

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА И УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В УКРАИНЕ

Л.Г. Мельник,

доктор экономических наук, профессор кафедры экономики Сумского государственного университета (Украина),

А.В. Кубатко,

ассистент кафедры экономики СумГУ

Современное состояние окружающей среды вызывает тревогу не только среди ученых, но и среди широкого круга общественности. Отечественные и западные экономисты пытаются проследить взаимосвязь экономического роста и загрязнения окружающей среды. В теоретической экономике существуют два конкурирующих подхода относительно природы этих связей: согласно первому, экономический рост отрицательно влияет на окружающую среду из-за неэффективного использования ресурсов; согласно второму, технологический прогресс и экономический рост улучшают экологическую ситуацию [1]. Учитывая приведенные аргументы, в данной работе будут исследованы связи между экономическим ростом и уровнем загрязнения воздушного бассейна (выступает в качестве частного показателя состояния природной среды) на примере Украины.

В последнее время на Западе все большую популярность приобретает научная гипотеза под названием «экологическая кривая Кузнеця» (ЭКК), названную в честь американского экономиста и Нобелевского лауреата Саймона Кузнеця (родившегося и получившего образование в Харькове, Украина). Смысл гипотезы, которую на основе анализа статистических данных обосновали ученые, в том, что зависимость уровня загрязнения среды от уровня национального дохода на душу населения имеет форму перевернутой U-образной кривой. Подобные результаты получил С. Кузнец, анализируя зависимость между неравенством распределения доходов в обществе (рассчитывается на основе коэффициента Джинни, или кван-

тильных коэффициентов) и доходом на душу населения.

Исследуем характер взаимосвязей экономических процессов в Украине и качества окружающей природной среды.

Взаимосвязь экономических процессов и качества окружающей среды

Модели «доходы-загрязнение» для атмосферного воздуха начали стремительно развиваться с 90-х годов прошлого века, когда значения концентраций вредных веществ в воздухе стали интересовать людей едва ли не больше, чем их доходы. Как правило, зависимости уровня загрязнения строятся на учете показателей именно атмосферного загрязнения. Хотя предполагается, что состояние атмосферы в значительной мере отражает общее состояние всей природной среды, тем не менее не следует забывать, что вне поля зрения остаются другие процессы воздействия на природную среду (загрязнения воды, почв и др.). Указанный недостаток неполноты картины воздействия на природные системы в значительной степени компенсируется возможностью получить большой объем статистических данных.

Западными учеными Гросманом и Крюгером впервые была смоделирована зависимость между доходами и загрязнением. Полученные результаты показали, что в странах с низким уровнем ВВП на душу населения концентрации вредных веществ увеличиваются по мере экономического роста, однако после достижения определенного уровня доходов (разный для разного типа загрязнителей) концентрации начинают сни-

жаться [1; 2]. Гросман и Крюгер оценили критические точки дохода на душу населения (значения уровня жизни людей, при котором загрязнение начинает снижаться) и пришли к выводу, что они находятся в промежутке между 4772 и 5965 долл. США (в реальных ценах 1995 г.).

В исследованиях по ЭКК измерение качества среды осуществляется как посредством оценки концентраций вредных веществ, так и при помощи величины выбросов в атмосферу. Концентрация измеряется в миллиграммах на кубический метр, а выбросы – в килограммах или тоннах на душу населения.

Кроме двух основных переменных (в частности, концентрации вредных веществ и доходов на душу населения), в модели анализируются и другие факторы, которые могут оказывать влияние на общую картину (например, количество атмосферных осадков, количество дней с сильными и слабыми ветрами, количество дней с туманом и среднегодовая температура). Согласно методологии украинской Центральной геофизической обсерватории, погодные условия могут оказывать сильное влияние на концентрации вредных веществ в воздухе. Например, сильные ветра снижают концентрации вредных веществ в воздухе, поэтому в городах с большим количеством ветреных дней, при прочих равных условиях, воздух обычно намного чище. В туманные дни частички загрязнения задерживаются в атмосфере и не могут упасть на землю, поэтому вместе с каплями воды, которые находятся в воздухе во время тумана, остаются и загрязнители. Атмосферные осадки очищают воздух, и, как результат, концентрации вредных веществ в те дни ниже. Дождь или снег, проходя через нижние слои атмосферы, связывают часть загрязнителей и под действием силы тяжести опускают их на землю.

Учет погодных условий в модели позволяет сформулировать так называемый «вектор климатических переменных» (ВКП) и исследовать, как ВКП влияет на загрязнение. В случае игнорирования метеорологических факторов достоверность результатов расчетов по модели «доходы–загрязнение» может значительно снизиться. Во-первых, неучтенные данные о погодных условиях могут привести к ошибкам в измерении кон-

центраций. Вследствие этого увеличивается вероятность возникновения стандартных ошибок измерения, что, в свою очередь, приведет к более широким интервалам надежности. Во-вторых, может возникнуть ошибка упущенной переменной при условии, что климатические переменные коррелируют (существует причинно-следственная связь) с переменной «доходы».

Основным теоретическим предположением рассматриваемой гипотезы (экологической кривой Кузнецца) является то, что с увеличением уровня доходов предпочтения населения изменяются в сторону большей заботы о своем здоровье и природоохранной деятельности. Дополнительными аргументами для построения модели «доходы–загрязнение» выступают следующие экономические допущения:

1) с ростом дохода предельная (маржинальная) склонность к потреблению должна уменьшаться или хотя бы оставаться постоянной, т. е. происходит насыщение потребительского спроса;

2) предельное неудовлетворение загрязнением природной среды должно увеличиваться;

3) предельные экономические издержки загрязнения должны расти.

Главная модель, которая была использована в нашем исследовании, имеет следующий вид:

$$P_{it} = \beta_0 + \beta_1 Y_{it} + \beta_2 Y_{it}^2 + \beta_3 T_{it} + \beta_4 W_{it} + \beta_5 R_{it} + \beta_6 S_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (1)$$

где P_{it} – концентрации загрязнителей (SO_2 , NO_2 , CO_2 , пыль) и ИЗА (индекс загрязнения атмосферы) в i -м городе в t -м году;

Y – доход на душу населения в каждом i -м городе по годам;

T – среднегодовая температура в каждом i -м городе;

W – процент дней в году с сильным ветром в каждом городе по годам;

R – процент дней в году, когда в городах наблюдались осадки;

S – процент дней в году с туманом;

ε_{it} – стандартные ошибки регрессии;

β_j ($j = \overline{0,7}$) – соответственно коэффициенты, показывающие влияние отдельных факторов (доходы, метеофакторы и др.) на

концентрации загрязнителей в воздухе. К примеру, при увеличении количества дней с дождем на 1% в год в среднем концентрации загрязнителей должны измениться на β_6 миллиграмм на 1 метр кубический (этот коэффициент в модели 1 отвечает за осадки).

Статистические данные, которые использовались при моделировании, представлены тремя разделами: «Доходы», «Метеорология», «Загрязнение». Подраздел «Доходы» представлен доходами на душу населения для 50 больших городов Украины за последние 9 лет. Подраздел «Метеорология» представлен такими данными, как количество дней в году, когда наблюдались туман, осадки, ветер, а также среднегодовая температура по городам. Основываясь на этих показателях, был построен вектор климатических переменных, который включает процентное соотношение количества дней в году с туманом, осадками, ветром и среднегодовую температуру. Все измерения проводились на уровне городов, т. е. для каждого конкретного города наблюдались свои значения доходов на душу населения, концентрации загрязнителей и метеорологические факторы. Таким образом, итоговые расчеты включают статистические данные с 1998 по 2006 г., что обеспечивает нам 450 наблюдений относительно каждого показателя на местном уровне.

Моделирование экономического развития Украины с учетом экологической составляющей

С целью определения направления корреляции между доходами и загрязнением для начала оценивают линейные регрессии. Корреляция между зависимой и независимой переменными может быть как положительной, так и отрицательной. Положительная корреляция показывает, что с увеличением (уменьшением) независимой переменной происходит соответствующее увеличение (уменьшение) зависимой переменной, т. е. изменения идут в одном направлении. Отрицательная корреляция показывает, что с изменением (уменьшением или увеличением) независимой переменной происходит обратное изменение (увеличение или уменьшение) зависимой переменной.

Моделирование линейных зависимостей «доходы-загрязнение» оценивается без учета

квадрата доходов на душу населения или при допущении, что показатель β_2 в модели (1) равен нулю. Подобный анализ провели де Грот Н. и др. [4] – они оценили гипотезу кривой Кузнеця для Китая и не нашли подтверждения ЭКК для этой страны, но линейная спецификация зависимостей между доходами и загрязнением показала их отрицательную корреляцию: с увеличением доходов на душу населения происходит уменьшение концентрации загрязнителей в воздухе.

В нашем исследовании для Украины наблюдается негативная и значимая корреляция между доходами на душу населения и загрязнением для таких загрязнителей, как NO_2 , SO_2 и ИЗА. Взаимосвязь доходов на душу населения и таких загрязнителей, как углекислый газ и пыль, оказалась положительной и значимой в 99% интервале надежности. Исследования показали влияние и других факторов. Например, ветер влияет негативно, хотя эконометрически эта оценка является не надежной. Результаты, полученные для углекислого газа, оказались в строгом соответствии с теорией [3; 5]. То есть концентрация CO_2 увеличивается вместе с ростом доходов на душу населения. На рис. 1. представлены линейные тренды зависимостей «доходы-загрязнение» в Украине. Мы видим направление изменений качества воздушного бассейна с увеличением доходов населения. Более правильные результаты зависимостей «доходы-загрязнения» могут быть получены при нелинейном моделировании, что и представляет собой ЭКК. По сути, ЭКК – это куполообразная зависимость (перевернутая парабола) между загрязнениями и доходами, которая наблюдается в квадратичной функции при определенных коэффициентах. Например, в $ax^2 + bx + c$ коэффициент a должен быть отрицательным, соответственно в регрессионной модели (1) показатель β_2 также должен быть отрицательным

На шкале двух графиков по горизонтальной оси представлен доход на душу населения среди 50 городов Украины в 2006 г. (доходы приведены в реальных ценах 1998 г.). За максимальное значение доходов принято значение, зафиксированное в 2006 г. в Киеве, когда реальные доходы на душу населе-

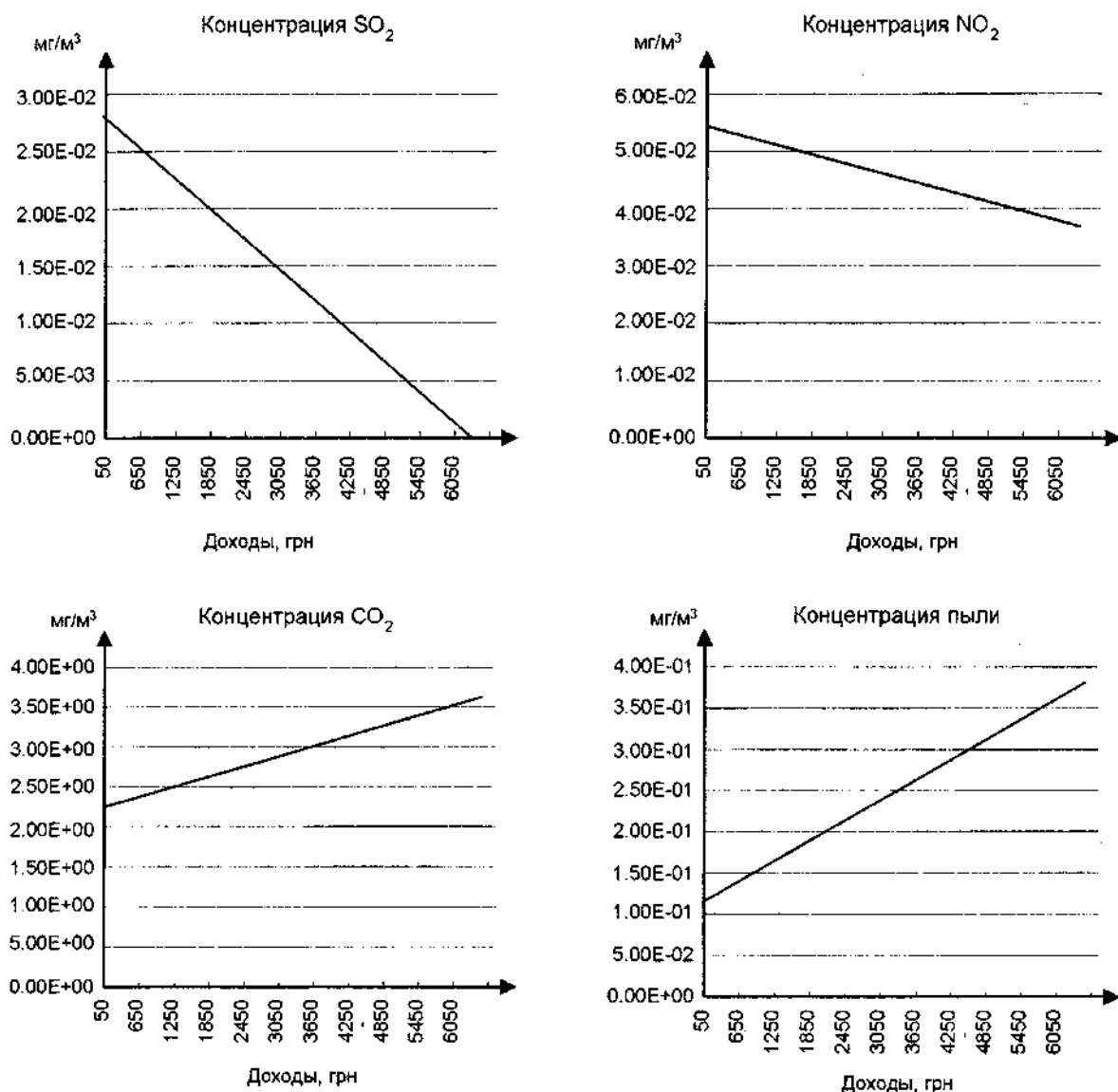


Рис. 1. Линейные взаимосвязи концентрации загрязнителей и доходов на душу населения.

Источник. Построено на основе данных Центральной геофизической обсерватории и статистических сборников Украины.

ния составили 6200 грн, или около 1500 долл. США. В других городах значения реальных доходов на душу населения были намного ниже, но значение 6200 грн выбрано для определения интервала доходов, при котором результаты измененной модели будут достоверны. То есть логически будет неверно делать прогнозы о том, что случится с концентрациями загрязнителей, выходя далеко за рамки фактически существующих значений дохода. К примеру, прогноз о том, а что же произойдет с качеством воздуха при значениях дохода в 10 000 долл. США, будет недостоверным, поскольку доходы на душу населения в большинстве городов в реальных

ценах еще не достигли и 2000 долл. США, соответственно очень трудно прогнозировать, что же случится с качеством окружающей среды при увеличении реальных доходов в пять раз.

Если посмотреть на график для SO₂ (см. рис. 1), то в ближайшем будущем, когда все другие города достигнут такого же уровня дохода, как Киев в 2006 г., концентрация SO₂ должна уменьшиться до нуля. Но, согласно экономической теории, линейно смоделированная экологическая кривая Кузнецца может быть неверно специфицирована.

В табл. 1 приводятся результаты эконометрического моделирования состояния

окружающей среды с допущениями о куполообразной форме зависимости между доходами и загрязнениями. Отрицательная и значимая оценка «доход²» отвечает за куполообразную форму зависимостей (перевернутая парабола). Загрязнение, которое представлено концентрацией SO₂ по 50 городам Украины, подтверждает гипотезу перевернутой U-образной связи с 99% интервалом надежности, поскольку переменные «доход» и «доход²» оказались статистически достоверными. Аналогично, концентрации NO₂ также подтверждают гипотезу ЭКК при 90% интервале надежности. Полученные результаты для других загрязнителей (CO₂ и пыль) показывают рост (значения возле доход² – положительные, т. е. обычная парабола), но коэффициенты являются статистически не значимыми.

Если принять во внимание временные фиктивные переменные, то некоторые исследователи включают их, а некоторые нет. Большинство исследователей все-таки сходятся во мнении, что логически будет более верно включать временные фиктивные переменные, потому что они охватывают специфические изменения, характерные для каждого года,

по всей территории страны. Использование фиктивных переменных для временной компоненты модели позволяет контролировать влияние невключенных параметров, которые оказывают одинаковое воздействие на все регионы Украины.

Полученные результаты по индексу загрязнения атмосферы (ИЗА) также демонстрируют куполообразную форму (перевернутую парабола) зависимостей между доходами и загрязнением. Расчет ИЗА был проведен с помощью «анализа принципиальной компоненты» (АПК), когда несколько десятков загрязнителей включается в один агрегированный индекс. Индекс загрязнения атмосферы – это специфическая переменная, которая не является среднеарифметической или среднегеометрической взвешенной. Каждый загрязнитель привносит свою часть в ИЗА в соответствии со своей степенью опасности. Согласно экономической теории, некоторые загрязнители подтверждают гипотезу ЭКК, и уровень загрязнения в конце концов уменьшается при увеличении доходов. Но, согласно [3; 5], такие загрязнители, как CO₂, CO, показывают возрастающий тренд вместе с увеличением доходов. Результаты, получен-

Таблица 1

**Результаты моделирования зависимости «доходы – загрязнение»
при учете вектора климатических переменных**

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Показатель	SO ₂	NO ₂	CO ₂	Пыль	ИЗА
Доход	0,000013 (0,010)**	7,57e-06 (0,248)	0,0000894 (0,753)	0,0000176 (0,459)	0,003 (0,040)**
Доход ²	-1,89e-09 (0,000)***	-1,01e-09 (0,107)	1,43e-08 (0,611)	2,30e-09 (0,314)	-2,94e-07 (0,019)**
Туман	0,0001437 (0,801)	-0,001 (0,106)	-0,001 (0,944)	0,002 (0,183)	0,006 (0,937)
Осадки	0,000 (0,783)	0,000 (0,540)	-0,004 (0,413)	-0,000 (0,783)	-0,013 (0,491)
Ветер	-0,0001246 (0,335)	-1,01e-09 (0,786)	-0,005 (0,287)	-0,0003044 (0,370)	0,035 (0,060)*
Температура	-0,000 (0,813)	0,000 (0,816)	0,005 (0,210)	-0,000 (0,478)	0,020 (0,224)
Константа	0,012 (0,409)	0,042 (0,000)***	2,332 (0,000)***	0,146 (0,001)***	3,050 (0,192)
Временные переменные

Примечание. Результаты анализа представлены в колонках, каждая – оцененная зависимость (1) для разных видов загрязнителей. Надежность эконометрических оценок коэффициентов помечена звездочками: * – оценка справедлива 90% интервале надежности; ** – 95%; *** – 99%.

Источник. Рассчитано на основе данных Центральной геофизической обсерватории и статистических сборников Украины.

ные в нашей работе, подтверждают указанные направления. Основываясь на этих исследованиях, предполагалось, что результаты для ИЗА (колонка 6, табл. 1) будут статистически не достоверными. Но модель «доходы-загрязнение» для ИЗА показала перевернутую U-образную форму взаимосвязей и выявилась достоверной при 99% интервале надежности. Пояснением данного факта может быть то, что часть SO или CO_2 в индексе загрязнения атмосферы незначительна из-за их невысокого уровня опасности.

Основой и ключевым моментом моделирования связей между загрязнением и уровнем доходов является оценка критических точек, т. е. такого уровня доходов на душу населения, после достижения которого загрязнение должно уменьшаться. Для расчета критических точек необходимо взять первую производную по функциям модели «доходы-загрязнения» и приравнять их к нулю. Ниже мы приводим результаты (оцененные регрессии) и соответствующие критические точки для моделей, которые подтверждают гипотезу ЭКК. Все результаты взяты из табл. 1:

$SO_2 = 0,000013 \cdot \text{доход} - 1,89e - 09 \times \text{доход}^2$,
критической точкой является значение 3440 грн в ценах 1998 г., или 9288 грн в ценах 2007 г.;

$NO_2 = 0,039 + 8,06e - 06 \cdot \text{доход} - 1,07e - 09 \cdot \text{доход}^2$,

критической точкой является значение 3770 грн в ценах 1998 г., или 10 217 грн в ценах 2007 г.;

$ИЗА = 4,811 + 0,003 \cdot \text{доход} - 3,37e - 07 \times \text{доход}^2$,

критической точкой является значение 4450 грн в ценах 1998 г., или 12 059 грн в ценах 2007 г.

Необходимо отметить, что наша выборка данных по доходам на душу населения находится в промежутке от 1000 до 6000 грн в ценах 1998 г. То есть доход в размере 1000 грн был в самом бедном городе Украины, а доход в 6000 грн зафиксирован в г. Киеве в 2006 г. (реальные цены с базовым 1998 г.).

В вышеизложенном анализе экономической ситуации городов Украины не оценивается уровень доходов, при которых загрязнение должно уменьшиться до нуля (точка, при которой кривая Кузнецца пересекает ось абсцисс), так как такая точка находится вне выборочных значений и прогноз за пределами выборки теряет пояснительную силу.

На рис. 2 приводятся графики ЭКК для таких загрязнителей, как SO_2 , NO_2 . По оси абсцисс отложены деления до максимального уровня доходов по городам Украины. Так, ближе всего к началу снижения уровня загрязнения и улучшения качества воздуха находится кривая оксида серы (SO_2), для которой характерный реальный уровень дохода в размере 3440 грн. В свою очередь, кон-

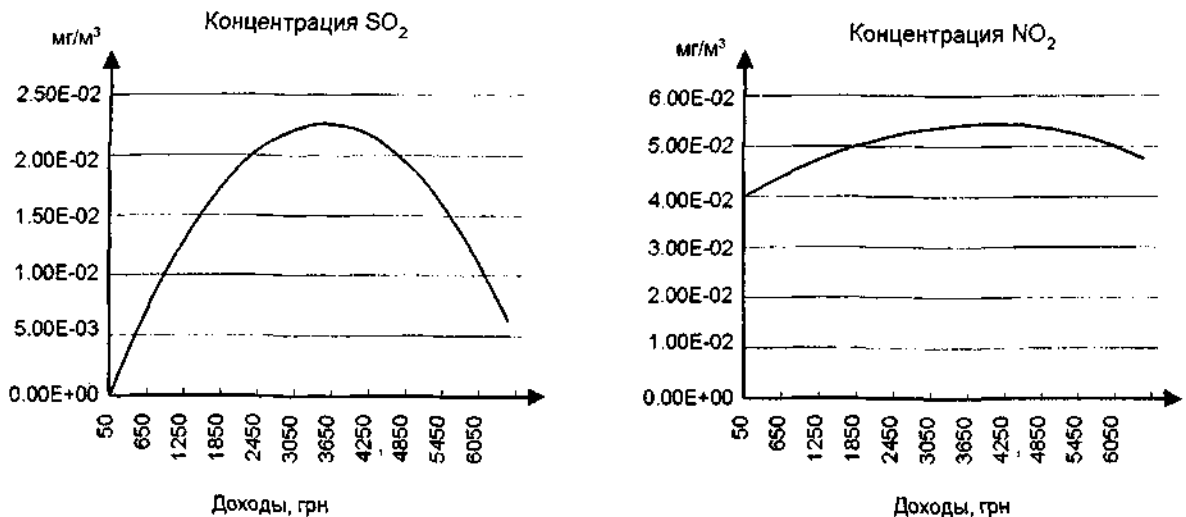


Рис. 2. Моделирование развития городов Украины на основе ЭКК для загрязнителей SO_2 и NO_2 .

Источник. Построено на основе данных Центральной геофизической обсерватории и статистических сборников Украины.

центрация NO₂ должна уменьшаться при достижении реального уровня дохода в 3770 грн, а общая ситуация по стране, выраженная индексом загрязнения атмосферы, должна улучшиться при достижении реального уровня дохода в 4450 грн.

Согласно экономическому и социальному совету ООН, есть три важных вопроса, которые следует учитывать при рассмотрении гипотезы экологической кривой Кузнецца. Во-первых, экономический рост – необходимое условие повышения результативности экологической деятельности. Во-вторых, экологическая кривая Кузнецца не подразумевает, что уровень загрязнения будет автоматически уменьшаться с увеличением доходов на душу населения. Экономический рост должен способствовать внедрению более чистых технологий, а также проведению дорогостоящих природоохранных мероприятий. То есть экологическая кривая Кузнецца предполагает, что только при наличии надлежащих учреждений и эффективных природоохранных мер, при появлении потребности в окружающей среде лучшего качества, а также на основании более высоких доходов должно произойти сокращение объемов выбросов. В-третьих, что касается развивающихся стран (или переходных экономик), то экономический рост по модели экологической кривой Кузнецца будет сопровождаться значительным увеличением загрязнений.

* * *

Таким образом, в работе смоделирована взаимосвязь уровня загрязнения и доходов на душу населения при учете различных метеорологических факторов. Полученные результаты указывают на то, что в ближайшем будущем при условии увеличения уровня доходов на душу населения может произойти улучшение качества воздушного бассейна Украины. Последнее утверждение построено на основе моделирования зависимости «доходы–загрязнения», более известной в экономике как экологическая кривая Кузнецца. Однако полностью полагаться на тот факт, что с увеличением доходов произойдет авто-

матическое улучшение состояния природной среды, не стоит, поскольку постоянное снижение природного ассимиляционного потенциала может привести к серьезным экологическим проблемам. В реальной экономической системе улучшение качества окружающей среды чаще всего происходит за счет конкретных мероприятий, направленных на природоохранную деятельность. Другое дело, что эти мероприятия требуют значительных капиталовложений и, в свою очередь, доходов. То есть экономический рост, рассматриваемый через гипотезу ЭКК, должен содействовать внедрению более чистых производственных технологий и проведению более затратных природоохранных мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельник Л.Г. Экологическая экономика: учебник. Сумы: ИТД «Университетская книга», 2002.
2. Бобылев С.Н. Взаимосвязь между уровнем благосостояния и устойчивым развитием. Кривая Кузнецца // Социально-экономический потенциал устойчивого развития: учебник под ред. проф. Л. Хенса и проф. Л. Мельника. Сумы: ИТД «Университетская книга», 2007.
3. Grossman G. Economic Growth and the Environment/ Alan Krueger, Gene Grossman // Quarterly Journal of Economics. 1995. Vol. 110.
4. de Groot H. Dynamics of China's Regional Development and Pollution / de Groot Henri, Withagen Cees, Minliang Zhou // Tinbergen Institute Discussion Paper. TI, 2001–036-3. Режим доступа: <http://www.tinbergen.nl/discussionpapers/01036.pdf>
5. Perman R. The Environmental Kuznets Curve: implications of non-stationarity [Электронный ресурс] / Roger Perman, David Stern // Working paper 9901. The Australian National University. 1999. Режим доступа: http://een.anu.edu.au/download_files/eep9901.pdf
6. *Сталий розвиток: еколого-економічна оптимізація територіально-виробничих систем* / Н.В. Корпан, Т.А. Коцько, Є.В. Хлобистов та ін.; за заг. редакцією І.В.Недіна. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008.
7. *Обеспечение экологически устойчивого экономического роста в Азиатско-Тихоокеанском регионе* / Материалы конференции министров по окружающей среде и развитию в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Сеул, 2005.



□□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ *Матеріал* *поступил* 14.05.2009 г.
□□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□