
Среднее количество больничных коек (на конец года), число больничных коек на 1000 человек населения	8,568	2,367	99,9
Доля городского населения, %	1,53	0,541	99,4
Уровень безработицы, %	-1,77	0,95	93,4

**Примечание:**  $R^2 = 46,9\%$ . Уровень надежности – 99,9%. Нормальность распределения остатков – 90%.

Влияние уровня безработицы на уровень заболеваемости было рассмотрено выше, а вот рост заболеваемости органов дыхания при росте больничных коек и доли городского населения можно объяснить как ростом регистрируемости заболевших при увеличении мощностей медицинских учреждений и более развитом уровне здравоохранения в городах, так и сравнительно быстрым распространением заболеваемости в городской среде. Не исключено также влияние ложной корреляции.

В табл. 3.5 представлена характеристика уравнения регрессии, построенного для объяснения уровня заболеваемости населения России онкологическими заболеваниями.

Таблица 3.5

**Характеристика уравнения регрессии, построенного для объяснения заболеваемости населения России онкологическими заболеваниями (всего заболевших за год на 1 тыс. человек населения)**

Коэффициент уравнения	Фактор	Уровень надежности, %
6,374	Константа	0,999
-0,065	Число больничных коек на 10 000 человек населения (на конец года)	0,999
0,181	Численность врачей на 10 000 человек населения (на конец года)	0,999
-0,0823	Преступления, связанные с незаконным оборотом наркотиков, число зарегистрированных преступлений на 10 000 человек	0,999
0,0023	Атмосферные выбросы, тыс. т	0,993
0,651	Доля расходов на здравоохранение в потребительских расходах, %	0,999

**Примечание:**  $R^2 = 79,7\%$ .  $F_{\text{Фишер}} = 0,999$ .  $DW = 1,7$ .

Уравнение построено на основе данных первой информационной базы (по федеральным округам). Как видно из представленных данных, нам удалось достаточно хорошо объяснить изменение уровня регистрации онкологических заболеваний населения России (коэффициент детерминации составил почти 80%). Уровень регистрации онкологических заболеваний растет при снижении числа больничных коек, росте атмосферных выбросов, росте численности врачей и росте доли расходов на здравоохранение в потребительских расходах (два последних фактора способствуют выявлению заболеваемости).

На уровень здоровья по онкологическим заболеваниям так же, как и по заболеваемости в целом, существенное влияние оказывает увеличение зарегистрированных преступлений, связанных с незаконным оборотом наркотиков, что способствует сокращению их потребления.

В табл. 3.6 представлены данные по уравнению регрессии, объясняющему уровень регистрации заболеваний эндокринной системы и иммунитета (информационная база по федеральным округам).

Таблица 3.6

**Характеристика уравнения регрессии, построенного для объяснения заболеваемости населения России расстройствами эндокринной системы, иммунитета, расстройствами питания и нарушения обмена веществ (всего заболевших за год на 1 тыс. человек населения)**

Коэффициент уравнения	Фактор	Уровень надежности, %
3,939	Константа	0,999
0,066	Разница средних температур в июле и январе, °С	0,996
-0,178	Число больничных коек на 10 000 человек населения (на конец года)	0,999
0,244	Численность врачей на 10 000 человек населения (на конец года)	0,999
0,364	Умышленное причинение тяжкого вреда здоровью, число зарегистрированных преступлений на 10 000 человек населения	0,989
-0,067	Преступления, связанные с незаконным оборотом наркотиков, число зарегистрированных преступлений на 10 000 человек населения	0,902
1,1	Доля расходов на здравоохранение в потребительских расходах, %	0,999

**Примечание:**  $R^2 = 79,8\%$ ,  $R_{\text{Фишер}} = 0,999$ ,  $DW = 2,0$ .

Как видно из представленных данных, уровень регистрации данных заболеваний также удалось достаточно хорошо объяснить. Примечательно, что в отличие от вышеизложенных видов заболеваемости на уровень эндокринных заболеваний оказывает усиливающее влияние климатический фактор (чем выше разница температур, тем сильнее заболеваемость) и преступность (чем выше число зарегистрированных преступлений по умышленному причинению тяжкого вреда здоровью, тем выше заболеваемость), вместе с тем не выявлено влияние экологических факторов.

К сожалению, степень влияния на заболеваемость загрязнения водных ресурсов выявить не удалось (показатели ежегодных сбросов загрязненных сточных вод оказались статистически не значимыми). Видимо, для статистических расчетов более удачной

была бы статистика накоплений загрязняющих водоемы ингредиентов, однако, как уже отмечалось выше, на данном этапе исследований такая информация оказалась недоступной.

Однако, как показывает анализ, в целом экологические факторы являются статистически значимыми, и их влияние на уровень заболеваемости довольно существенно. Оценить это влияние удалось только по накоплению парниковых газов: по данным дисперсионного анализа, вклад данного фактора составляет 6–10% (в зависимости от вида заболевания). Если учесть, что помимо парниковых газов существуют и другие виды загрязнений: другие загрязняющие атмосферу ингредиенты, загрязняющие водные ресурсы вещества, токсичные отходы, радиационное, шумовое загрязнение и т.д., в целом экологический фактор будет играть очень значимую роль и оказывать негативное влияние на здоровье российского населения.

Характер влияния различных факторов на здоровье анализируется многими авторами (см., например, [Римашевская, 2004; Казанцева, Тагаева, 2008; Прохоров, 2006; Яблоков, 2007])<sup>1</sup>, однако не встречаются количественные оценки этого влияния. Предложенные подходы к исследованиям отличает попытка количественной оценки влияния некоторых факторов на состояние здоровья российского населения. Ранее полученные результаты расчетов по эконометрическим моделям были опубликованы в коллективной монографии «Моделирование влияния некоторых факторов на состояние здоровья населения» [Гильмундинов и др., 2010].

Справедливости ради отметим, что в последнее время в литературе встречаются очень интересные исследования, посвященные изучению влияния загрязнения водных и воздушных ресурсов на уровень благосостояния и удовлетворенности жизнью с использованием регрессионного анализа [Welsch, 2006; Блам, Мкртчян, 2009]. Несомненно, благополучие тесно связано с состоянием здоровья, но и отражает многие другие важные составляющие благосостояния, такие как образование, безопасность, гражданскую и политическую свободу и т.д. Также для оценки зависимых переменных (в отличие от наших исследований, основанных на статистических данных) были использованы субъективные оценки здоровья (очень хорошее, хорошее, среднее и т.д.). Авторы данных исследований сами

---

<sup>1</sup> См. также интернет-источник: Попов В.Ф., Толстихин О.Н. Экология и здоровье населения России // сайт <http://www.ucheba.ru>

признают, что субъективные оценки благосостояния могут быть не вполне справедливыми, так как, оценивая собственное благосостояние, индивид принимает во внимание существующие обстоятельства, прошлый опыт и ожидания, а также сравнивает свое положение с благосостоянием других людей.

**Прогноз экологической ситуации и ее влияния на заболеваемость.** В основу модельных расчетов были положены два сценария экономического развития Российской Федерации в период преодоления последствий мирового финансового кризиса 2008–2012 гг. Оба сценария разработаны сотрудниками сектора межотраслевых исследований народного хозяйства ИЭОПП СО РАН под руководством д.т.н., профессора В.Н. Павлова. Оценки макроэкономических и отраслевых показателей в 2008 и 2009 гг. были получены на основе имеющейся к моменту составления прогноза информации Федеральной службы государственной статистики.

Первый вариант прогноза (авторами он назван как *базовый*) предполагает, что с конца 2010 г. экономика начнет постепенно выходить из кризиса. Возрастет мировой спрос на российские экспортируемые товары, что будет стимулировать внутренний спрос. Государственные меры, принятые для стабилизации российской финансовой системы, дадут ощутимый результат в виде наращивания объемов кредитования реального экономического сектора и населения, что приведет к оживлению производства. Темп роста ВВП в 2012 г. составит 108,7% по сравнению с 2008 г.

Согласно второму варианту прогноза (*оптимистическому*), меры, принятые в целях стабилизации экономики, начали приносить положительные результаты уже в конце 2009 г., поэтому падение производства в 2009 г. было менее глубоким по сравнению с базовым вариантом. В 2010 г. началось экономическое восстановление в ведущих и в некоторых развивающихся странах мира: США, Японии, Китае, Индии и Бразилии. Это вызовет более значительный рост мирового спроса на традиционно экспортируемые Россией товары, чем предусмотрено в базовом варианте. Стабилизация российской банковской системы позволит привлечь финансовые ресурсы из-за рубежа, что положительно скажется на российской экономике: в 2012 г. ВВП возрастет на 16,6% по сравнению с 2008 г. (Более подробно предпосылки вариантов прогноза, динамика макроэкономических и отраслевых показателей представлены в работе [Баранов и др., 2009].)

Первый этап расчетов предполагал прогнозирование эколого-экономической ситуации в стране на период 2009–2012 гг. при сохранении существующей экологической политики (сложившиеся к настоящему времени низкий уровень затрат на охрану воды и воздуха (0,6% ВВП в 2007 г.), низкая степень очистки загрязненных сточных вод (10,4%) и улавливания загрязняющих атмосферу веществ (74,8%)). Отраслевые удельные коэффициенты образования загрязнений были взяты на уровне 2007 г., т.е. предполагалось, что производственные технологии за рассматриваемый период времени радикально не изменятся с точки зрения их влияния на окружающую природную среду.

На рис. 3.5 и 3.6 представлены результаты прогнозных расчетов по экологическому блоку системы КАМИН: видно, что оптимистический с точки зрения темпов экономического развития второй вариант прогноза является более пессимистическим с точки зрения его влияния на окружающую среду.

В связи с финансовым кризисом, а не активизацией природоохранной деятельности, по *базовому варианту* нагрузка на водные и воздушные ресурсы практически не изменится по сравнению с началом прогнозируемого периода: в 2012 г. объем сточных вод вырастет на 3%, объем выбросов загрязняющих атмосферу веществ увеличится на 1% к уровню 2007 г.

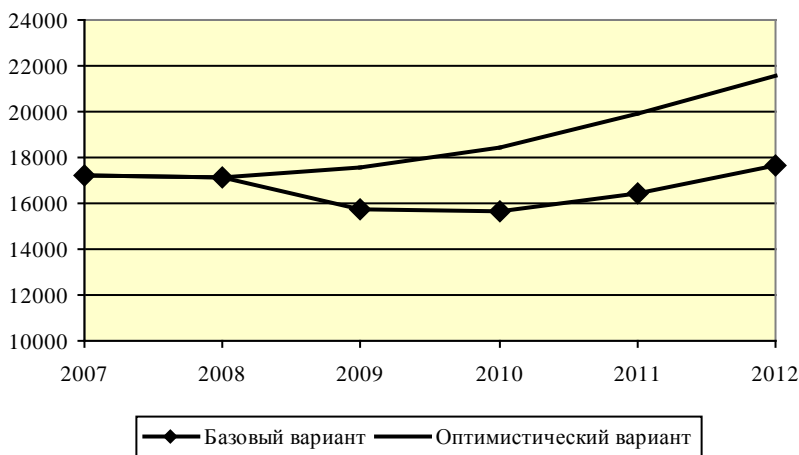


Рис. 3.5. Прогнозируемые объемы сброса загрязненных сточных вод, млн куб. м



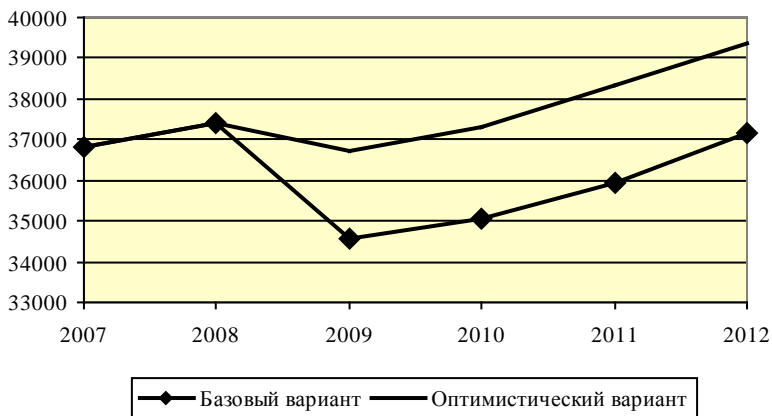


Рис. 3.6. Прогнозируемые объемы выбросов загрязняющих атмосферу веществ, тыс. т

По *оптимистическому варианту* объем эмиссии увеличится на 5% за этот же период, однако загрязнение водных ресурсов увеличится значительно: к концу прогнозируемого периода будет сброшено загрязненных сточных вод на 25% больше. Данная ситуация объясняется структурными сдвигами в анализируемом периоде: темп роста в отраслях нематериального производства, оказывающих наиболее сильное негативное влияние на качество водных ресурсов, будет одним из самых высоких среди отраслей промышленности и народного хозяйства – 133% за четырехлетний период.

Рассмотрев наиболее интересные из полученных в ходе эконометрического анализа уровня заболеваемости населения России результаты, представленные в предыдущем разделе, и получив оценку объемов загрязнений в прогнозируемом периоде по базовому и оптимистическому вариантам, перейдем к оценке влияния экологических факторов на здоровье населения России в 2009–2012 гг. Для этого воспользуемся построенным ранее уравнением регрессии, моделирующим уровень заболеваемости населения России в целом:

$$Y = 1052,4 + 0,153 x_1 - 14,68 x_2 - 4,41 x_3,$$

где  $x_1$  – среднедушевые атмосферные выбросы, кг/чел.;  
 $x_2$  – средняя температура воздуха в июле, °С;  
 $x_3$  – уровень безработицы (отношение числа безработных к количеству экономически активного населения), %.

Данное уравнение обладает хорошей объясняющей способностью ( $R^2 = 0,285$ ) и удовлетворяет всем статистическим гипотезам с уровнем надежности 99%. Используя данное уравнение, построим интервальную оценку вклада загрязнения окружающей среды в уровень заболеваемости населения.

Таблица 3.7

**Динамика изменений среднедушевых атмосферных выбросов  
и численности заболевших в России в 2008–2012 гг.,  
прирост (+), убыль (–)**

Показатель	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Базовый вариант</b>					
Прирост среднедушевых выбросов, кг на душу населения к предыдущему году	+6,5	–22,5	+3,6	+6,0	+8,6
Прирост заболевших за счет экологических факторов в сравнении с предыдущим годом, тыс. человек					
Среднее значение	+141,0	–488,0	+78,1	+130,1	+186,5
Нижняя граница	+33,5	–116,0	+18,6	+30,9	+44,3
Верхняя граница	+248,5	–860,1	+137,6	+229,4	+328,7
<b>Оптимистический вариант</b>					
Прирост среднедушевых выбросов, кг на душу населения к предыдущему году)	+6,5	–7,3	+4	+7,4	+7,2
Прирост заболевших за счет экологических факторов в сравнении с предыдущим годом, тыс. человек					
Среднее значение	+141,0	–158,3	+86,8	+160,5	+156,2
Нижняя граница	+33,5	–37,6	+20,6	+38,1	+37,1
Верхняя граница	+248,5	–279,0	+152,9	+282,9	+275,2

Оцененное значение коэффициента при переменной «среднедушевые атмосферные выбросы» составляет 0,153, его стандартная ошибка равна 0,07. Это означает, что прирост выбросов среднедушевых атмосферных газов на 1 кг приведет к увеличению уровня заболеваемости населения России на величину от 0,0363 до 0,269 зарегистрированных случаев на 1 тыс. человек населения при доверительной вероятности 90%. Учитывая полученную ранее оценку динамики атмосферных выбросов в 2008–2012 гг., оценим изменение уровня заболеваемости населения за указанный период под воздействием экологических факторов, принимая условно численность населения России неизменной в рассматриваемый период (табл. 3.7).

Таким образом, по базовому варианту с 2008 по 2012 год прогнозируется увеличение атмосферных выбросов в размере 2,2 кг на душу населения в среднем по стране, что может привести к росту заболевших от 11,3 тыс. до 84,1 тыс. человек. Так как оптимистический вариант предполагает более высокий темп экономического роста за прогнозируемый период, и, следовательно, более существенную нагрузку на окружающую природную среду (прирост среднедушевых атмосферных выбросов составит 17,8 кг на человека в целом за рассматриваемый период), то «экологический вклад» в заболеваемость окажется более весомым – от 91,7 до 680,5 тыс. человек.

Изложенные научные результаты представляют собой первые попытки прогнозирования влияния экологических показателей на общий уровень заболеваемости. Используемый для прогноза комплекс динамических межотраслевых моделей позволяет учесть влияние структурных сдвигов в экономике России в результате мирового экономического кризиса на экологическую ситуацию и количество заболевших в России. Предлагаемый подход сочетает в себе применение преимуществ методов межотраслевого моделирования и эконометрических методов в целях анализа и прогнозирования эколого-экономических процессов.