

# УСТОЙЧИВОСТЬ И НЕУСТОЙЧИВОСТЬ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

**Рышард Домапский,**

*доктор экономических наук, член-корреспондент  
Польской академии наук, профессор*

## **Введение**

Пространственные и региональные параметры природной среды, экономики и общества, а также их связи являются обширными и сложными объектами исследований. Трудно охватить и изучить материал на уровне знаний, позволяющем получать новаторские результаты в познавательном и практическом отношении. Несмотря на это, уже давно предлагается ввести новый параметр, т.е. динамику, чтобы более полно рассмотреть область исследования собственно экономической географии.

Данное предложение было в определенной степени реализовано уже ранее в ходе исследований экономико-географических явлений, которые, однако, не выходили за рамки так называемой сравнительной статистики, т.е. сравнительного анализа состояний в последующие годы и периоды. При этом использовались обычно простые статистические методы, позволяющие познакомиться только с некоторыми особенностями состояний. Результаты исследований увеличили объем экономико-географических знаний.

Однако как внутреннее развитие дисциплины, так и социальные нужды требовали более последовательного и систематического введения фактора динамики в географические исследования. Импульсы, побуждающие к действиям в этом направлении, исходили от различных сторон. В базовой дисциплине они получили программное выражение в виде так называемой географии времени. Одновременно в экономическую географию проникали динамические концепции из других дисциплин, оплодотворяя данное направление исследований. Главную роль сыграли региональные теории экономического роста и социально-экономического развития. Внесли свой вклад также и точные науки, в сфере которых развивались интересные географов теории

самоорганизации и синергетики. В настоящее время сильное влияние оказывают биологические теории эволюции.

Воздействие теории эволюции, источник которой — биологические науки, может быть плодотворным по двум причинам: во-первых, биология переживает период творческого развития и существенно обогащает научное познание, во-вторых, ее современные отрасли подверглись математизации, благодаря чему расширились возможности междисциплинарной коммуникации, а через нее — и распространения эволюционных идей на другие области науки. Высокую популярность приобрели нелинейные динамические модели, построенные при помощи систем нелинейных дифференциальных уравнений.

Однако эволюция — область не только биологии. Понимаемая как последовательность протекания процесса, она является воззрением на то, как развиваются системы, состоящие из взаимодействующих элементов. Это направление научной мысли отражает стремление выйти за рамки общепринятых теорий, стержнем которых выступает понятие равновесия, предсказуемости систем и иерархических зависимостей. Более глубоко изучить природу эволюционных процессов мы можем, пользуясь понятием неравновесия, детерминированного хаоса и самоорганизации. Такой подход укоренился во многих общественных науках, в т.ч. в социологии, этнологии, антропологии, культурологии, где получили распространение эволюционные направления исследований. Для развития новых научных идей характерным является то, что после появления их в какой-либо одной отрасли они быстро обнаруживаются во многих других отраслях — как родственных, так и далеких от объекта исследований. Это явление аналогично образованию так называемых пакетов новых технологий в процессе возникновения и распространения инноваций.

Более последовательное и систематическое применение эволюционного подхода в экономико-географических исследованиях открывает новые перспективы в познании и практической деятельности. Прежде всего оно способствует пониманию механизма изменений экономико-географических систем, зависимостей между элементами, поддерживающими системы в движении. Этот механизм определяет направление движения, его изменчивость и переход от простых, менее сложных форм, к более сложным. Глубокое изучение механизма позволяет основательнее исследовать процессы, являющиеся предметом экономической географии. Это в свою очередь обеспечивает идентификацию факторов (инструментов, правил действия, институтов), с помощью которых можно воздействовать на протекание и результаты процессов. Таким образом, расширяется научный фундамент для формулирования территориальной, экологической и региональной политики.

В моделях, описывающих понимаемые таким образом механизм и процесс, переменные и параметры, отражающие элементы системы, их свойства и связи, являются функцией времени. Сравнительная статика, регистрирующая состояния в отдельные моменты времени, не раскрывает механизм и процессы в точном значении этих слов. Из нее могут следовать полезные указания, касающиеся механизма и процесса, которые, однако, не определяют данные понятия. В публицистике, а также в научной литературе мы оперируем этими понятиями часто без определения, придав значение, которое они имеют в разговорном языке.

Эволюционные процессы могут быть непрерывными и прерывными (для их определения иногда используют слово «революция»). Примером прерывности являются радикальные социально-политические и экономические изменения, осуществленные в настоящее время в Польше и других странах Центральной и Восточной Европы. Значительная часть научного потенциала экономической географии направлена на исследование территориальных, экологических и региональных параметров этих реформ. Таким образом, намечено повысить эффективность данной работы путем использования новейшего научного аппарата, который одновременно фор-

мируется в нескольких дисциплинах, где развивается парадигма эволюции. Он делает возможным исследование таких присущих процессу социально-экономической трансформации и сопутствующих ей территориальным, экологическим и региональным измерениям явлений, как неустойчивость, флуктуации, фазовые переходы, самоорганизация, адаптация и новые формы хозяйствования в стране.

Экономическая география прошла этап освоения парадигмы эволюции. Сегодня речь идет о ее развитии, применении новых концепций и более прогрессивных методов исследования. Уже описана территориальная организация экономики как открытой системы в условиях неравновесия и нелинейности (Leszczycki, Domański, 1995, cz.II). Освещены также возможности, которые предлагает синергетика, определяемая как междисциплинарная отрасль науки, выявляющая универсальные закономерности в функционировании и развитии макроструктур, формирующихся в многокомпонентных системах в результате взаимодействия компонентов (Domański, 1995). В данной статье сделаны некоторые шаги в этом направлении.

### ***Флуктуации экономико-географических систем в процессе структурных преобразований***

Процесс структурных преобразований начинается с момента выведения экономико-географических систем из состояния равновесия, в котором они находились в предшествующий период времени. На рубеже 80-х и 90-х годов это произошло в результате восстановления рыночной системы экономики и территориального самоуправления. Системы, выведенные из состояния равновесия, начали обнаруживать глубокие флуктуации. Их можно проиллюстрировать с помощью простых статистических диаграмм, которые дают первое приближение изменчивости хронологических рядов. В научных исследованиях мы обычно не ограничиваемся этими диаграммами и их описанием. На их основе мы пытаемся сделать обобщения. Формулирование обобщений является одной из основных задач каждой эмпирической науки.

В наших исследованиях предпринята попытка обобщить через математическую аппроксимацию временную изменчивость от-

дельных экономико-географических систем. Их результатом явилось построение динамических нелинейных моделей этих систем. Модели представляют собой более ценное описание и разъяснение, чем вербальное описание и разъяснение, выполненные на основе малообразованных статистических рядов и диаграмм, поскольку являются точным описанием состояний и устанавливают измеримые зависимости между переменными, характеризующими системы. Кроме того, такие модели могут быть использованы в дальнейших исследовательских операциях, что создает новые возможности для познания и практической деятельности.

Аппроксимация нелинейных динамических систем представляет собой сложную расчетную операцию даже тогда, когда развитие переменных относительно ровное. Она становится особенно трудной, когда в этом развитии отмечаются скачкообразные изменения и флуктуации. Современная статистика дает тут много примеров. После разнообразных попыток удалось построить для некоторых систем территориального хозяйствования динамические модели, описывающие их изменения во времени и взаимозависимости переменных, характеризующих системы в отдельные моменты данного временного интервала<sup>1</sup>.

Общий вид модели образуют нелинейные динамические уравнения:

$$\begin{aligned} X &= f(x, y) + f_t(t); \\ Y &= g(x, y) + g_t(t). \end{aligned} \quad (1)$$

Эти уравнения описывают изменения систем во времени. Функциям  $f(x, y)$  и  $g(x, y)$  придается вид многочлена двух переменных, зависящих от времени, в которых время открыто не проявляется, а  $f_t(t)$  и  $g_t(t)$  — исключительно функции времени.

Путем аппроксимирования статических рядов  $x = x(t)$  и  $y = y(t)$  с помощью многочленов получают уравнения, отражающие зависимость этих переменных от времени. Величина абсолютной и относительной погрешности невелика, и аппроксимация, таким образом, признается удовлетворительной.

Степень соответствия мы можем проиллюстрировать графически, представляя на диаграмме фактические и теоретические значения переменных  $x$  и  $y$ .

На основе многочленной аппроксимации строится диаграмма взаимозависимости в фазовом пространстве  $x, y$ . Аналогичную диаграмму можно получить из решений динамических уравнений, описывающих исследуемую проблему.

Вышеупомянутая процедура проверена на двух примерах. Первый касается Еленегурского воеводства и описывает зависимость его доли в численности населения Польши ( $x$ ), а также уровня розничной продажи товаров на душу населения по отношению к уровню страны, принятого за 100 ( $y$ ), второй — зависимости между реализованной промышленной продукцией ( $x$ ) и пылевым загрязнением воздуха в стране ( $y$ ). Взаимозависимости переменных, характеризующих Еленегурское воеводство, представлены на рис.1. Точками обозначены действительные данные, сплошной линией — их многочленная аппроксимация. Найденная модель, аппроксимирующая действительные данные, имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= c(A_1 + A_2 y + A_4 x + A_6 x^2 + \sum_{i=1}^{13} a_i t^i); \\ \frac{dy}{dt} &= d(B_1 + B_2 y + B_4 x + B_6 x^2 + \sum_{i=1}^{12} b_i t^i). \end{aligned} \quad (2)$$

Эта система динамических уравнений была решена при первоначальных условиях, определенных на основе региональной статистики. Таким образом получена модель исследуемой проблемы с оцененными параметрами, а на ее основе — новая диаграмма взаимозависимостей переменных в фазовом пространстве (рис.2). Ход кривых, представляющих взаимозависимости, вычерченные двояким образом, т.е. на основании эмпирических данных и на базе математической модели, выявляет сходство. Это свидетельствует о высокой степени отображения моделью статистической действительности.

Данную процедуру повторяют для второй проблемы. Рис.3 представляет взаимозависимость реализованной промышленной продукции и пылевого загрязнения воздуха в стране, установленную эмпирически, и ее

<sup>1</sup> Математические операции и числовые расчеты, связанные с использованием систем дифференциальных уравнений (в соответствии с планом автора работы), выполнил доктор наук Анджей Мартыняк (Институт информатики, Познаньский политехнический институт).

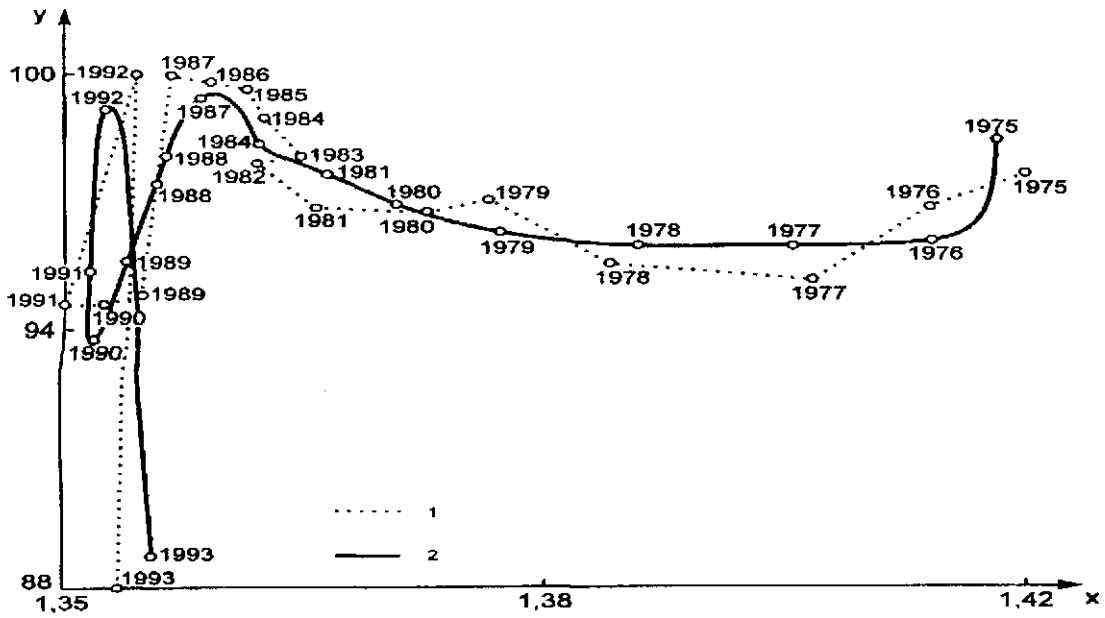


Рис.1. Взаимозависимость численности населения ( $x$ ) и розничной продажи товаров на 1 жителя Еленегурского воеводства ( $y$ ) в фазовом пространстве.  
1 – фактические данные, 2 – многочленная аппроксимация.

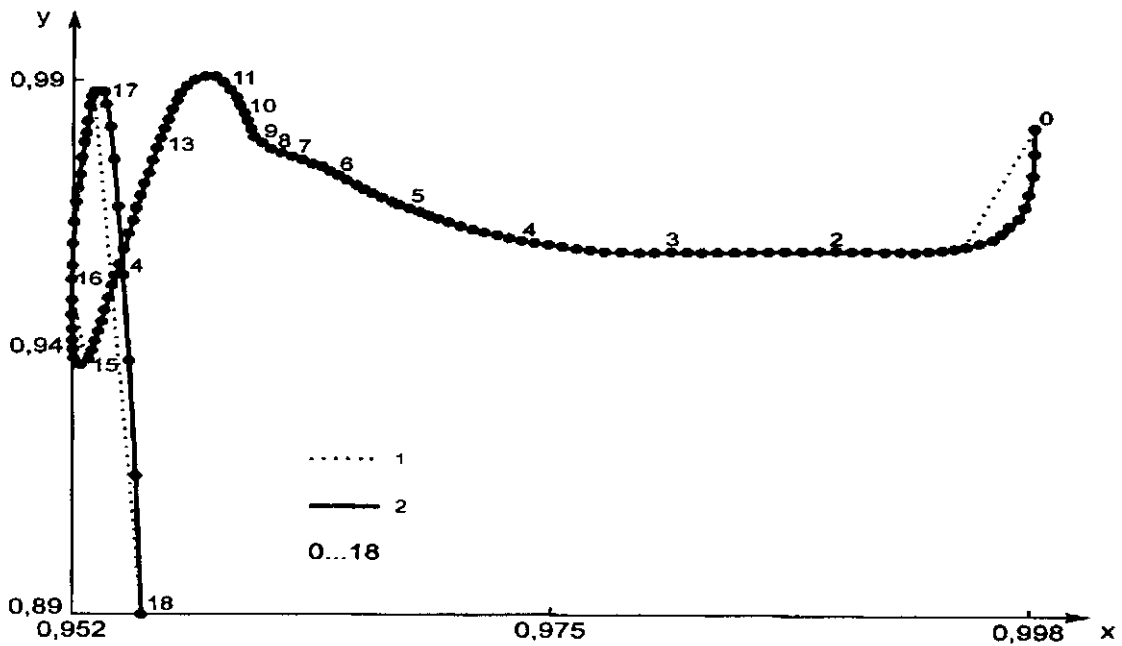


Рис.2. Решение дифференциальных уравнений. Еленегурское воеводство: взаимозависимость численности населения ( $x$ ) и розничной продажи товаров на душу населения ( $y$ ) в фазовом пространстве.  
1 – модифицированная многочленная аппроксимация,  
2 – значения, полученные из математической модели;  
0...18 – распределенный по шкале период 1975–1993 гг.

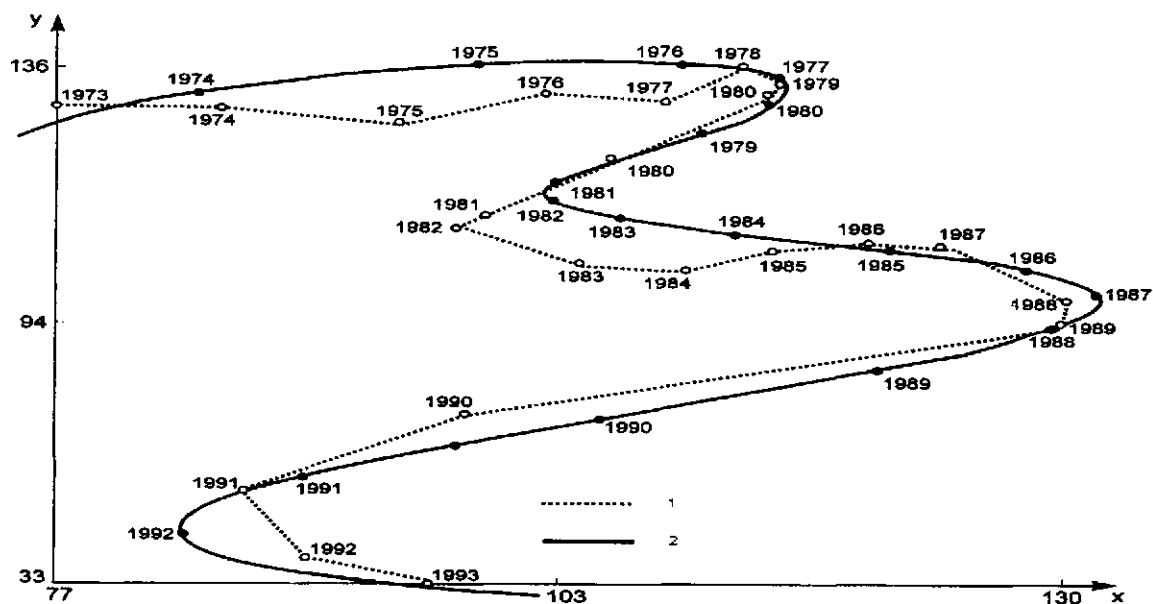


Рис.3. Взаимозависимость реализованной промышленной продукции ( $x$ ) и пылевого загрязнения воздуха ( $y$ ), вычерченная в фазовом пространстве методом многочленной аппроксимации.  
1 – фактические данные, 2 – многочленная аппроксимация.

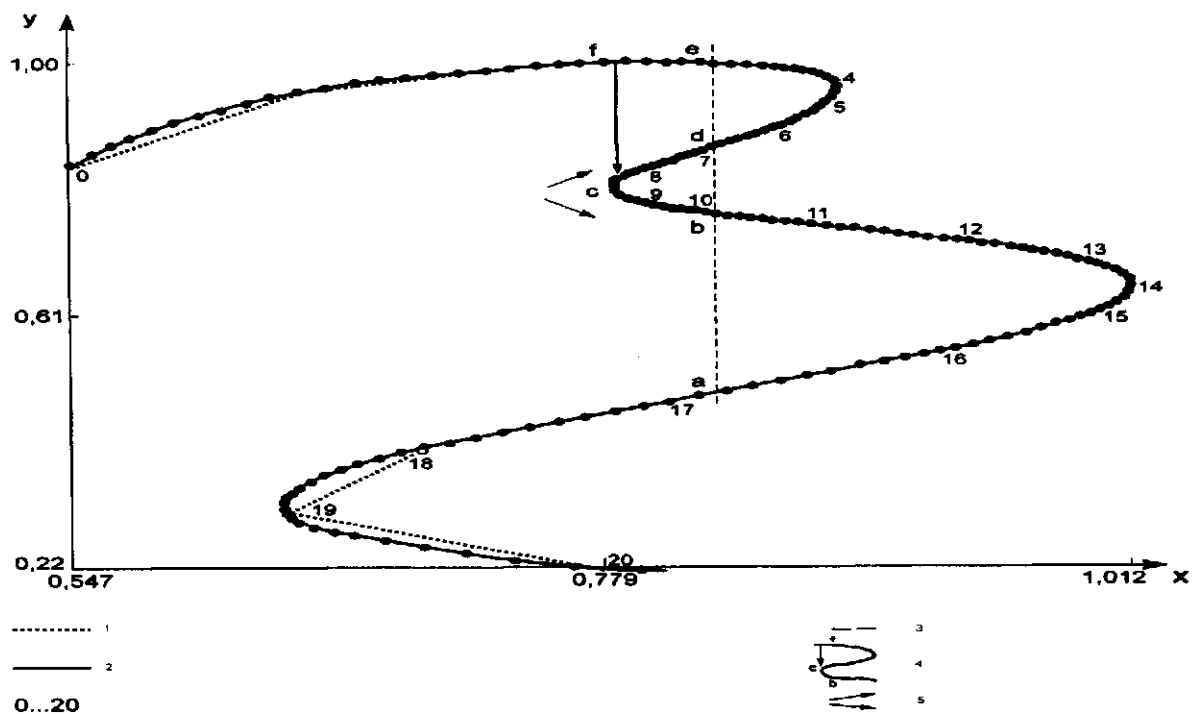


Рис.4. Взаимозависимость реализованной продукции ( $x$ ) и пылевого загрязнения воздуха ( $y$ ), вычерченная на основе решений дифференциальных уравнений.  
1 – модифицированная многочленная аппроксимация,  
2 – значения, полученные из математической модели,  
3 – скачкообразные изменения,  
4 – гистерезис,  
5 – дивергенция,  
0...20 – распределенный по шкале период 1973–1993 гг.

многочленную аппроксимацию. После оценивания параметров модели решают образующую ее систему уравнений, получая новую диаграмму взаимозависимостей (рис.4). Сходство обеих кривых, т.е. кривой, являющейся многочленной аппроксимацией, и кривой, представляющей собой решение оцененной системы уравнений, позволяет утверждать, что эта модель также хорошо отображает статистическую действительность.

Форма кривых, представленных на рис. 4, позволяет проводить дальнейшее наблюдение, связанное с проблемой устойчивости системы  $x, y$ . Здесь обращает на себя внимание то, что можно вычертить несколько значений  $y$ , соответствующих одному значению  $x$ . Это означает, что система, описанная через данные переменные, восприимчива к внезапным изменениям (прерывистая линия). Такие изменения в геометрической топологии называются катастрофами. Они имеют место в системах, в которых ход одной кривой медленный, а другой — быстрый, что проявляется обычно в выровненном или осложненном ходе кривых.

Восприимчивость к внезапным изменениям создает возможность резкого перехода  $y$  на более высокий или более низкий уровень с пренебрежением выпуклыми или вогнутыми частями кривой взаимозависимостей. В терминах экономической географии это означает возможность ускорения развития или резкого спада, повышения или снижения эффективности развития, восстановления или деградации природной среды. Точки, обозначающие внезапные изменения, являются точками бифуркации, точками перегиба, в которых система переходит на новую траекторию и изменяет направление развития. Такой подход мы называем фазовым переходом. Однако однозначно не предопределено, между какими точками происходит переход. В этом отношении различные возможности одинаково вероятны. На фактическое перемещение оказывают решающее воздействие дополнительные факторы, не уточненные в уравнениях. По этой причине данные точки и их окружения, т.е. поля чувствительности, должны представлять собой предмет особой заинтересованности территориальной, экологической и региональной политики. Ее целью должен быть такой подбор параметров и их значений (переменных управления), чтобы в точке пе-

региба побудить систему к движению в направлении, важном с экономической и социальной точек зрения.

Кроме скачкообразных изменений, возможны также и другие виды перехода динамических систем на новую траекторию. В период трансформации можно ожидать проявления гистерезиса и дивергенции. Гистерезис происходит в то время, когда путь возвращения к определенной точке не такой же, как первоначальный путь, уводящий от нее. Такой ход имеют кривые, отображающие выход регионов из спада на фоне процесса самого спада. Выход из спада может протекать и действительно протекает по иному пути, чем его развитие. Таким образом, оба направления изменений имеют различное экономическое содержание. Дивергенция означает расхождение путей развития систем. Два региона или два района одного и того же региона могут обнаруживать вначале незначительные различия в своем развитии. Затем в результате неодинакового протекания процессов накопления эти различия могут быстро углубляться, а пути дальнейшего развития — принимать расходящиеся направления и приводить к разным показателям.

### ***Проблема устойчивости преобразованных систем***

Флуктуации экономико-географических систем могут иметь изменяющуюся амплитуду, обнаруживать также определенную тенденцию, например возрастающую и снижающуюся или наоборот. В сложных системах амплитуда одной переменной может возрастать, другой же — испытывать затухание. Если флуктуации превышают определенные критические значения, то приводится в действие механизм перехода системы от одного образа поведения к другому (фазовый переход). Эволюция представляет собой серию флуктуаций и вызванных ими фазовых переходов, ведущих к преобразованию макроструктуры систем.

В случае перехода от централизованной экономической системы к рыночной принципиально изменяется способ регулирования поведения систем. Директивно-распределительный способ заменяется рыночным регулированием, контролируемым через экономическую политику. Перенос центра тяжести на

рыночное регулирование усиливает внимание исследователей к новым проблемам. К ним относится и вопрос об устойчивости систем. А будет ли система, выведенная из флуктуации и хаоса, фазового перехода, структурно способна к саморегулированию и самоуправлению? Ответ положительный, если система устойчива (может достигнуть равновесия), и отрицательный, если система неустойчива (не способна к этому<sup>2</sup>). Система, которой не управляют централизованно, должна быть после трансформации настолько устойчивой, чтобы через механизм саморегулирования и самоуправления она могла развиваться в соответствии с направляющими функциями новой системы.

В данном разделе рассматриваются результаты исследования устойчивости систем, представляющих различные географические параметры экономики. Предмет исследования: Варшавское воеводство как пример административно-хозяйственного региона, соотношения реализованной продукции и загрязнения воздуха газообразными выбросами, соотношения экспорта и произведенного национального дохода, отражающие степень открытости польской экономики. Эти системы характеризуются переменными, для которых доступны сравнительные статистические данные за 1975–1993 гг. В расчетах были использованы следующие характеристики:

а) Варшавское воеводство — его доля в численности населения страны и розничная продажа товаров на душу населения по отношению к уровню продажи в стране, принятому за 100%;

б) загрязнение воздуха газообразными выбросами в тоннах и реализованная промышленная продукция в постоянных ценах;

в) национальный доход и экспорт в постоянных ценах.

Чтобы определить, обнаруживают ли системы способность к достижению равновесия, проведена имитация их развития в течение 50 лет. При этом имелось в виду не пред-

видение будущего, а скорее раскрытие одного свойства пути развития, а именно устойчивости. При имитации была использована модель Дендриноса (1982). После преобразования (уравнения 4 и 5) она приобрела следующий вид.

**Варшавское воеводство:**

$$\begin{aligned} \dot{x} &= a(y - \bar{y})x - bx^2; \\ \dot{y} &= c(\bar{x} - x)y \end{aligned} \quad (3)$$

где  $x, y$  — переменные системы;  $a, b, c$  — параметры модели;  $\bar{x}, \bar{y}$  — стационарные состояния переменных системы;  $-bx^2$  — отталкивающий фактор. Значения параметров модели:  $a$  — реакция численности населения на рост доходов,  $b$  — негативные внешние эффекты,  $c$  — рост доходов, связанный с качеством человеческого капитала.

**Реализованная промышленная продукция и загрязнение воздуха газообразными выбросами:**

$$\begin{aligned} \dot{x} &= a(y - \bar{y})x; \\ \dot{y} &= c(\bar{x} - x)y + by^2, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $a$  — выбросы газообразных загрязнений воздуха на единицу реализованной промышленной продукции,  $b$  — выгоды агломерации,  $c$  — степень использования емкости среды,  $by^2$  — привлекающий фактор (прочие обозначения такие же, как в модели 3).

**Национальный экспорт и доход:**

$$\begin{aligned} \dot{x} &= a(y - \bar{y})x + bx^2; \\ \dot{y} &= c(\bar{x} - x)y + hy^2, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $a$  — рост национального дохода на 1 злотый роста экспорта,  $b$  — внутренние источники роста национального дохода (норма накопления),  $c$  — рост экспорта на 1 злотый роста национального дохода (конкурентоспособность продукции),  $h$  — влияние интеграционных процессов в Европе на экспорт Польши.

Развитие систем имитировали по двум комплексам условий. Таким образом, было получено два сценария развития для каждой системы. Для Варшавского воеводства — сценарий продолжения существующих главных тенденций развития и ускоренной реструктуризации экономики; для системы загрязнения воздуха газообразными выбросами и реализованной промышленной продукции —

<sup>2</sup>Нестабильность имеет один значения на начальном этапе структурных преобразований, другие — после реструктуризации. На первом этапе она возрастает с целью приведения в действие механизма реструктуризации, на втором она должна ослабевать, чтобы обеспечить новым атрибутам возможность прийти в равновесие (постоянная нестабильность могла бы привести систему к разрушению).

сценарий экополитики и перевеса рыночных механизмов (ограниченного вмешательства государства), для системы национального дохода и экспорта — сценарий возрастающей открытости польской экономики и роста ее конкурентоспособности на внешних рынках и сценарий возрастающего экспорта (чрезмерно свободная адаптация польской экономики к условиям конкуренции).

Кроме дифференциальных уравнений, для каждой системы были определены начальные условия (начальные значения переменных системы), оцененные начальные значения параметров, диаграммы, характеризующие изменчивость параметров за период, охваченный имитацией, решение первоначальной проблемы методом рациональной экстраполяции, диаграммы значений переменных системы, полученные из решения, диаграмма взаимозависимостей переменных в фазовом пространстве, представляющая характер прохождения траектории.

Ход траекторий отдельных систем является в данной работе конечным результатом исследований. Он представлен на рис. 5 — 10. При их прочтении может оказаться полезным следующее разъяснение. В фазовом пространстве нелинейных систем равновесие не должно быть точкой, как в линейных системах. Оно может быть замкнутой кривой, которая притягивает или отталкивает траекторию. Кривая такого рода называется граничным циклом. Траектории устойчивой системы навиваются на граничный цикл, траектории неустойчивой системы развиваются из него. В процессе трансформации территориально-экономической системы, которую мы описываем с помощью дифференциальных уравнений, происходят внезапные изменения состояний, вызывающие пересечение границ устойчивости характеризующих их переменных (которые являются функцией времени). Они могут повлечь за собой изменение траектории системы. Это изменение происходит в результате быстрых движений переменных состояний в направлении альтернативной траектории. Ее определяют координаты, установленные на основе хода переменных времени. Альтернативная траектория может быть устойчивой или неустойчивой. Во втором случае это приведет к взрывному развитию или резкому спаду. В период трансформации оп-

ределение, в направлении какой траектории перемещается система, имеет весьма существенное значение, поскольку позволяет предвидеть поведение системы после периода флуктуаций, в котором затруднительно идентифицировать какую-либо тенденцию. Благодаря этому расширяются основы для территориальной, экологической и региональной политики.

Какие выводы можно сделать из характера прохождения траектории проанализированных систем? Прежде всего обратим внимание на рис. 5 и 6, характеризующие Варшавское воеводство. В первом сценарии, т.е. при условии продолжения действия существующих основных тенденций, траектория навивается вовнутрь, о чем свидетельствуют возрастающие в этом направлении значения лет, однако это навивание не последовательное. На внешней кривой выступают 1995 и 1996 гг., на внутренней кривой — 2018 и 2019 гг., на центральной кривой — 2034 и 2035 гг., что нарушает последовательность граничного цикла. Во втором сценарии, т.е. при условии ускоренной реструктуризации экономики, траектория навивается последовательно внутрь. Следовательно, можно сделать вывод, что реструктуризация, адаптируя систему к новым условиям хозяйствования, будет способствовать устойчивости развития. Продолжение же действия существующих основных тенденций будет недостаточным для того, чтобы обеспечить системе устойчивость, и может вызвать пертурбации в процессе развития.

Рис. 7 и 8, представляющие систему «загрязнение воздуха газообразными выбросами — реализованная промышленная продукция», выявляют весьма медленное вырисовывание граничного цикла. Это, в сущности, только фрагмент этого цикла. Перед тем как делать вывод о том, что система проявляет признаки устойчивости, необходимо предварительно провести дополнительное исследование. Сравнение обоих рисунков выявляет, однако, незначительное, но характерное различие в конечном отрезке траектории. В первом сценарии, предполагающем проведение экополитики, данный отрезок несколько искривляется. Это позволяет сделать предположение, что дальнейшее развитие может приводить к навиванию на граничный цикл. Во втором сценарии, предполагающем перевес рыночных



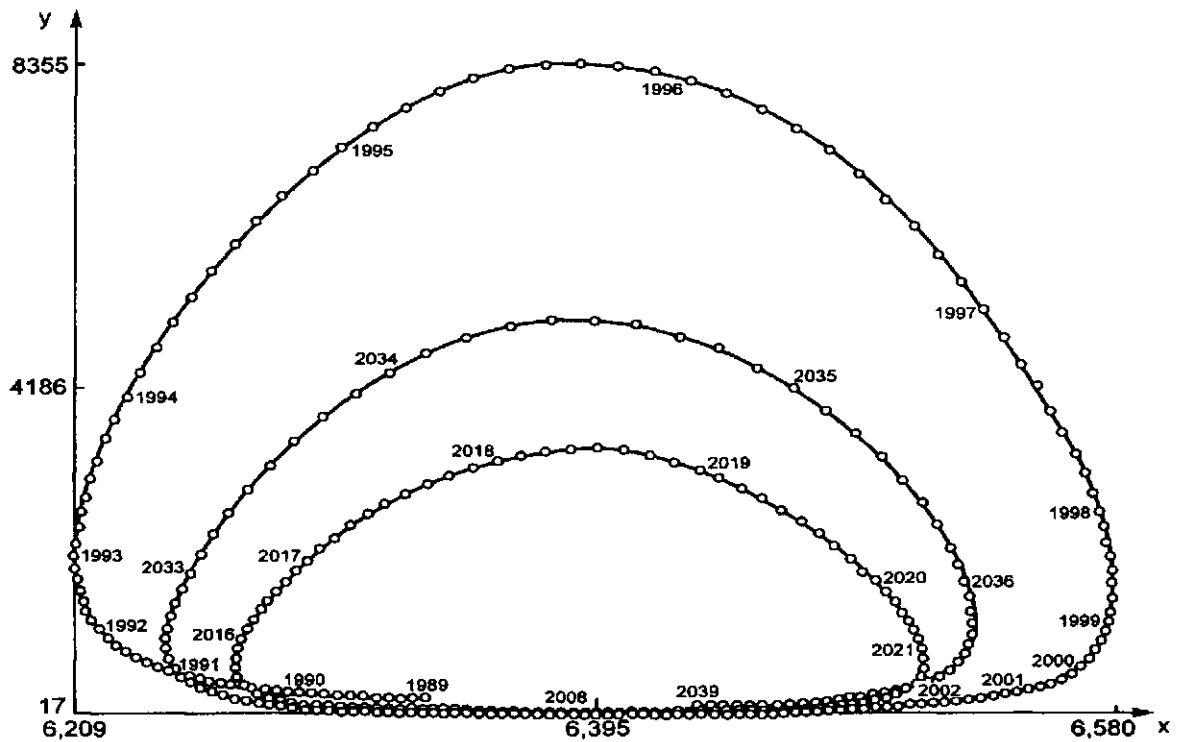


Рис.5. Розничная продажа товаров на душу населения ( $y$ ) и доля Варшавского воеводства в численности населения страны ( $x$ ). Сценарий 1. Результаты имитации. Ход траектории получен из решения дифференциальных уравнений. 1989–2039 – годы периода имитации.

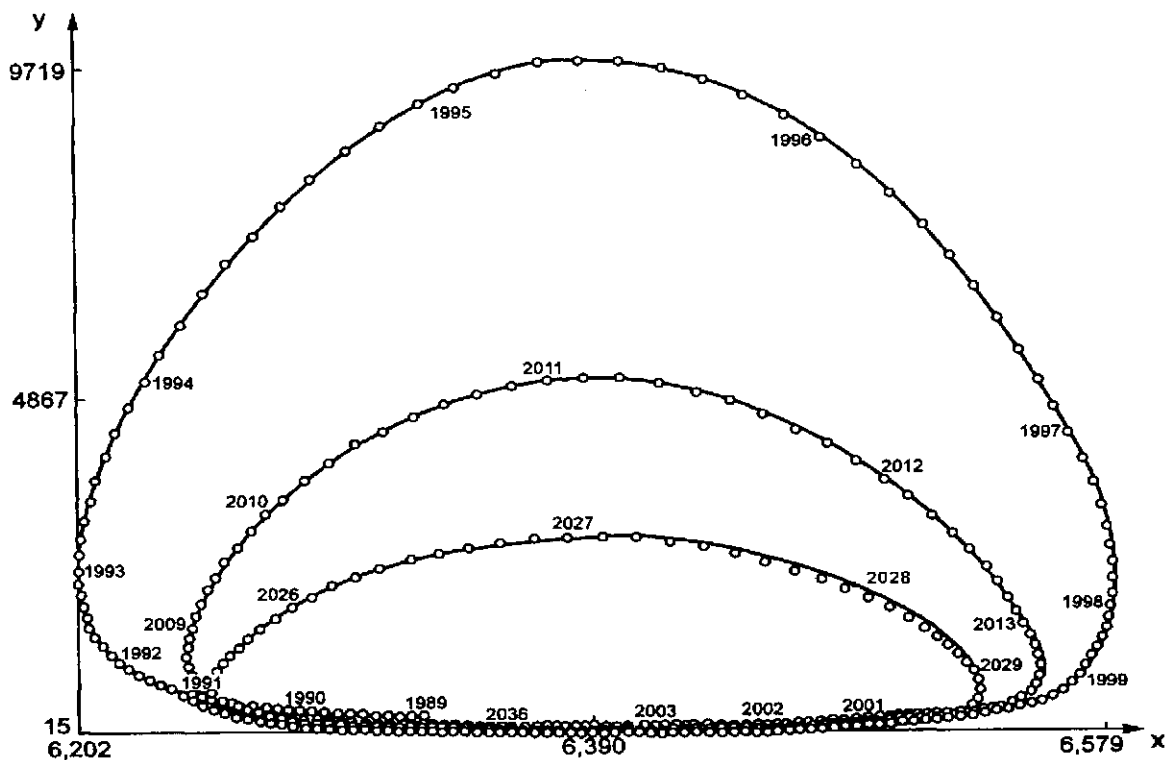


Рис.6. Розничная продажа товаров на душу населения ( $y$ ) и доля Варшавского воеводства в численности населения страны ( $x$ ). Сценарий 2. Результаты имитации. Ход траектории получен из решения дифференциальных уравнений. 1989–2039 – годы периода имитации.

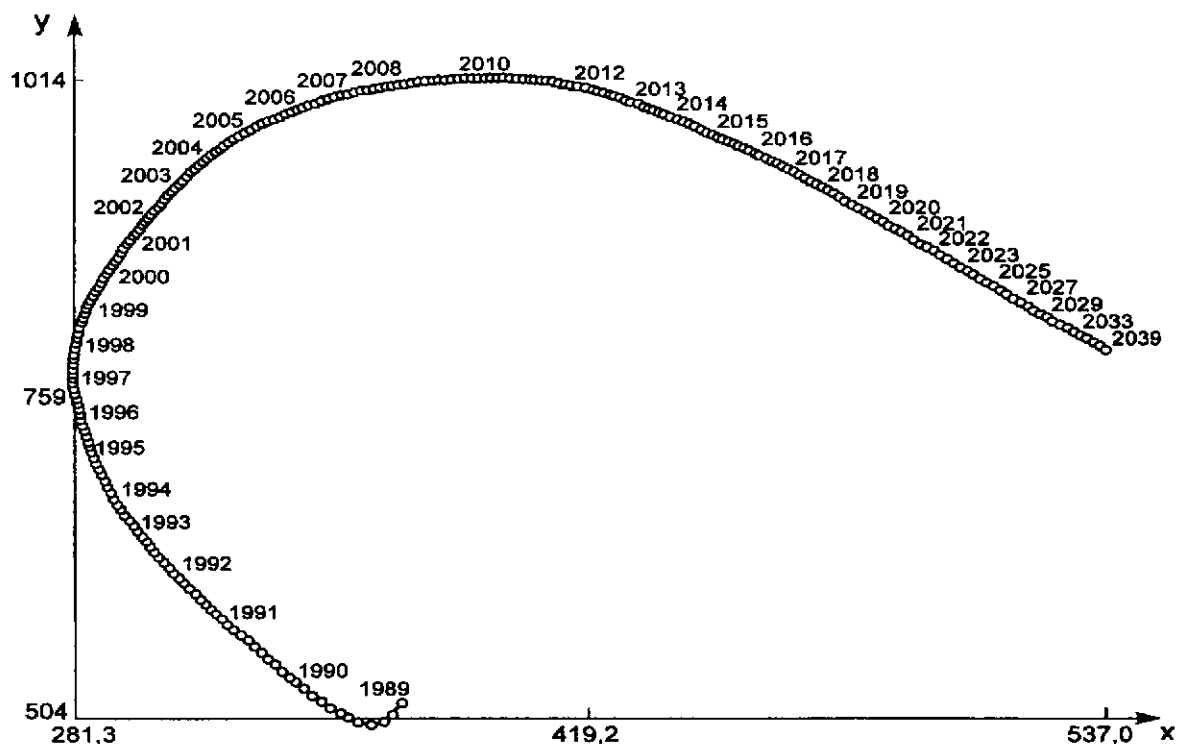


Рис.7. Реализованная промышленная продукция ( $y$ ) и загрязнение воздуха газообразными выбросами ( $x$ ). Результаты имитации. Сценарий 1. Ход траектории найден из решения дифференциальных уравнений. 1989 – 2039 – годы периода имитации.

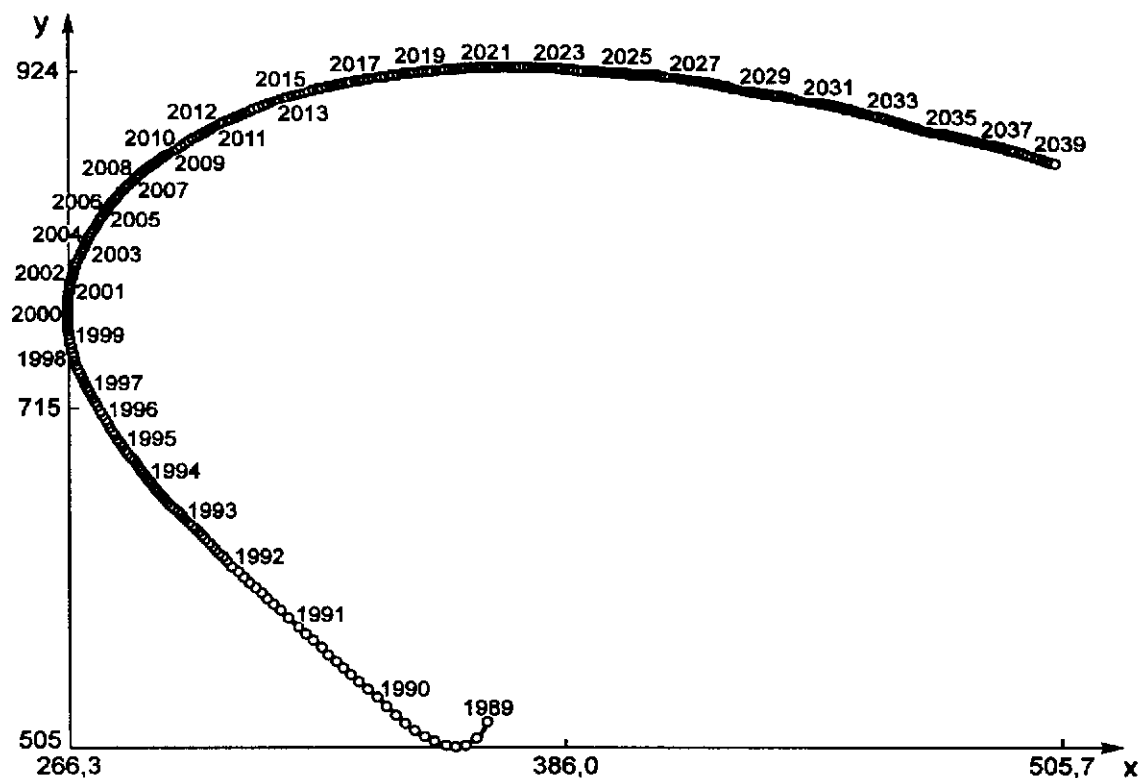


Рис.8. Реализованная промышленная продукция ( $y$ ) и загрязнение воздуха газообразными выбросами ( $x$ ). Результаты имитации. Сценарий 2. Ход траектории найден из решения дифференциальных уравнений. 1989 – 2039 – годы периода имитации.

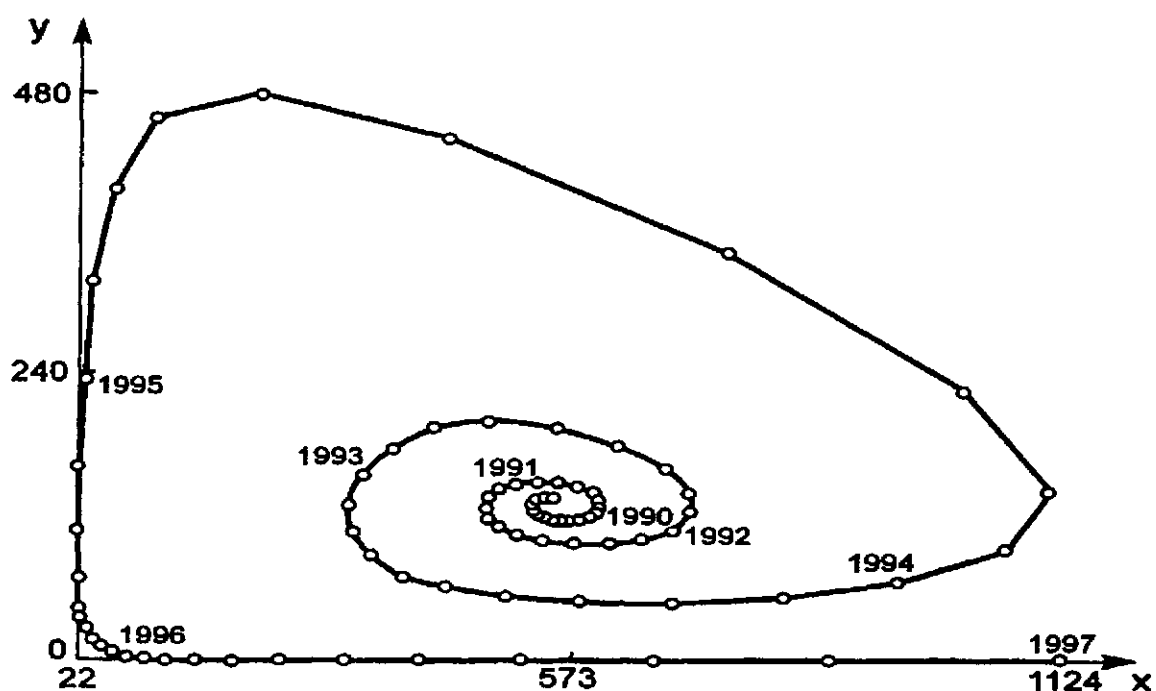


Рис.9. Экспорт ( $y$ ) и национальный доход ( $x$ ). Результаты имитации. Сценарий 1. Ход траектории найден из решения дифференциальных уравнений. 1989 – 1997 – годы периода имитации.

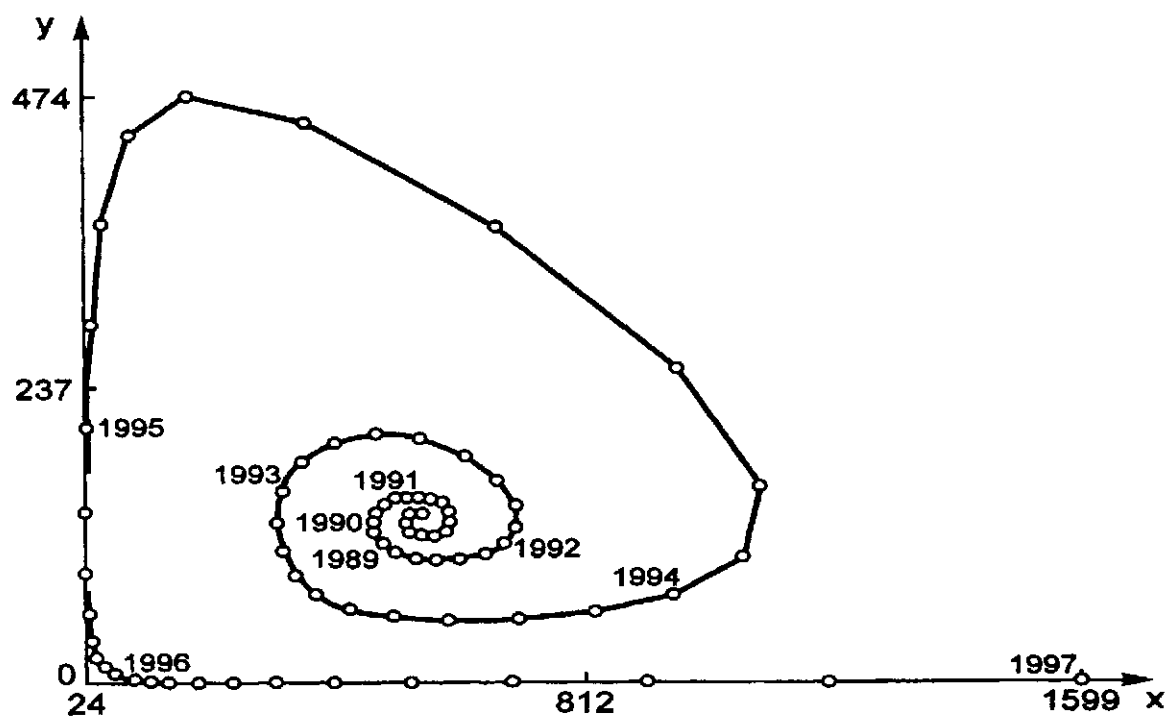


Рис.10. Экспорт ( $y$ ) и национальный доход ( $x$ ). Результаты имитации. Сценарий 2. Ход траектории найден из решения дифференциальных уравнений. 1989 – 1997 – годы периода имитации.

механизмов и ограниченное вмешательство государства, отрезок, напротив, выпрямляется. Таким образом, можно допустить, что траектория будет развиваться в направлении неустойчивости.

Траектория системы «национальный доход — экспорт» (рис. 9 и 10) обнаруживает отчетливую тенденцию. В обоих сценариях она последовательно развивается в неустойчивый граничный цикл. Это легко установить, наблюдая значение годов. В эллипс центр цикла положен начальный год, 1989-й. Положение в более поздние годы вычерчивает спираль, раскручивающаяся наружу. Однако между обоими сценариями возникает различие. В первом сценарии, при условии растущей открытости польской экономики и возрастающей конкурентоспособности, траектория вытягивается вдоль оси  $x$ , что означает рост национального дохода при данном уровне экспорта. Во втором сценарии, при условии растущей открытости и малоэффективного экспорта, траектория не заходит так далеко — значит, при данном уровне экспорта национальный доход относительно меньший. Неустойчивость системы «национальный доход — экспорт» за короткое время приводит к поворотному моменту. Чтобы ответить на вопрос, в направлении каких (благоприятных или неблагоприятных) соотношений «национальный доход — экспорт» произойдет поворот, надо провести дополнительные исследования. Важность таких исследований и определения вытекающих из них направлений эффективной экономической политики не подлежит сомнению.

### Заключение

Развитие парадигмы эволюции в экономической географии способствует углублению исследований и их распространению на новые области. В частности, оно позволяет проникнуть в суть механизма изменений экономико-географических систем. Более полное познание механизма обеспечивает более глубокое исследование процессов, находящихся в сфере интересов экономической географии. Это в свою очередь делает возможной идентификацию факторов, с помощью которых можно воздействовать на протекание и результаты процессов. Это расширяет научную базу

для формулирования территориальной, экономической и региональной политики.

Мы представляем результаты исследований, являющихся продолжением предыдущей работы, касающейся территориальной самоорганизации. Предметом настоящих исследований является динамика нелинейных систем.

Более подробно были исследованы две проблемы: флуктуации в процессе структурных преобразований и устойчивость преобразованных систем. Изучение первой проблемы привело к построению нелинейных динамических моделей, представляющих собой аппроксимацию статистических рядов, в которых проявляются флуктуации, наблюдаемые в процессе трансформации экономической системы. В целях идентификации моделей проведена оценка параметров. Исследование второй проблемы ставило целью нахождение ответа на вопрос, будут ли экономико-географические системы после глубоких флуктуаций, структурных преобразований и выхода на новую траекторию способны к саморегулированию и самоуправлению, что является необходимым условием развития в системе рыночной экономики. Поиск ответа шел в ходе изучения проблемы устойчивости этих систем. Исследовались 3 системы: взаимозависимость розничной продажи товаров и численности населения в Варшавском воеводстве, соотношения загрязнения воздуха газообразными выбросами и реализованной промышленной продукции и соотношения экспорта и национального дохода.

### ЛИТЕРАТУРА

*Dendrinos D.S.* Empirical evidence of Volterra-Lotka dynamics in US metropolitan areas: 1940 — 1977 // Griffith D., Lea T. (eds.) *Evolving, Geographical Structures*, Martinus Nijhoff, The Hague, 1982.

*Domański R.* Transformacja systemów miejskich w terminach synergetyki // *Przegląd Geograficzny*. 1995. T. LXVII, z. 1–2. S. 3–16.

*Leszczycki S., Domański R.* *Geografia Polski*. Społeczno-ekonomiczna. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1995.

