
**НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ
ПРОБЛЕМЫ**

**ОБ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ***

© 2010 г. П.В. Дружинин

(Петрозаводск)

Предлагается подход, в рамках которого строится несколько различных типов функций, связывающих экономические показатели с экологическими. Приводятся исследование свойств функций, характеристики основных параметров, условия агрегирования и взаимосвязь параметров уравнений разного уровня. Для основных типов предложенных функций описываются расчеты по данным Карелии и России, что позволяет показать возможность применения данных функций, определить границы изменения параметров, выявить периоды, на которых параметры построенных функций стабильны.

Ключевые слова: моделирование, экология, функция, инвестиции, окружающая среда.

Важной научной проблемой является оценка воздействия экономического развития на окружающую среду и выявление закономерностей, связывающих экологические характеристики происходящих процессов с экономическими. Построенные на этих закономерностях модели должны позволять исследовать возможные пути развития территорий при стратегическом планировании и проводить их сравнительный анализ. Различные сценарии развития экономики Российской Федерации или ее регионов могут приводить к существенно различающимся экологическим последствиям, которые необходимо учитывать в качестве ограничений при принятии решений.

Для решения поставленной проблемы прежде всего необходимо разработать соответствующий инструментарий: математические модели, которые позволят исследовать взаимосвязи между экономическими и экологическими показателями, выявить существующие закономерности и методики, дающие возможность быстро сделать необходимые оценки. Требуется построить достаточно простые и удобные для анализа наблюдаемых процессов функции, которые описывают связь между экономическими и экологическими показателями, параметры которых были бы стабильны и имели понятный экономистам и экологам смысл, дополняли существующие модели и открывали новые перспективы анализа (Акимова, Хаскин, 2006; Моделирование, 2001; Рюмина, 2000; Приложение математических моделей, 1988; Proops, Safonov, 2004). Предлагаемый подход позволяет определять взаимосвязи между параметрами функций и показателями разных уровней (экономики в целом и отдельных секторов), оценивать влияние структурных сдвигов в экономике и изменения структуры инвестиций по видам, исследовать различные варианты распределения ресурсов между секторами и строить их оптимальные распределения по различным критериям.

Сложность состоит в неоднозначном влиянии развития экономики на экологические показатели в зависимости от вида деятельности и структуры инвестиций. Развитие экономики в основном ведет к количественному росту параметров, большинство инвестиционных проектов чаще отрицательно воздействует на природу, создает новые производства, увеличивает нагрузку на окружающую среду. Другие инновационные и связанные с изменением структуры экономики проекты, напротив, могут воздействовать положительно, например модернизация производства и переход к новым технологиям существенно снижают нагрузку на окружающую среду. Следует отметить, что основное влияние оказывают вложения в машины и оборудование.

Природоохранная деятельность, проекты, направленные на улучшение систем очистки, снижают вредные воздействия на природу с разной степенью эффективности, которую можно

*Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 09-06-00279а).

оценить исходя из анализа данных. В то же время часть текущих затрат и инвестиций не ведет к изменению состояния окружающей среды. Для того чтобы отразить в специальных функциях эти особенности, необходимо проанализировать на реальных данных простые функции, построенные по аналогии с производственными, и предложить новые, которые позволяли бы исследовать эколого-экономические процессы.

Идея введения специальных функций появилась при построении сценариев изменения экологической ситуации в северных регионах по различным направлениям экономической политики. Анализ данных и построение моделей для Республики Карелия, Мурманской и Архангельской областей привели к выводу о возможности построения специальных функций, аналогичных производственным, которые могут описывать эколого-экономические процессы (White Sea, 2005; Дружинин, 2007).

ДАННЫЕ

Исследование основано на информации, имеющейся в статистических сборниках по Российской Федерации и регионам (Россия в цифрах, 2008; Республика Карелия, 2008; Основные показатели, 2008). Изучаются экологические показатели, характеризующие состояние природной среды и воздействие развития экономики – выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух из стационарных источников, сбросы загрязненных сточных вод в поверхностные водоемы, забор воды из природных водных источников для промышленного использования, образование токсичных отходов и др.

Для оценки развития экономики выбираются следующие показатели – валовой внутренний продукт (ВВП) и его отраслевая структура, валовой региональный продукт (ВРП) и его структура, основные фонды и их структура, инвестиции и их структура и др. По основным показателям (ВВП, ВРП, объем инвестиций и некоторые другие) расчеты проводятся для комплексных и простых показателей. Отраслевые показатели используются в уравнениях с простыми показателями. Например, выбросы в атмосферу от автотранспорта зависят от показателей развития транспорта.

На динамику экологических показателей также влияет природоохранная деятельность, ее характер отражают следующие показатели: инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, текущие затраты на охрану окружающей природной среды и др.

Полученные данные необходимо привести к сопоставимому виду, что составляет сложную, но вполне разрешимую задачу. В ходе экономического анализа выбираются показатели, наиболее точно отражающие происходившие изменения и позволяющие строить специальные функции. Сложнее всего построить сопоставимые ряды динамики основных фондов (Воскобойников, 2004). Использовалось несколько подходов – на основе данных о вводе и ликвидации мощностей, данных об использовании производственных мощностей, введения специальных коэффициентов в годы переоценки основных фондов. Но по региональным данным результаты оказались неудачными, остаются труднообъяснимые колебания. Поэтому чаще рассматриваются кумулятивные инвестиции – сумма накопленных за 3–5 лет инвестиций, в отдельных случаях (идентификация приростных функций) используются инвестиции за один год.

Переход статистики от отраслей к видам деятельности создал определенные проблемы при построении динамических рядов в сопоставимом виде. Они решаются путем введения коэффициентов и пересчета данных по отраслям в данные по видам деятельности за 1990-е годы. Поскольку инвестиции оказывают влияние на объемы выпуска с некоторым лагом, то учет инвестиций не за один год, а за несколько предыдущих с определенными коэффициентами дает более точные результаты. В последние годы оценок лага инвестиций почти не производилось, поэтому приходится использовать оценки дореформенного периода. Например, по оценке Госстроя СССР, ввод основных фондов включал частично инвестиции четырех последовательных лет (60, 22, 11 и 7%).

Влияние одних производств на окружающую среду схоже, других значительно отличается. Поэтому в ходе анализа данных может производиться агрегирование отраслей (видов деятельности) в несколько секторов. Выделение секторов позволяет исследовать структурную поли-

тику, анализировать последствия возможных стратегических решений и получать для различных сценариев развития экономики оценки их воздействия на окружающую среду. Ключевой фактор – разное распределение инвестиций по секторам. Агрегирование может проводиться по простым или комплексным показателям в зависимости от поставленной задачи и выделения секторов.

Для анализа сценариев развития удобно выделять три сектора по степени воздействия на окружающую среду. Например, наибольшее воздействие на атмосферу оказывают следующие отрасли, которые можно объединить в первый сектор: электроэнергетика, топливная промышленность, черная и цветная металлургия и транспорт. Соответственно виды деятельности – добыча полезных ископаемых, металлургические производства, транспорт, производство и распределение электроэнергии, газа и воды, у них удельные выбросы существенно превышают средний показатель по экономике.

Во второй сектор входят следующие отрасли: химическая и нефтехимическая, строительных материалов, лесопромышленный комплекс, сельское хозяйство, пищевая, машиностроение и жилищно-коммунальное хозяйство. Соответствующие виды деятельности – химическое, целлюлозно-бумажное производство, выпуск кокса и нефтепродуктов, прочих неметаллических минеральных продуктов, продуктов питания, машиностроительное и сельское хозяйство. У них удельные выбросы ниже средних по экономике. В третий сектор входят остальные виды деятельности, прежде всего сферы услуг.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Основное достоинство предлагаемых функций загрязнения (ФЗ), связывающих экономические показатели с экологическими, состоит в том, что они позволяют исследовать динамику экологической эффективности инвестиций, анализировать влияние изменения структуры инвестиций и экономики и учесть возможность компенсации одного фактора другим. ФЗ может быть двух- или трехфакторной, строиться по частным или комплексным экологическим показателям:

$$Z(t) = F(U_1(t), U_2(t), t), \quad (1)$$

$$Z(t) = F(U_1(t), U_2(t), U_3(t), t), \quad (2)$$

где $Z(t)$ – исследуемый экологический показатель; $U_1(t)$ – фактор, отражающий развитие экономики и, как правило, отрицательно влияющий на окружающую среду (инвестиции в экономику, новое строительство, ВВП, ВРП и другие направления); $U_2(t)$ – фактор, отражающий природоохранную деятельность и положительно влияющий на окружающую среду (инвестиции в охрану окружающей среды, текущие затраты на охрану окружающей среды и др.); $U_3(t)$ – фактор, отражающий структурные изменения в экономике и, как правило, положительно влияющий на окружающую среду (инвестиции в модернизацию производства и др.).

Можно предположить, что функция F является однозначной, непрерывной и дважды дифференцируемой. Факторы положительные, увеличение затрат одного фактора обычно приводит к снижению его эффективности.

Для отражения особенностей эколого-экономических процессов вводятся понятия предельной нормы компенсации (количество одного фактора, необходимое для сохранения неизменного уровня воздействия на окружающую среду при изменении другого) и эластичности компенсации (степень сложности компенсации одного фактора другим). Данная характеристика может быть постоянной или зависеть от определенных показателей. Например, если эластичность компенсации равна нулю, то изменение одного фактора приводит к пропорциональному изменению воздействия на окружающую среду, которое не может быть компенсировано другим фактором.

Вводится понятие однородности степени γ функции F , если она удовлетворяет следующим условиям:

$$F(\lambda U_1(t), \lambda U_2(t), t) = \lambda^\gamma F(U_1(t), U_2(t), t). \quad (3)$$

Расчеты показали, что однородность существенно меньше единицы, и особый интерес представляют функции с нулевой однородностью, которые в некоторых ситуациях достаточно полно описывают реальные процессы:

$$F(\lambda U_1(t), \lambda U_2(t), t) = F(U_1(t), U_2(t), t). \quad (4)$$

Аналогично производственным функциям вводится понятие факторных эластичностей, являющихся логарифмическими производными ФЗ по факторам. Параметры ε_1 и ε_2 можно определить как эластичности загрязнения по фактору, определяющие его эффективность. Факторную эластичность характеризует степень влияния факторов: при увеличении ВРП (или иного экономического показателя) на 1% изучаемый экологический показатель возрастает на ε_1 , а при росте инвестиций на охрану окружающей среды (или иного природоохранного показателя) на 1% он изменяется на ε_2 , точнее – уменьшается, поскольку эластичность ε_2 отрицательная.

Вводится понятие нейтрального экологического прогресса p , который связан с изменением уровня загрязнения и зависит от времени или других факторов. Наибольшее влияние на нейтральный экологический прогресс оказывают структурные сдвиги. Для оценки степени их воздействия на параметры двухфакторной ФЗ построены уравнения:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= \sum_i \varepsilon_{1,i} Z_i(t)/Z(t), \quad \varepsilon_2 = \sum_i \varepsilon_{2,i} Z_i(t)/Z(t), \\ p &= \sum_i p_i Z_i(t)/Z(t) + \varepsilon_0, \\ \varepsilon_0 &= \sum_i (\varepsilon_{1,i}(I_{1,i} - I_1) + \varepsilon_{2,i}(I_{2,i} - I_2)) Z_i(t)/Z(t), \end{aligned} \quad (5)$$

где $Z(t)$ – исследуемый экологический показатель; I_1 – логарифмическая производная экономического показателя; I_2 – логарифмическая производная природоохранного показателя; t – год; i – сектор.

В ходе первого этапа исследований (White Sea, 2005; Дружинин, 2007), проводившихся по трем выделенным регионам, использовались простейшие функции:

$$Z(t) = A(t) \times U_1^\mu(t) \times U_2^{-\eta}(t). \quad (6)$$

Данная ФЗ очень удобна для расчетов – при логарифмировании она становится линейной и имеет простой экологический смысл. Часто берется $A(t) = \exp(pt)$, где p – темп нейтрального экологического прогресса, он характеризует влияние неучтенных в данной формуле факторов, в том числе и структурных сдвигов, модернизации производства, $\mu \geq 0$, $\eta \geq 0$. Параметры $\varepsilon_1 = \mu$ и $\varepsilon_2 = -\eta$ являются факторными эластичностями.

При проведении расчетов функция (6) представлялась в логарифмическом виде или строилась подобная ей в темпах прироста (7). Например, зависимость показателей, характеризующих воздействие экономики на изменение состояния окружающей среды, – темпа прироста загрязнений I_{pol} от темпа прироста ВРП I_{GRP} и темпа прироста вложений в охрану окружающей среды I_{EF} выглядит следующим образом:

$$I_{pol} = \mu I_{GRP} - \eta I_{EF} + p, \quad (7)$$

где параметры μ и η характеризуют степень влияния факторов. Наиболее проста и удобна линейная функция

$$Z(t) = B(t) \times U_1(t) + C(t) \times U_2(t) + D(t). \quad (8)$$

Основной недостаток данной функции – бесконечность компенсации, изменение одного показателя может быть легко компенсировано изменением другого, что далеко от реальности. Вторая проблема связана с частым использованием в качестве одного из факторов объема кумулятивных инвестиций. Поскольку неясен объем действующих фондов (всех и природоохранных), то вместо них принято брать сумму инвестиций за несколько последних лет. Поскольку определить период, за который должны суммироваться инвестиции, сложно, требуется проверить несколько

вариантов сумм инвестиций, обычно не более чем за 5 лет. Для решения от этой проблемы дополнительно использовалась модификация линейной функции:

$$\Delta Z(t) = B(t) \times \Delta U_1(t) + C(t) \times \Delta U_2(t) + D(t). \quad (9)$$

В данном случае рассматриваются приросты показателей, что позволяет использовать в качестве факторов объем инвестиций за год или за несколько последних лет с весами, чтобы учесть лаг строительства. Остается проблема бесконечности компенсации, а неясностью с выбытием можно пренебречь, поскольку наибольшее влияние на изменение объема загрязнений оказывают новые инвестиции, а выбытие можно примерно оценить через инвестиции предыдущих лет.

Кроме функций (3)–(9) рассматривались и более сложные, с лимитирующим фактором, которые в отдельные периоды оказывались близки к реальности:

$$Z(t) = A(t) \times \min \{a \times U_1(t), b \times U_2(t)\}. \quad (10)$$

В функции (10) изменение одного показателя не может быть компенсировано другим. Например, вложения в охрану окружающей среды неэффективны, и рост производства (или падение) происходит без изменения технологий. Второй вариант – производство увеличивается в тех видах деятельности, которые практически не влияют на окружающую среду (например, информационные технологии и образование), а инвестиции в охрану окружающей среды существенно уменьшают выбросы в наиболее загрязняющих отраслях (металлургия, производство бумаги).

Расчеты по Республике Карелия и другим регионам показали, что использование только аналогичных широко известных производственных функций не вполне оправдано. Эколого-экономические процессы характеризуются особенностями, поэтому для их описания необходимо строить специальные функции. На основе проведенных расчетов можно предположить, что факторные эластичности должны постепенно меняться, возможно, убывать. Вводятся более современные технологии, но их воздействие меньше, чем у существующих, замена систем очистки на более совершенные дает меньший эффект, чем их первая установка. Ограничения воздействия на окружающую среду становятся более жесткими, но изменения прирастают медленнее. Предлагалось несколько видов функций с меняющимися факторными эластичностями, из которых расчеты проводились по следующим:

$$Z(t) = A(t) U_1^\mu(t) U_2^{-\eta}(t) \exp(a U_1(t) / U_2(t)), \quad (11)$$

$$Z(t) = A(t) U_1^\mu(t) U_2^{-\eta}(t) \exp\left(\frac{a}{U_1(t)} + \frac{b}{U_2(t)}\right), \quad (12)$$

$$Z(t) = A(t) U_1^\mu(t) U_2^{-\eta}(t) \exp(a U_1(t) + b U_2(t)). \quad (13)$$

Факторные эластичности данных ФЗ зависят от показателей и их соотношений и могут значительно меняться. Функция (11) однородна, у функции (12) при росте показателей факторные эластичности приближаются к параметрам μ и η , у функции (13) факторные эластичности линейны по показателям. Возможны и другие варианты функций.

АНАЛИЗ ДАННЫХ

Для приближенной оценки взаимосвязи между показателями и основными параметрами ФЗ – факторными эластичностями и темпами нейтрального экологического прогресса проводился анализ данных, строились различные графики динамики экологических и экономических показателей и их соотношений. В результате были выделены периоды с потенциально отличным поведением основных характеристик исследуемого процесса, построены предположения о типе ФЗ, определены возможные ограничения на параметры ФЗ.

На рис. 1 графически отражаются данные Республики Карелия. Видны две тенденции, каждая из которых приближенно описывается линейной зависимостью. За 1991–1998 гг. при примерно 10-кратном спаде инвестиций в экономику региона выбросы в атмосферу уменьшаются на 40%, а затем при четырехкратном росте инвестиций в экономику региона, значительная часть которых пошла на модернизацию производства и переход к более современным технологиям, выбросы в атмосферу снизились еще на пятую часть – до 40% уровня 1990 г.

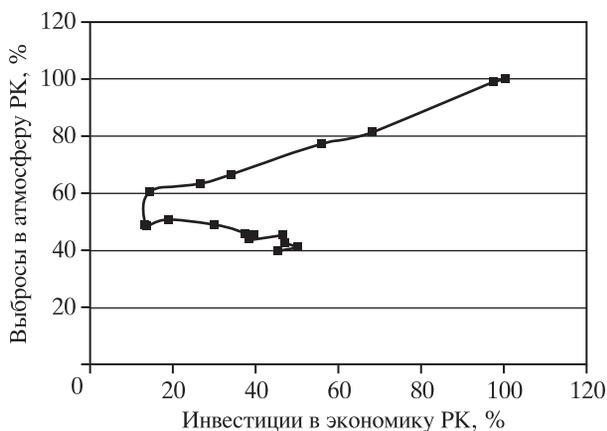


Рис. 1. Изменение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в зависимости от динамики инвестиций в основной капитал Республики Карелия (1990 г. принят за 100%)

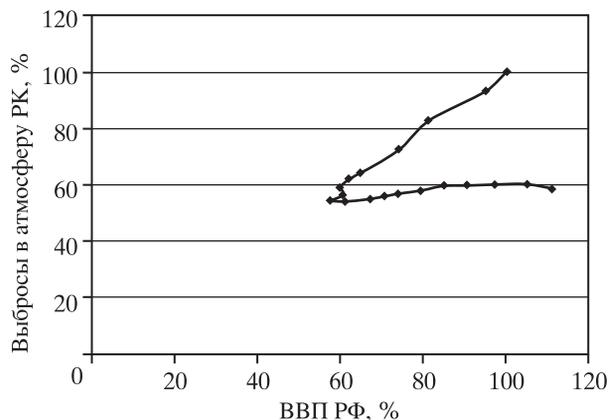


Рис. 2. Изменение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в зависимости от динамики ВВП РФ (1990 г. принят за 100%)

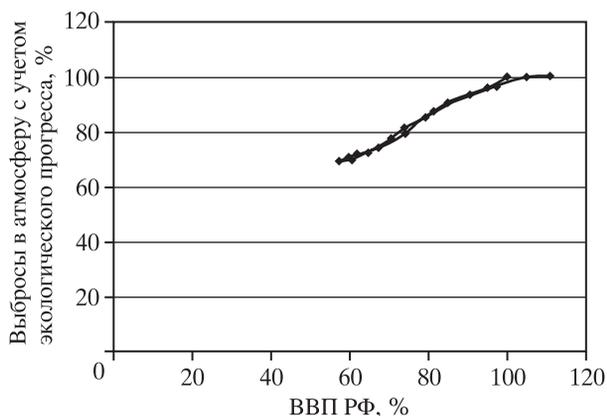


Рис. 3. Изменение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в зависимости от динамики ВВП РФ (1990 г. принят за 100%) при предположении о существовании отрицательного нейтрального экологического прогресса $p = -0.03$

Данные по Российской Федерации показывают примерно такую же зависимость. На рис. 2 приведена динамика ВВП РФ, также видно, что с конца 1990-х годов рост ВВП не вызывает значительного увеличения выбросов в атмосферу. График дает основание предполагать, что, возможно, существуют два периода с различными характеристиками.

Однако при учете зависимости от времени (нейтральный экологический прогресс не равен нулю) и второго фактора различия между периодами могут исчезнуть. Построение графика одинакового уровня загрязнений с корректировкой факторов (коэффициент определяется из соотношения уровня выбросов к 1990 г.) показывает несущественность различий в двух периодах.

На рис. 3 показано изменение зависимости выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от динамики ВВП РФ при корректировке выбросов – уменьшении на 3% в год за счет не учитываемых в данной модели факторов (скорее всего связанных с модернизацией производств). Видно совпадение двух линий, значит, можно строить ФЗ и в целом за период 1990–2007 гг.

ПОСТРОЕНИЕ ФУНКЦИЙ

Анализ данных трех выделенных регионов указал на возможность построить функции с достаточно стабильными в течение определенных периодов параметрами. Пробные расчеты по трем регионам позволили определить несколько видов ФЗ и методики идентификации их параметров. Основная проблема связана с коротким рядом данных, все виды функций можно оценивать за 1990–2007 гг., но иногда проблемы возникали при расчетах за отдельные периоды.

Далее приводятся результаты расчетов по Республике Карелия и России, в ходе которых определялось влияние изменения показателей на динамику выбросов в атмосферу. Расчеты проводились за весь период реформ, за оба выделенных периода и иногда – за вычетом начала 1990-х годов. Для Карелии использовались данные по выбросам загрязняющих веществ

в атмосферный воздух от стационарных источников, ВРП, инвестициям в основной капитал и инвестициям в основной капитал, направленным на охрану окружающей среды. Для России использовались данные по выбросам загрязняющих веществ в атмосферный воздух из стационарных источников, ВВП, инвестициям в основной капитал и инвестициям в основной капитал, направленным на охрану атмосферного воздуха.

Расчеты проводились по представленным выше функциям. Линейная ФЗ (8) с постоянными коэффициентами лишь в нескольких вариантах расчетов по Российской Федерации привела к имеющим смысл результатам. За 1990–2007 гг. при использовании в качестве первого показателя ВВП было получено $B = 0.50$ и $C = -0.06$, близкие результаты были получены и для инвестиций в основные фонды ($B = 0.60$, $C = -0.11$) при хороших статистических характеристиках. Разумные результаты оказались лишь при суммировании инвестиций за 1–3 года, использование же кумулятивных инвестиций за 5 лет привело к не имеющим смысла результатам.

При расчетах по модификации ФЗ (9) с постоянными коэффициентами имеющий смысл результат был получен лишь для ВВП за 1991–2007 гг. при хороших статистических характеристиках ($B = 0.21$ и $C = -0.11$). Если ввести зависимость свободного члена от времени, то статистические характеристики практически не меняются, но несколько меняются коэффициенты ($B = 0.19$, $C = -0.12$).

Расчеты показали, что для функций (8) и (9) ближе к российской реальности зависимость коэффициентов $C(t)$ и $B(t)$ от времени, а $D(t)$ можно считать постоянным. Это важно, поскольку, как показали расчеты по трем северным регионам, влияние изменений экономических показателей на окружающую среду в период реформ ослабевало, а природоохранная деятельность становилась более значимой. Расчеты по Российской Федерации в (9) дали похожий результат – факторная эластичность по ВВП убывает, а по природоохранным инвестициям растет:

$$\Delta Z(t) = (1.89 - 0.017t)\Delta U_1(t) + (0.011t - 1.19)\Delta U_2(t) + 0.29. \quad (14)$$

Более реальной выглядит нелинейная функция (6), у которой эластичность компенсации равна единице. Ее эколого-экономический смысл вполне ясен, но при использовании в качестве показателей инвестиций возникают проблемы. При преобразовании функции (6) к виду (7) возможно несколько вариантов формирования показателя, отражающего динамику инвестиций, но сравнение результатов расчетов показало несущественность различий.

Расчеты по Карелии проводились для двух периодов. Когда в качестве первого показателя был взят ВРП, то соответствующий параметр до 1999 г. был немного меньше единицы, а параметр, отражающий влияние вложений в охрану окружающей среды, – близок к нулю. С 1999 г. ситуация становится противоположной – первый параметр близок к нулю, а второй меняется от 0.3 до 0.2. Это означает, что до девальвации рубля и начала экономического роста воздействие экономики на окружающую среду определялось падением ВРП, а природоохранные инвестиции практически не “работали”. После девальвации рубля изменение ВРП стало слабо влиять на экологический показатель; более существенным, хотя, возможно, и не самым главным, было влияние природоохранных инвестиций. В первом периоде снижение ВРП приводило к чуть меньшему падению экологического показателя, во втором – увеличение на 1% кумулятивных инвестиций на охрану окружающей среды приводило к снижению экологического показателя на 0.2–0.3%.

Расчеты по карельским данным с использованием в качестве первого показателя инвестиций в развитие экономики подтвердили полученные ранее выводы: до девальвации рубля инвестиции в охрану окружающей среды слабо влияли на экологические характеристики. На изменение воздействия на окружающую среду больше влияла динамика инвестиций в развитие экономики. После девальвации рост инвестиций в развитие экономики если и влиял, то незначительно. Значит, возможно, в первом периоде падение инвестиций в развитие экономики на 1% приводило к уменьшению экологического показателя примерно на 0.3%, а во втором периоде – рост кумулятивных природоохранных инвестиций на 1% снижал экологический показатель примерно на 0.2%.

Расчеты по российским данным дали более высокие значения эластичности по ВВП. Для 1990–2007 гг. при инвестициях за 1 год $\mu = 0.51$ без учета нейтрального экологического прогресса и $\mu = 0.68$ – с учетом (был получен отрицательный, примерно -0.03). При кумулятивных инвестициях за 3 года с учетом нейтрального экологического прогресса результат примерно такой же – $\mu = 0.69$. При расчетах за второй период эластичность μ находится в интервале 0.21 – 0.3 в зависимости от границ периода и числа лет, за которые суммируются инвестиции. Можно сделать вывод о значительном уменьшении влияния изменения ВВП на динамику выбросов в атмосферу.

Коэффициент η оказался близок к нулю, при изменении периода расчетов и длительности лет суммирования инвестиций, наличия или отсутствия нейтрального экологического прогресса он колеблется между 0.001 и 0.04 . Нейтральный экологический прогресс отрицателен и составляет примерно -0.03 , его учет приближает параметр η к нулю.

При расчетах за первый и второй периоды были получены высокие значения коэффициентов корреляции и Фишера, как и за весь период при суммировании инвестиций за 1–3 года при учете нейтрального экологического прогресса. Расчеты при более длительном периоде суммирования инвестиций ненадежны, поскольку происходит смешение данных за два периода, а динамика показателей в этих периодах противоположна.

Изменение факторных эластичностей по периодам должно было позволить построить ФЗ с нулевой однородностью ($\mu = \eta$), но расчеты оказались неудачными – статистические характеристики оказались очень низкими. Значительное различие параметров μ и η , полученное при расчетах по функции (6), не позволяет говорить о близости их суммы к нулю.

Более сложные функции (11)–(13) дали более интересные результаты. Уравнение (11) позволяет оценить однородность и динамику факторных эластичностей. Расчеты при различных условиях показали, что однородность находится в пределах 0.1 – 0.5 . Эластичность по ВВП немного убывает и находится в пределах 0.4 – 0.6 , а эластичность по природоохранным инвестициям немного растет и находится в районе -0.1 . Введение нейтрального экологического прогресса (он составил примерно -0.026) немного сместило оценки, заметно выросла эластичность по ВВП и соответственно – однородность. Значительная разница факторных эластичностей свидетельствовала о проблематичности построения в данном случае функции с нулевой однородностью, что и подтвердили расчеты.

Расчеты по функции (12) показали, что построение однородной функции возможно, но скорее всего влияние показателей на динамику загрязнений снижается. По расчетам за 1990–2007 гг. эластичность по ВВП составляла 0.5 – 0.6 , а по природоохранным инвестициям колебалась от -0.1 до -0.2 . Но в данном случае получаются невысокие статистические характеристики, коэффициент корреляции составлял только $R = 0.57$. Введение нейтрального экологического прогресса резко улучшает статистические характеристики ($R = 0.99$, $F = 408$), и его учет ведет к росту эластичности по ВВП до 0.7 , а по природоохранным инвестициям – почти до нуля. Нейтральный экологический прогресс отрицательный и составляет примерно -0.03 , как и для функции (6). Выделение двух периодов показывает, что влияние ВВП заметно снизилось (падение эластичности примерно с 0.9 в первом периоде до 0.2 во втором), а природоохранных инвестиций выросло (изменение эластичности примерно с нуля до -0.2).

Расчеты по функции (13) показали близкие результаты. По расчетам за 1990–2007 гг. эластичность по ВВП составляла 0.53 – 0.55 , а по природоохранным инвестициям колебалась около -0.2 . В первом периоде эластичности оказались примерно такими же, как и для функции (12), а во втором влияние природоохранных инвестиций оказалась примерно вдвое выше. Статистические характеристики для всех вариантов расчетов примерно такие же, как и для функции (12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акимова Т.А., Хаскин В.В. (2006): Экономика природы и человека. М.: Экономика.
- Воскобойников И.Б. (2004): О корректировке динамики основных фондов в российской экономике // *Экономический журнал ВШЭ*. № 1.

- Дружинин П.В.** (2007): Сценарии развития и прогнозирование социально-экономических особенностей региона. В кн.: *“Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов”*. Петрозаводск: КарНЦ РАН.
- Моделирование (2001): Моделирование социоэколого-экономической системы региона / Под ред. В.И. Гурмана, Е.В. Рюминой. М.: Наука.
- Основные показатели (2008): Основные показатели охраны окружающей среды: Стат. бюллетень. М.: Росстат.
- Приложение математических моделей (1988): Приложение математических моделей к анализу эколого-экономических систем / Под ред. И.А. Башалханова, В.А. Батурина. Новосибирск: Наука.
- Республика Карелия (2008): Республика Карелия в цифрах: Стат. сб. Петрозаводск: Карелиястат.
- Россия в цифрах (2008): Россия в цифрах: Краткий стат. сб. М.: Росстат.
- Рюмина Е.В.** (2000): Анализ эколого-экономических взаимодействий. М.: Наука.
- Proops J., Safonov P.** (2004): *Modeling in Ecological Economics*. Cheltenham: Edward Elgar.
- White Sea (2005): *White Sea. Its Marine Environment and Ecosystem Dynamics Influenced by Global Change*. Chichester: Springer.

Поступила в редакцию
22.10.2009 г.

Estimation of the Influence of Economic Development on the Environment

P.V. Druzhinin

An approach is offered, in which various types of functions are constructed, shown the correlation of economic and ecological indicators. Properties of functions, characteristics of key parameters, terms of aggregation and interrelation of parameters of the equations of different level resulted. Results of calculations based on statistical data of Karelia and Russia for the main types of the proposed functions described. The authors allows to show the possibility of using these functions, define the limits of variation of the parameters, to identify the periods in which the parameters of the constructed functions are stable.

Keywords: modeling, ecology, function, investment, environment.