

ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 332.1:574, ББК 65.04

© Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т.

Оценка взаимовлияния экономических и экологических процессов*



**Павел Васильевич
ДРУЖИНИН**

доктор экономических наук, доцент, заведующий отделом проблем моделирования и прогнозирования регионального развития, Институт экономики Карельского научного центра Российской академии наук (185030, Россия, г. Петрозаводск, пр. А.Невского, 50, pdruzhinin@mail.ru)



**Галина Тимофеевна
ШКИПЕРОВА**

кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела проблем моделирования и прогнозирования регионального развития, Институт экономики Карельского научного центра Российской академии наук (185030, Россия, г. Петрозаводск, пр. А.Невского, 50, shkiperova@mail.ru)

Аннотация. Рассмотрены две проблемы: оценка влияния экономического развития на состояние окружающей среды и оценка влияния изменений климата на развитие определенных отраслей экономики. Использовались методы статистического анализа и экономико-математического моделирования. Выявлены различия в динамике и установлен характер взаимосвязи ВРП на душу населения и выбросов вредных веществ в атмосферу (включая эмиссию парниковых газов) для российских регионов. Показано, что динамика части регионов в 2000–2011 гг. соответствует экологической кривой Кузнеця. Определены факторы, влияющие на снижение антропогенного воздействия. Построены и апробированы модели, позволяющие оценить влияние изменения климатических условий на урожайность различных сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: экономический рост, экологическая кривая Кузнеця, эмиссия парниковых газов, изменение климата.

* Исследование выполняется по проекту РГНФ №12-22-18005a/Fin.

В современных условиях складываются устойчивые тенденции увеличения экологических рисков экономического развития, причем влияние носит явно выраженный двусторонний характер. Исследование проблемы изменения климата, причин и последствий глобального потепления отражено во многих отечественных и зарубежных публикациях. Независимо от разнообразия мнений можно считать вполне обоснованным влияние экономического роста на изменение климата. В свою очередь, возможные климатические изменения могут иметь различные как позитивные, так и негативные экономические, социальные и экологические последствия. В нашей стране высокие темпы экономического роста характерны, как правило, для сырьевых регионов, основу экономики которых составляют ресурсодобывающие и ресурсоемкие отрасли.

Их стремление достичь более высоких показателей экономического развития ведет к истощению природных ресурсов и увеличению антропогенного воздействия на природную среду. Поэтому в современных условиях необходимо изучать и прогнозировать взаимовлияние экономических и экологических процессов. Исследование степени влияния данных факторов на экономику регионов и путей адаптации к ним выполняется по проекту №12-22-18005а/Fin, который поддержан и финансируется РГНФ.

Наиболее важной является задача оценки и прогнозирования влияния развития экономики на окружающую среду, включая проблему эмиссии парниковых газов. Соответственно возникает и обратное воздействие, меняется климат, учащаются стихийные бедствия, что сказывается на развитии экономики, и встает задача оценки влияния изменений климата на отдельные отрасли экономики, главным образом на сельское хозяйство.

В исследованиях конца XX века в области экологической экономики и экономики природопользования была предложена перевернутая U-образная форма связи между уровнем загрязнения и валовым внутренним продуктом (ВВП) на душу населения, которая известна как экологическая кривая Кузнеця (ЭКК). Согласно выдвинутой гипотезе предполагается, что с ростом ВВП (валового регионального продукта – ВРП – для регионов) на душу населения до определенного уровня объем загрязнений на душу населения сначала растет, а затем снижается. Предполагаемое уменьшение экологической нагрузки объясняется не простым течением времени, а комплексом факторов [1, 2, 8, 12], включая изменение структуры потребления населения, эффективную экологическую политику на микро-, мезо- и макроуровне, структурные сдвиги в экономике и технологическую модернизацию производств. Согласно гипотезе экономический рост может стать решением, а не источником проблемы [13].

Основная критика и противоречивость модели ЭКК связана с возможностью переноса высокоразвитыми странами экологически грязных производств в страны с низким уровнем развития. В этом случае гипотеза ЭКК подтверждается только для развитых стран [6].

Более того, модель ЭКК может быть выгодна странам, где экономическая деятельность сопровождается загрязнением окружающей среды, так как позволяет утверждать, что при достижении определенного уровня развития экологическая ситуация начнет улучшаться. В связи с этим ряд авторов высказывают предположение, что ЭКК не может быть глобальной моделью, но может существовать на уровне отдельных стран [5, 16].

Еще одним недостатком модели ЭКК считается то, что она не учитывает крити-

ческий уровень антропогенного воздействия и возможности ассимиляционного потенциала территории. На достижение соответствующего точке перегиба на ЭКК уровня доходов может потребоваться много времени, а пик загрязнений может наступить значительно раньше. К. Тисделл [15] высказывает предположение, что в этом случае точка перегиба ЭКК вообще не будет достигнута. Улучшение качества окружающей среды возможно только в том случае, если величина негативного воздействия не превышает ассимиляционного потенциала территории.

Кроме того, многие виды загрязнений имеют свойство накапливаться в природных средах и при достижении предельных концентраций могут привести к ухудшению качества окружающей среды. В результате такого кумулятивного эффекта загрязнение будет расти даже после точки перегиба ЭКК, когда объем образования отходов снижается, но продолжает накапливаться. Это обстоятельство ставит под сомнение возможность использования ЭКК при прогнозировании для многих стран и регионов.

Эмпирические исследования ЭКК приводят к противоречивым результатам. В большинстве своем они выполнялись отдельно для хорошо известных регулируемых видов загрязняющих веществ и большая часть доказательств перевернутой U-образной взаимосвязи относится к таким загрязнителям атмосферы, как взвешенные частицы, диоксид серы и оксид углерода. Имеются также оценки выбросов парниковых газов для большинства развитых и развивающихся стран [7, 9]. Так, оценка моделей временных рядов по выбросам двуокиси углерода, диоксида серы и оксида азота отдельно для Нидерландов, Германии, Великобритании и США показала, что экономический рост положительно влияет на динамику этих загрязнителей.

Согласно модели традиционной ЭКК уровень загрязнения растет до тех пор, пока ВВП на душу населения не достигнет диапазона 5–8 тыс. долларов США, затем объем загрязнения начинает снижаться и может достичь доиндустриального уровня. Некоторые политики расценивают это как возможность выбора приоритетов – сначала экономический рост, а затем охрана окружающей среды. Следует также отметить, что положение максимума сильно варьируется. Например, в работах [11, 14] по исследованию диоксида серы получены точки перегиба ЭКК при 3,1 и 101,2 тыс. долларов в ценах 1990 г. соответственно, что можно объяснить несколькими причинами, включая использование различных наборов данных. Ряд последних эмпирических исследований, подтверждающих гипотезу ЭКК, показывает, что уровень кривой несколько снижается и смещается влево, поскольку экономический рост на ранних стадиях индустриализации сопровождается меньшим уровнем загрязнения, а точка перегиба ЭКК достигается при более низком уровне дохода [6].

Одним из объяснений отсутствия ЭКК для выбросов парниковых газов считается именно то, что они создают глобальный, а не местный эффект. Гипотеза ЭКК, как подчеркивалось выше, чаще всего подтверждается для развитых стран, а лидерами в общемировом объеме выбросов парниковых газов в последние годы становятся развивающиеся страны. Так, по данным Б.Н. Порфирьева, с 2007 г. рост мировой экономики на 45% обеспечивается странами БРИК (Бразилия, Россия, Индия и Китай), увеличивается их доля в общем объеме эмиссии парниковых газов и, соответственно, значительно возрастает их роль в решении этой проблемы [3].

Многочисленные зарубежные исследования доказывают, что уровень ВВП является не единственным фактором, влияю-

щим на изменение уровня антропогенного воздействия на окружающую среду. Среди других факторов определяющее значение имеют изменения отраслевой структуры, технологий и масштабов производства, степени открытости экономики, регулирующей роли государства в сфере охраны окружающей среды и экологических стандартов. Поэтому при исследовании эколого-экономических процессов редко используются однофакторные модели, такие, как функция Вейбулла, которые при прогнозировании не позволяют учесть влияние нескольких факторов, в частности государственного регулирования, которое, как показано в работах [6, 11], является доминирующим фактором снижения загрязнения. Страны и регионы, где экономическая политика направлена на быстрый рост доходов и занятости, могут нанести серьезный ущерб окружающей среде, если не будут вводиться в действие соответствующие экологические нормативы.

Исследования последних лет подтверждают, что определяющими являются технологические изменения. Аналитическая модель, представленная в работе [10], показывает, что именно модернизация дает эффект снижения выбросов с развитием экономики и приводит к появлению ЭКК. В Испании, например, технологические изменения полностью компенсировали рост объемов производства для выбросов диоксида серы, но для ряда других загрязнителей эффект модернизации хотя и был значительным, но гораздо меньшим, чем эффект масштаба [12]. Исследования [7] выявили, что форма зависимости загрязнений от ВРП может быть разной и определяется особенностями страны, прежде всего технологическим прогрессом, активностью структурных сдвигов и воздействием внешних шоков. Расчеты, проведенные в работе [9], привели к выводу, что для канадских регионов зависимость

загрязнений от ВРП отсутствует, но есть зависимость от численности населения и технологий, а также доли индустрии, доли экспорта, доли импорта, цены сырой нефти и других факторов.

Как было показано в работе [2], для РФ и ее регионов наиболее существенное влияние на изменение экологических показателей оказывают процесс модернизации и изменение структуры экономики, которое было значительным в большинстве российских регионов. Бурный рост сферы услуг и сокращение доли промышленности, являющейся основным загрязнителем, обеспечили значительную часть снижения нагрузки на окружающую среду в РФ и ее регионах.

Оценка влияния развития экономики на окружающую среду проводилась по функциям, в которых развитие экономики описывалось показателями, используемыми при прогнозировании, что позволяет оценивать последствия различных инвестиционных решений. Для исследования эколого-экономических процессов использовались мультипликативные функции с постоянными и меняющимися факторными эластичностями, построенные по типу производственных, иногда с учетом нейтрального экологического прогресса:

$$Z(t) = A(t) \times U_1^\mu(t) \times U_2^{-\eta}(t) \times U_3^\nu(t), \quad (1)$$

где: $Z(t)$ – исследуемый экологический показатель;

$A(t)$ – нейтральный экологический прогресс;

$U_1(t)$ – фактор, отражающий развитие экономики и, как правило, отрицательно влияющий на окружающую среду (ВВП, ВРП, инвестиции в экономику, инвестиции в новое строительство и др.);

$U_2(t)$ – фактор, отражающий природоохранную деятельность и положительно влияющий на окружающую среду (инвестиции в охрану окружающей среды и др.);

$U_3(t)$ – фактор, отражающий изменение действующих производств и, как правило, положительно влияющий на окружающую среду (инвестиции в модернизацию производства и др.);

t – год;

μ , η и ν – константы (факторные эластичности).

Влияние развития экономики на выбросы парниковых газов в РФ. Рассматривая экологическую ситуацию в России, можно отметить, что в 1990-х годах при спаде производства воздействие экономики на окружающую среду быстро снижается, в 2000-х снижение замедляется, а по некоторым показателям экологическая нагрузка несколько усиливается (рис. 1). Так, рост ВВП, начиная с 2002 г., сопровождается некоторым увеличением объемов выбросов парниковых газов.

Для приближенной оценки взаимосвязи экологических и экономических показателей целесообразно преобразовать эти графики, построив их как зависимость показателей загрязнения окружающей среды от динамики ВВП. В результате на графиках практически во всех случаях четко выделяются два периода (рис. 2).

Из рисунка 2 видно, что в 1990-х годах ВВП и выбросы парниковых газов снижались приблизительно одинаковыми темпами. В 2000-х годах объем ВВП начинает интенсивно расти, затем падает в 2008–2009 гг. и с 2010 г. снова растет. Объем выбросов парниковых газов в этот период практически повторяет колебания ВВП, но значительно более низкими темпами. В этой ситуации можно предположить, что природоохранные мероприятия, модернизация оборудования и структурные сдвиги

Рисунок 1. Динамика ВВП и показателей загрязнения окружающей среды России, % к 1990 г.

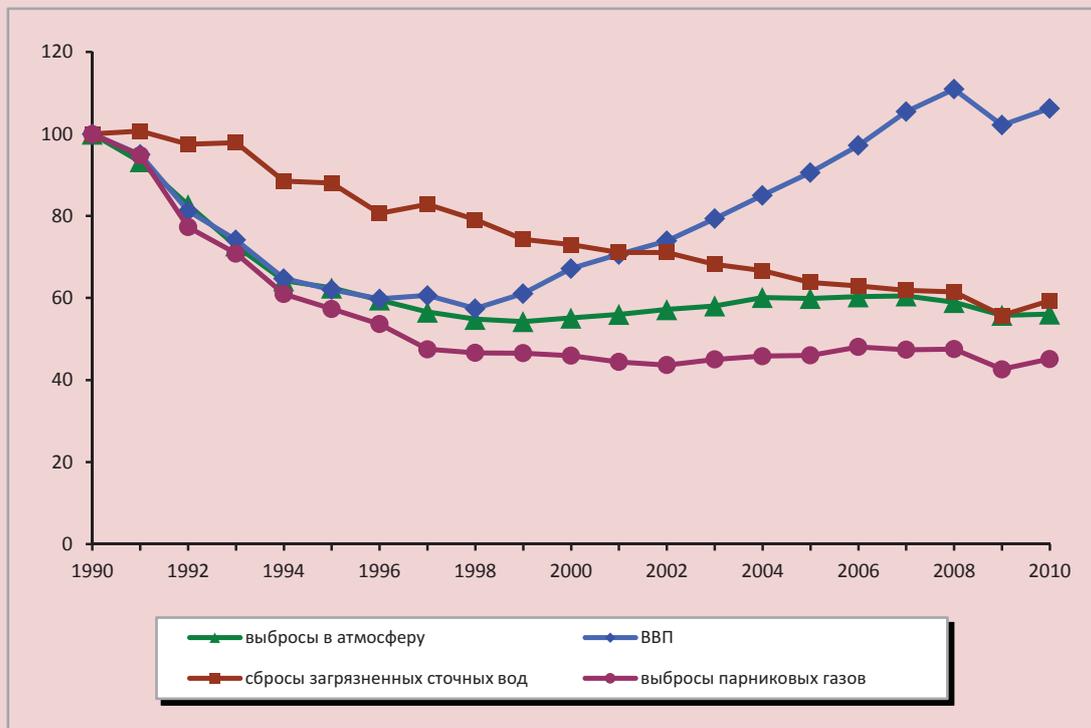
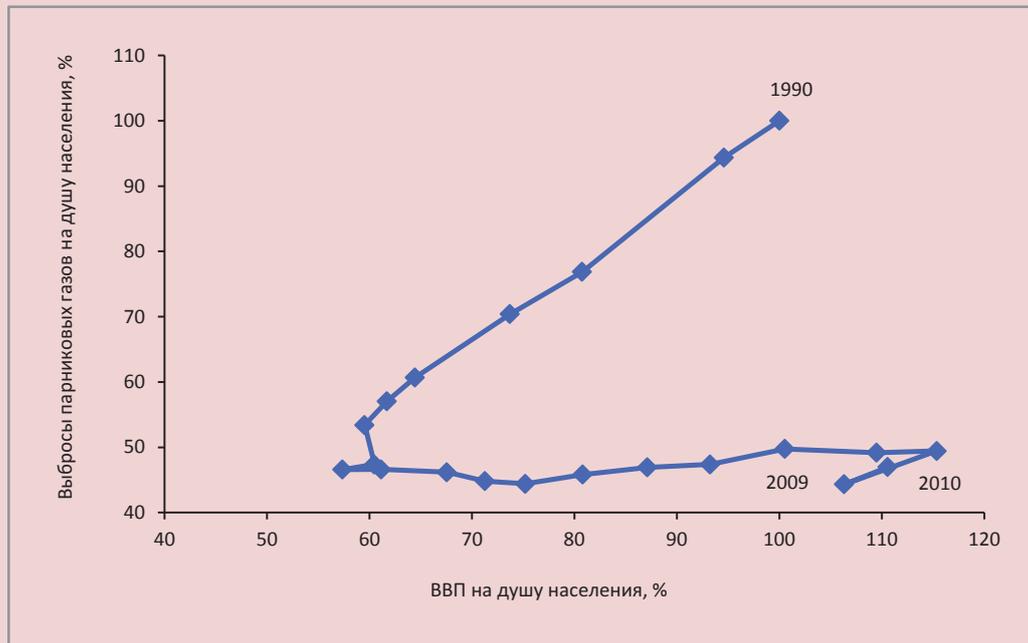


Рисунок 2. Изменение выбросов парниковых газов на душу населения в зависимости от динамики ВВП РФ на душу населения, % к 1990 г.



в экономике способствовали улучшению экологической ситуации в 2000-х годах. Но полученный график не соответствует ЭКК.

Для выявления влияния различных факторов по функциям (1) были проведены расчеты. К сожалению, информация по парниковым газам для регионов отсутствует и расчеты проводились только для РФ. Они показали, что влияние инвестиций в охрану атмосферного воздуха – незначимо. Видимо, основное положительное влияние оказывают структурные сдвиги в экономике и модернизация, которые в функции (1) учитывает нейтральный экологический прогресс (при хороших статистических характеристиках $R^2 = 0,99$, $F = 838$):

$$E(t) = e^{0,536} \times X_1^{0,766}(t) \times e^{-0,049 \times t}(t), \quad (2)$$

где: $X_1(t)$ – ВВП;

$E(t)$ – выбросы парниковых газов;

$\mu = 0,766$, $\eta = 0$.

Рост экономики увеличивал выбросы парниковых газов, но модернизация и структурные сдвиги в экономике уменьшали их на 4,9% ежегодно. В итоге получили, что в 2000-х годах темпы роста ВВП значительно опережали темпы роста парниковых газов.

Для определения влияния модернизации выполнялись расчеты по функции (1) с выделением инвестиций в модернизацию. В результате опять незначимым оказалось влияние инвестиций на охрану атмосферного воздуха и значимым – влияние модернизации (при хороших статистических характеристиках: $R^2 = 0,85$, $F = 38,2$):

$$E(t) = e^{2,6} \times X_n^{0,304}(t) \times X_m^{-0,052}(t), \quad (3)$$

где: X_n – кумулятивные инвестиции в новое строительство;

X_m – кумулятивные инвестиции в модернизацию;

$\mu = 0,304$, $\eta = 0$, $\nu = -0,052$.

В результате получили, что прирост кумулятивных инвестиций на новое строительство на 1% увеличивал выбросы на 0,3%, а прирост кумулятивных инвестиций в модернизацию на 1% уменьшал выбросы на 0,05%.

ЭКК российских регионов. В связи с тем, что в 1990-х годах практически во всех регионах России наблюдался экономический спад, сопровождавшийся снижением антропогенной нагрузки на окружающую среду, временные ряды в этот период не могут быть описаны с помощью ЭКК. Поэтому в исследовании рассматривается период 2000–2011 гг., когда в большинстве регионов России наблюдался экономический рост, оказывающий различное влияние на экологические показатели. График зависимости выбросов парниковых газов от ВВП на душу населения (рис. 2), на котором четко выделяются два периода, это наглядно показывает. В 1990-х годах при падении ВВП снижались и выбросы, а в 2000-х годах рост ВВП сопровождается некоторым увеличением эмиссии парниковых газов. Поэтому можно констатировать, что гипотеза ЭКК для выбросов парниковых газов не подтверждается и в период экономического роста 2000–2011 годов.

Анализ зависимости выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников и развития экономики позволяет выделить четыре основные формы связи: рост экономики сопровождается увеличением объема выбросов (прямая линейная); рост экономики ведет к снижению выбросов (обратная линейная); U-образная или N-образная форма связи; перевернутая U-образная форма связи (ЭКК).

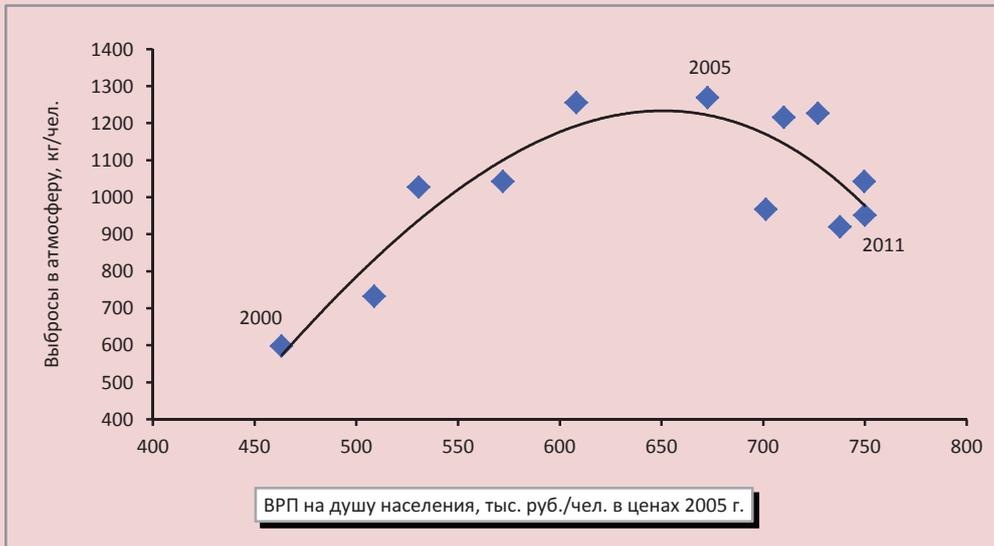
О соответствии гипотезе ЭКК по выбросам в атмосферу от стационарных источников можно говорить лишь для 19 регионов РФ. Классический вид ЭКК имеет для

Тюменской, Оренбургской, Челябинской, Ленинградской, Новгородской, Саратовской областей, Камчатского, Пермского и Хабаровского краев, а также Чукотского округа, Республики Алтай и Удмуртской Республики. Положение максимума для этих регионов наблюдается в период 2003–2005 гг. при достижении среднедушевого ВРП свыше 100 тыс. руб., или 8–12 тыс. долларов США по паритету покупательной способности (ППС). Для Республики Алтай и Удмуртской Республики точка перегиба достигается при более низком уровне дохода – 45,3 и 84,6 тыс. руб. соответственно. Самые высокие показатели характерны для Тюменской области, где рост экономики сопровождался до 2005 г. интенсивным ростом выбросов в атмосферу, а в 2006–2011 гг. уровень загрязнения снизился на 25% при увеличении ВРП на душу населения за этот период на 12%. Точка перегиба соответствует 672 тыс. руб./чел. (42,5 тыс. долларов США/чел. по ППС) и 1268,7 кг/чел. выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (рис. 3).

Предварительный анализ графиков по регионам России за один год («кросс-секшн») показывает, что связь между ростом экономики и загрязнением весьма неоднозначна. Положение максимума для каждого региона индивидуально, а для большинства, вероятно, еще не достигнуто. Состав групп регионов в 2000 и 2010 гг. несколько изменился: дифференциация по экологическому показателю увеличилась, а по уровню доходов несколько снизилась [4]. Статистический анализ подтверждает эти данные: коэффициент вариации по выбросам в атмосферу увеличился с 1,25 в 2000 г. до 1,31 в 2010 г., а по ВРП на душу населения снизился с 0,81 до 0,79.

Таким образом, тренд, рассчитываемый для более позднего периода времени при более высоких уровнях развития экономики, свидетельствует о том, что регионы

Рисунок 3. Изменение выбросов в атмосферу от стационарных источников на душу населения Тюменской области в 2000–2011 гг. в зависимости от роста ВРП на душу населения



проходят одну и ту же стадию развития при более высоких уровнях дифференциации по экологическому показателю. Соответственно, положение максимума на ЭКК смещается вверх и вправо.

Изменение климата и региональная экономика. Проблема глобального изменения климата наиболее актуальна для такой отрасли экономики, как сельское хозяйство. Исследования регионов США и Канады показали, что в более северных регионах возможен рост урожайности за счет улучшения климатических условий и смены культур на более урожайные и требовательные к теплу, в то же время в южных регионах условия могут ухудшаться. Исследование влияния происходящих сейчас климатических изменений проведено на примере сельского хозяйства отдельных регионов РФ. Построены модели, позволяющие выявить влияние различных факторов, прежде всего температуры и осадков, на урожайность различных сельскохозяйственных культур. Проведены расчеты на данных отдельных регионов Северо-Запада России.

Для оценки данного влияния строится системное описание происходящих процессов, изучаются особенности развития регионов, выделяются и описываются основные факторы, определяющие изменение показателей сельского хозяйства, прежде всего урожайности, собираются и анализируются данные по факторам и урожайности, строятся графики показателей, позволяющие выявить существующие зависимости.

Для оценки влияния климатических изменений на сельское хозяйство в данной работе использовались модели, основу которых составляют регрессионные уравнения, где урожайность по регионам рассматривается в зависимости от выделенных факторов: климатических, агротехнических, состояния почвы, социально-экономических характеристик, уровня менеджмента, технологического уровня и особенностей конкретной культуры. Уравнения урожайности по регионам строились по временным рядам для одного региона, «кросс-секшн» по регионам за один год и панельным данным.

Для регионов расчеты проводились по линейной и мультипликативной функциям:

$$Y(t) = A \times t + B + C \times T^2(t) + D \times T(t) + E \times R^2(t) + F \times R(t) + G \times M(t) + H \times X(t) \quad (4)$$

$$Y(t) = A(t) \times (T_0^2 - T^2(t))^\mu \times (R_0^2 - R^2(t))^\eta \times M^\nu(t) \times X^\sigma(t) \quad (5)$$

где: T_0 – оптимальная температура,

T – отклонение от оптимальной температуры,

R_0 – оптимальное количество осадков,

R – отклонение от оптимального количества осадков,

M – объем внесенных удобрений относительно 1990 г.,

X – социально-экономические и прочие характеристики.

Параметры $\varepsilon_1 = \mu$, $\varepsilon_2 = \eta$, $\varepsilon_3 = \nu$ и $\varepsilon_4 = \sigma$ являются факторными эластичностями. Они показывают, на сколько процентов изменится урожайность, если соответствующий фактор вырастет на 1%. В первом случае оптимальные параметры определяются в ходе расчетов, во втором – в ходе предварительного анализа графиков и консультаций с экспертами.

В качестве климатических характеристик рассматриваются средняя температура, сумма активных температур и суммарные осадки за разные периоды (за год, за сезон, между уборками урожая, от посева до уборки, за июнь, за июль и за третью декаду июня). Поскольку временные ряды короткие и количество факторов должно быть минимальным, то можно использовать гидротермический коэффициент за разные периоды, на практике наилучшая связь с урожайностью при рассмотрении периода от посева до уборки.

Агротехнические показатели – внесение минеральных и органических удобрений на гектар посевов. Социально-экономические показатели позволяют учитывать состояние сельского хозяйства региона (объем и динамика инвестиций в сельское хозяйство), уровень развития экономики регионов, динамику развития экономики регионов (ВРП в сопоставимых ценах) и некоторые другие особенности. Проблемой является учет почвенных характеристик для региона; почвенно-экологический индекс и другие показатели рассчитываются по локальным территориям и средний по региону построить сложно. Пока не исследовалось также влияние изменения амплитуды колебаний температуры. Часть информации была получена из статистических справочников ФСГС и данных различных ведомств. Кроме того, для расчетов использовалась информация, собранная институтами РАН.

Ожидалось, что в России по аналогии с результатами, полученными для американских регионов, выигрыш должны получить центральные и северные регионы, в частности регионы Северо-Западного федерального округа. Проверка данной гипотезы показала, что для отдельных культур (зерновые) выигрыш незначителен и он намного меньше, чем потери южных регионов по данным культурам. Для других культур потепление ведет к некоторому росту урожайности в пределах 5–10%.

Заключение. Анализ временных рядов свидетельствует о том, что гипотеза ЭКК по выбросам парниковых газов и вредных веществ, отходящих от стационарных источников, для большинства регионов России не подтверждается. Очевидно, что значительная часть регионов по основным показателям экологической нагрузки находится еще далеко от положения максимума на ЭКК и потенциальный экономический рост может сопровождаться усилением деградации окружающей среды.

В рамках модели ЭКК можно утверждать, что с увеличением ВРП уровень загрязнения уменьшается для регионов с высоким уровнем развития и растет для низкоэффективных регионов. Этот вывод по регионам России совпадает с результатами мировых исследований. Однако если в зарубежных исследованиях доказано, что в последние годы для большинства развитых и развивающихся стран уровень ЭКК несколько снижается и смещается влево, то для регионов России наблюдается прямо противоположная картина. Экономический рост сопровождается более высоким уровнем загрязнения, а точка перегиба достигается при более высоком уровне ВРП. Соответственно, уровень кривой для регионов России несколько повышается и смещается вправо.

На основе проведенных расчетов можно сказать, что при продолжении потепления автоматического роста сельскохозяйственного производства не произойдет, но

ожидаемое потепление создаст потенциал для роста, для использования которого потребуются определенные усилия, прежде всего необходимо увеличение финансирования сельскохозяйственной науки. Рост урожайности за счет потепления при сохранении традиционных культур будет незначителен – не превысит 10%. Заметно больший эффект дадут повышение уровня менеджмента и переход к более современным технологиям. Оказать положительное влияние может также изменение структуры посевных площадей, переход к позднеспелым и более урожайным сортам и к новым, более теплолюбивым культурам, что требует уже сейчас увеличения вложений в сельскохозяйственную науку. Для того чтобы использовать открывающиеся возможности и минимизировать ожидаемые потери, необходима адаптация регионов к ожидаемым климатическим изменениям и ориентация сельскохозяйственной науки на адаптационные проекты.

Литература

1. Бобылев, С.Н. Взаимосвязь между уровнем благосостояния и устойчивым развитием. Кривая Кузнеца / С.Н. Бобылев // Социально-экономический потенциал устойчивого развития / под. ред. Л. Хенса и Л. Мельника. – Сумы: ИТД «Университетская книга», 2007. – С. 134-159.
2. Дружинин, П.В. Влияние развития экономики на окружающую среду: моделирование и анализ расчетов / П.В. Дружинин, Г.Т. Шкиперова, М.В. Морощкина. – Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2010. – 119 с.
3. Порфирьев, Б.Н. Природа и экономика: риски взаимодействия / Б.Н. Порфирьев. – М.: Анкид, 2011. – 352 с.
4. Шкиперова, Г.Т. Экологическая кривая Кузнеца как инструмент исследования регионального развития / Г.Т. Шкиперова // Экономический анализ: теория и практика. – 2013. – №19. – С. 8-16.
5. Cole, M. Re-examining the pollution-income relationship: a random coefficients approach / M. Cole [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://economicsbulletin.vanderbilt.edu/2005/volume14/EB-05N50001A.pdf>.
6. Dasgupta, S. Confronting the Environmental Kuznets Curve / S. Dasgupta, B. Laplante, H. Wang, D. Wheeler // Journal of Economic Perspectives. – 2002. – Vol. 16(1). – P. 147-168.
7. Fried, B. Determinants of CO₂ emissions in a small open economy / B. Fried, M. Getzner // Ecological Economics. – 2003. – Vol. 45. – P. 133-148.
8. Grossman, G. Economic growth and the environment / G. Grossman, A. Krueger // The Quarterly Journal of Economics. – 1995. – Vol. 110. – P. 353-377.
9. Lantz, V. Assessing income, population, and technology impacts on CO₂ emissions in Canada: where's the EKC? / V. Lantz, Q. Feng // Ecological Economics. – 2006. – Vol. 57. – P. 229-238.

10. Müller-Fürstenberger, G. Exploring the environmental Kuznets hypothesis: Theoretical and econometric problems / G. Müller-Fürstenberger, M. Wagner // *Ecological Economics*. – 2007. – Vol. 62. – P. 648-660.
11. Panayotou, T. Economic Growth and the environment [Электронный ресурс] / Т. Panayotou. – Режим доступа: <http://www.cid.harvard.edu/cidwp/pdf/056.pdf>.
12. Roca, J. Income growth and atmospheric pollution in Spain: An input-output approach / J. Roca, M. Serrano // *Ecological Economics*. – 2007. – Vol. 63. – P. 230-242.
13. Rothman, D. Probing into the environmental Kuznets curve hypothesis / D. Rothman, S. Bruyn // *Ecological Economics*. – 1998. – Vol. 25. – P. 143-145.
14. Stern, D. Is there an environmental Kuznets curve for sulfur? / D. Stern, M. Common // *Journal of Environmental Economics and Management*. – 2001. – Vol. 41. – P. 162-178.
15. Tisdell, C. Globalisation and sustainability: environmental Kuznets curve and the WTO / C. Tisdell // *Ecological Economics*. – 2001. – Vol. 39. – P. 185-196.
16. Vincent, J. Testing for Environmental Kuznets Curves within a developing country / J. Vincent // *Environment and Developmental Economics*. – 1997. – Vol. 2. – P. 417-433.

Druzhinin P.V., Shkiperova G.T.

Assessment of mutual influence of economic and ecological processes

Pavel Vasil'evich Druzhinin – Doctor of Economics, Associate Professor, Head of the Department for the Issues of Regional Development Modeling and Forecast, the Institute of Economics of Karelian Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (50, Alexander Nevsky Avenue, Petrozavodsk, 185030, Russia, pdruzhinin@mail.ru).

Galina Timofeevna Shkiperova – Ph.D. in Economics, Associate Professor, Senior Research Associate, the Department for the Issues of Regional Development Modeling and Forecast, the Institute of Economics of Karelian Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (50, Alexander Nevsky Avenue, Petrozavodsk, 185030, Russia, shkiperova@mail.ru).

Abstract. The article considers two issues: the assessment of the influence of economic development on the environment and the assessment of the impact of climate change on the development of certain economic sectors. The authors used methods of statistical analysis and economic-mathematical modeling. The article reveals differences in the dynamics and defines the nature of the relationship between GRP per capita and emissions of harmful substances into the atmosphere (including greenhouse gases) for Russia's regions. It is shown that the dynamics in some regions in 2000–2011 corresponds to the environmental Kuznets curve. The factors that affect the reduction of anthropogenic impact were determined. Several models for estimating the impact of changes in climatic conditions on the productivity of various crops were designed and tested.

Key words: economic growth, environmental Kuznets curve, greenhouse gas emissions, climate change.

References

1. Bobylev S.N. Vzaimosvyaz' mezhdru urovnem blagosostoyaniya i ustoychivym razvitiem. Krivaya Kuznetsa [The Relationship between Welfare and Sustainable Development. Kuznets Curve]. *Sotsial'no-ekonomicheskii potentsial ustoychivogo razvitiya* [Socio-Economic Potential of Sustainable Development]. Ed. by L. Khens and L. Mel'nik. Sumy: Universitetskaya kniga Publ., 2007. Pp. 134-159.
2. Druzhinin P.V., Shkiperova G.T., Moroshkina M.V. *Vliyanie razvitiya ekonomiki na okruzhayushchuyu sredu: modelirovanie i analiz raschetov* [Influence of the Development of the Economy on the Environment: Modeling and Analysis of Calculations]. Petrozavodsk: KarNTs RAN Publ., 2010. 119 p.

3. Porfir'ev B.N. *Priroda i ekonomika: riski vzaimodeystviya* [Nature and Economy: Interaction Risks]. Moscow: Ankid, 2011. 352 p.
4. Shkiperova G.T. *Ekologicheskaya krivaya Kuznetsa kak instrument issledovaniya regional'nogo razvitiya* [Environmental Kuznets Curve as Tool of Regional Development Studies]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika* [The Economic Analysis: Theory and Practice], 2013, no. 19, pp. 8-16.
5. Cole M. *Re-Examining the Pollution-Income Relationship: a Random Coefficients Approach*. Available at: <http://economicsbulletin.vanderbilt.edu/2005/volume14/EB-05N50001A.pdf>.
6. Dasgupta S., Laplante B., Wang H., Wheeler D. Confronting the Environmental Kuznets Curve. *Journal of Economic Perspectives*, 2002, Vol. 16 (1), pp. 147-168.
7. Fried B., Getzner M. Determinants of CO₂ Emissions in a Small Open Economy. *Ecological Economics*, 2003, Vol. 45, pp. 133-148.
8. Grossman G., Krueger A. Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 1995, Vol. 110, pp. 353-377.
9. Lantz V., Feng Q. Assessing Income, Population, and Technology Impacts on CO₂ Emissions in Canada: Where's the EKC? *Ecological Economics*, 2006, Vol. 57, pp. 229-238.
10. Müller-Fürstenberger G., Wagner M. Exploring the Environmental Kuznets Hypothesis: Theoretical and Econometric Problems. *Ecological Economics*, 2007, Vol. 62, pp. 648-660.
11. Panayotou T. *Economic Growth and the Environment*. Available at: <http://www.cid.harvard.edu/cidwp/pdf/056.pdf>.
12. Roca J., Serrano M. Income Growth and Atmospheric Pollution in Spain: An Input-Output Approach. *Ecological Economics*, 2007, Vol. 63, pp. 230-242.
13. Rothman D., Bruyn S. Probing into the Environmental Kuznets Curve Hypothesis. *Ecological Economics*, 1998, Vol. 25, pp. 143-145.
14. Stern D., Common M. Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur? *Journal of Environmental Economics and Management*, 2001, Vol. 41, pp. 162-178.
15. Tisdell C. Globalisation and Sustainability: Environmental Kuznets Curve and the WTO. *Ecological Economics*, 2001, Vol. 39, pp. 185-196.
16. Vincent J. Testing for Environmental Kuznets Curves within a Developing Country. *Environment and Development Economics*, 1997, Vol. 2, pp. 417-433.