

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И
ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ»**

**Коинтеграция с меняющимися во времени
параметрами: обзор литературы**

Маликова Е. В.

Москва, 2022

Аннотация. В данной работе произведен обзор литературы, посвященной анализу коинтегрированных временных рядов в экономике, где параметры коинтеграции изменяются во времени. Рассмотрены основные исследования, в которых разрабатываются методы моделирования движения параметров, разные подходы к оценке модели, а также тесты на коинтеграцию. Кроме того, выделены области применения моделей коинтеграции с меняющимися во времени параметрами в макроэкономических исследованиях.

Маликова Е. В., младший научный сотрудник Центра математического моделирования ИПЭИ РАНХиГС.

Препринт подготовлен в рамках выполнения научно-исследовательской работы государственного задания РАНХиГС.

Оглавление

Введение	4
1 Краткий обзор основополагающих статей.....	5
2 Спрос на деньги. Издержки инфляции.....	9
3 Спрос на товары (топливо, автомобили и т. п.).....	13
4 Влияние нефтяных цен на экономику	16
5 Инвестиции – сбережения. Парадокс Фельдштейна-Хориоки.	18
6 Моделирование валютного курса. Паритет покупательной способности.....	20
7 Глобальное потепление и концентрация парниковых газов. Экологическая кривая Кузнеца.....	24
Заключение.....	27
Список литературы.....	28

Введение

Коинтеграция рядов в макроэкономике является широко используемым подходом в изучении многих вопросов. Макроэкономисты зачастую сталкиваются с показателями, коинтегрированными между собой, например, в уравнениях спроса (на деньги, топливо, другие товары), связи сбережений и инвестиций, ППС, влияния концентрации парниковых газов на глобальное потепление и др.

Коинтеграция является эффективной основой для моделирования долгосрочных экономических отношений и интерпретации моделей, включающих нестационарные переменные. Например, в одной из первых статей, в которой было введено понятие коинтеграции, [1] на многих примерах обнаруживается коинтеграция между потреблением и доходом, краткосрочными и долгосрочными процентными ставками, номинальным ВВП и денежной массой M_2 .

Однако, коинтеграция может ложно не обнаруживаться в силу неправильной спецификации эмпирической модели, – из-за существования пропущенных переменных или *нестабильности параметров*. В основном понятие коинтеграции используется для описания долгосрочных отношений и оценивается с использованием достаточно больших интервалов данных, в таком случае нестабильность параметров вполне вероятна. В долгосрочной перспективе отношение между переменными зачастую меняется вследствие структурных изменений, экономических кризисов, реформ, технологического прогресса.

Для решения проблемы нестабильности параметров применяются коинтеграционные соотношения, меняющиеся во времени. В частности, такой подход разрабатывается в статьях [2], [3].

1 Краткий обзор основополагающих статей

В работе [2] авторы иллюстрируют новую методологию анализа коинтеграционных соотношений на примере простой эконометрической модели, – функции спроса на автомобили в США. Анализ производится на ежемесячных данных с января 1959 года по октябрь 1997 года. Проведенные тесты поддерживают гипотезу о наличии единичных корней во всех переменных уравнения спроса на автомобили (логарифм личных потребительских расходов на новые автомобили, логарифм личного располагаемого дохода, трехмесячная ставка казначейских векселей в процентах в год и логарифм индекса потребительских цен на новые автомобили с базовым 1983 годом). В работе авторы используют коинтегрирующую регрессию с меняющимися во времени параметрами (TVC), которые генерируются гладкой функцией времени с помощью разложений в ряд Фурье. Авторы выводят асимптотические свойства задействованных полупараметрических ситовых оценок и предлагают несколько тестов спецификации на основе остатков. Таким образом рассматриваются коинтеграционные отношения, которые меняются или плавно развиваются с течением времени. Такие регрессии полезны для моделирования долгосрочных экономических отношений, так как медленное изменение с течением времени может характеризовать долгосрочный спрос на многие товары. Причиной плавного изменения, среди прочего, является устойчивость привычки.

Коэффициенты модели оцениваются непараметрически, с использованием модифицированных оценок рядов. Представлен эффективный метод оценки, основанный на простой предварительной фильтрации данных и предварительной оценке модели. Также в статье разработаны тесты на адекватность спецификации модели. Первый класс тестов сравнивает TVC модель с коинтегрирующей регрессией с фиксированными коэффициентами (FC). Таким образом, тест предполагает, наличие коинтеграции в обоих моделях, но вопрос состоит в том, меняются ли коэффициенты или нет. Второй класс тестов сравнивает TVC модель с ложной регрессией с меняющимися во времени коэффициентами. То есть предполагается, что коэффициенты зависят от времени, а тест проверяет имеет ли место коинтеграция.

Авторы показали, что спрос на автомобили в США действительно можно смоделировать с помощью коинтегрирующей регрессии с плавно меняющимися во времени коэффициентами. Эмпирические результаты анализа демонстрируют релевантность разработанной модели и методов.

В работе [3] предлагается тест отношения правдоподобия для изменяющейся во времени коинтеграции, где в качестве нулевой гипотезы представлена стандартная

коинтеграция, фиксированная во времени. Коинтеграционные векторы в векторной модели коррекции ошибок (VECM) – гладкие функции от времени, аналогично [2]. В частности, авторы предлагают моделировать эти изменяющиеся во времени коинтеграционные векторы с помощью разложений в терминах временных полиномов Чебышева. Результирующая расширенная VECM оценена методом максимального правдоподобия. Нулевая гипотеза стандартной коинтеграции соответствует гипотезе о том, что параметры в VECM, которые связаны с многочленами времени Чебышева, совместно равны нулю. Последняя гипотеза проверяется с помощью теста отношения правдоподобия.

Тест в [3] применяется к гипотезе паритета покупательной способности международных цен и номинальных обменных курсов, в результате авторы находят свидетельства в пользу изменяющейся во времени коинтеграции. Линейные модели VECM могут не обнаруживать долгосрочный паритет покупательной способности по причине наличия транзакционных издержек в равновесных моделях определения реального обменного курса, которые подразумевают нелинейный процесс корректировки в отношениях ППС.

Тест, предложенный [3], распространяет работу [2] на многомерный случай VECM, и он особенно полезен для сравнения различных спецификаций с точки зрения стабильности, поскольку помещает инвариантную по времени модель в нулевую гипотезу. Это позволяет оценивать и выбирать модели, а не только тестировать параметры на структурные изменения. Однако в данном подходе недоступна процедура определения ранга коинтеграции, следовательно, необходимо выполнять тест, обусловленный различными значениями ранга.

В исследованиях коинтеграции существует множество подходов, моделирующих разрывы или другие формы нелинейности в коинтеграционных отношениях. Однако, в большинстве своем, они не используют байесовский подход. Имеются теоретические и эмпирические основания полагать, что параметры макроэкономических моделей могут меняться с течением времени. Однако работа с моделями с изменяющимися во времени параметрами в основном включала векторную авторегрессию (VAR), игнорируя коинтеграцию.

В статье [4] разрабатываются байесовские методы для TVP-VECM. Авторы используют спецификацию, которая позволяет коинтегрирующему пространству развиваться во времени способом, сравнимым с вариацией случайного блуждания, используемой в TVP-VAR. В случае с TVP-VAR теоретические мотивы к изменению параметров во времени довольно неформальны (например, принято утверждать, что

финансовая либерализация или изменения в денежно-кредитной политике могут привести к изменению взаимосвязей между макроэкономическими переменными и, следовательно, должны измениться коэффициенты в VAR). К концепции коинтеграции многие макроэкономические теории относятся более формально. Например, в работе [5] макроэконометрическая модель коинтеграции включает отношение паритета покупательной способности, условие паритета процентных ставок, неоклассическую модель роста, гипотезу Фишера и теорию портфельного баланса. Многие макроэкономисты находят такой подход, подкрепленный экономической теорией, привлекательным, поскольку он объединяет процесс эмпирического моделирования с экономической теорией.

Это стремление сочетать макроэкономические модели с эмпирической реальностью изменения параметров, определило необходимость модели векторной коррекции ошибок с изменяющимися во времени параметрами (TVP-VECM), сравнимой с TVP-VAR. Авторы [4] предполагают, что коинтеграционные отношения изменяются с течением времени сравнимо с коэффициентами VAR в TVP-VAR. Кроме того, обнаружение меняющейся во времени коинтегрирующей зависимости обычно дает гораздо больше информации о лежащей в основе экономической теории, чем обнаружение того, что коэффициенты редуцированной формы VAR изменились. Результатом работы стала модель, в которой коинтеграционное пространство развивается с течением времени, аналогично вариации случайных блужданий.

В статье [6] излагается основа для байесовского анализа коинтеграции, подверженной переключению режимов, представлен набор байесовских инструментов для работы с векторными моделями коррекции ошибок (VECM). Важным аспектом подхода в работе [6] является то, что ранг коинтеграции может меняться в зависимости от режима или ограничений, налагаемых экономической теорией, в разные периоды времени. Например, паритет покупательной способности мог выполняться в одно десятилетие и не выполняться в другое. Кроме того, на практике, как правило, неясно, что определяет изменения в режиме.

Из моделей, допускающих смену режима, модели структурных сдвигов предполагают, что сдвиги происходят в определенные моменты времени, а режимы не повторяются. Модели марковского переключения допускают повторение режимов (т. е. модель переключается между динамикой роста и рецессии). Эмпирически целесообразно работать с модельным пространством, допускающим ряд таких возможностей. Таким образом, окончательный вклад статьи [6] заключается в том, что авторами предложена более богатая трактовка смены режима, допускающая как структурный сдвиг, так и

марковское переключение. Эмпирическое исследование приведено на примере эффекта Фишера.

Эффект Фишера — это теория, которая подразумевает, что постоянное изменение инфляции вызовет в долгосрочной перспективе такое же изменение номинальной процентной ставки. Или, что то же самое, монетарные шоки не повлияют на реальную процентную ставку в долгосрочной перспективе. Это может означать коинтегрирующую связь между инфляцией, π_t , и процентной ставкой, i_t , с коинтегрирующим вектором $(1, -1)'$. Эта взаимосвязь исследовалась в многочисленных работах для многих стран, и часто оказывается, что она не выполняется.

В работе [6] рассмотрен случай Франции, смоделирована коинтеграция между инфляцией (ИПЦ) и процентной ставкой (3-месячная ставка казначейских векселей) на временном промежутке с 1970 года по 2012 год. По результатам сравнения моделей, предпочтение отдается VECM с Марковским переключением режимов по сравнению с VECM со структурным разрывом или постоянными коэффициентами. Авторы приходят к выводу о том, что эффект Фишера выполняется в 1970-е годы, начало 1980-х годов, в середине 1990-х годов и в конце выборки. Такое поведение больше соответствует процессу марковского переключения, чем модели структурного разрыва, и именно поэтому модели марковского переключения показывают наилучший результат в анализе.

В работе [7] авторы оценивают TVC модель с помощью фильтра Калмана. Авторами предложена методология оценивания и тестирования для надежного восстановления нестабильности в коинтеграционных векторах. На численном примере и аналитически показано, что, когда модель в пространстве состояний с изменяющимися во времени коэффициентами (TVSSM) является ложной, поскольку член ошибки содержит единичный корень, фильтр Калмана подавляет нестационарность в ошибке, и она снова появляется в оцениваемой переменной состояния, что затрудняет обнаружение проблемы.

Методология авторов [7] позволяет использовать фильтр Калмана при наличии интегрированных переменных без риска обнаружения ложной зависимости. При этом предложенная методология успешно различает случаи отсутствия коинтеграции, фиксированной коинтеграции и изменяющейся во времени коинтеграции. Предложенные тесты применяются для анализа взаимосвязи между концентрациями парниковых газов и глобальными температурами, что важно как для ученых-климатологов, так и для экономистов.

2 Спрос на деньги. Издержки инфляции.

Долгосрочный спрос на деньги является предметом изучения как экономистов, так и политиков. Эластичность дохода измеряет скорость денежной экспансии в долгосрочной перспективе, в то время как эластичность процентной ставки представляет собой чувствительность готовности домохозяйства сберегать деньги по отношению к изменению денежно-кредитной политики. Кроме того, усилия центрального банка по контролю денежной массы и выбору действенных инструментов политики в решающей степени зависят от соотношения между количеством денег и некоторыми ключевыми показателями реальной экономики. Однако подход с фиксированными коэффициентами в изучении спроса на деньги может не отразить долгосрочную взаимосвязь, когда экономические условия и политические режимы меняются с течением времени.

Экономическая теория предполагает, что между деньгами, доходом и процентной ставкой должна существовать долгосрочная связь. Эмпирические исследования подтверждают данное предположение. Общий консенсус, достигнутый исследованиями на примерах разных стран, заключается в том, что как широкая денежная масса (M2), так и узкая денежная масса (M1) коинтегрированы с располагаемым доходом и процентными ставками.

Традиционный подход в анализе спроса на деньги предполагает использование модели коинтегрирующей регрессии с фиксированными коэффициентами, однако такой подход не применим к переходным экономикам. В работе [8] анализ переходной экономики Китая производится с использованием меняющейся во времени коинтегрирующей регрессии на основе ежеквартальных данных с 1996 по 2009 год. Развивающиеся экономики существенно отличаются с точки зрения экономической открытости, зрелости финансового рынка и макроэкономической среды, что ставит новые задачи в моделировании и оценке функции спроса на деньги. Например, проблема стабильности долгосрочного спроса на деньги становится сложной, если в стране происходят институциональные изменения, как в случае с Китаем. Поскольку китайская экономика находилась в процессе перехода от централизованно планируемой экономики к рыночной, финансовая система, а также денежно-кредитная политика также находились в процессе перехода.

Общим признаком экономических реформ в Китае являлось то, что процесс шел плавно и постепенно, без отчетливых или резких смен режимов, хотя сами реформы были весьма фундаментальны. Таким образом, для экономики с постепенным институциональным переходом, непостоянство параметров уравнения спроса на деньги

из-за быстрого развития финансовых институтов и рынков является скорее фактом, нежели просто предположением. Доказательства в пользу нестабильности спроса на деньги (для M2) в Китае приведены в [9], [10]. Для решения данной проблемы авторами используется метод плавно изменяющейся во времени коинтегрирующей регрессии (TVС). Такой подход позволяет не задавать экзогенно даты структурных сдвигов, использовать информацию на максимально длинных интервалах и интерпретировать обнаруженную коинтегрирующую связь как долгосрочную, все это позволяет изучать механизмы экономики, стоящие за исследуемыми процессами. Используя предложенный в [2] подход, авторы обнаруживают долгосрочную меняющуюся во времени устойчивую взаимосвязь.

Моделирование спроса на деньги также является основой для анализа издержек инфляции. Идея рассмотрения издержек инфляции (изменений в благосостоянии, вызванных инфляцией) заимствована макроэкономистами из микроэкономики. Традиционный подход, рассматривающий реальные денежные остатки как потребительский товар, а инфляцию как налог на реальные остатки, измеряет издержки для благосостояния как соответствующую область под кривой спроса на деньги.

В работе [11] методология меняющейся во времени коинтегрирующей регрессии (TVС) из [3] применяется для оценки функции спроса на деньги, что позволяет переоценить издержки инфляции для экономики США. Анализ производится на квартальных данных с 1959 по 2010 год. Нефтяной кризис в США в 1973 году и последующие экономические события поставили под сомнение общепринятое мнение о стабильности спроса на деньги. И, в то время как другие исследования рассматривали краткосрочную динамику денежного рынка, в работе [11] оцениваются долгосрочные изменения в структуре (т. е. эластичности) спроса на деньги с использованием TVС модели.

Поскольку издержки для благосостояния, связанные с инфляцией, охватывают долгосрочные эффекты, в первую очередь расчет издержек инфляции заключается в поиске долгосрочных отношений в спросе на деньги. Таким образом необходимо определить существует ли коинтегрирующая связь между переменными в функции спроса на деньги. Однако тот факт, что коинтеграция не обнаруживается в традиционном ее виде (с фиксированными коэффициентами) не обязательно означает, что коинтеграция между рядами отсутствует.

Авторы работы [11] приходят к выводу, что однозначная оценка издержек инфляции, полученная с помощью стандартных методов коинтеграции, отражает выборочное среднее расчетных издержек инфляции в каждый момент времени. В то время

как TVC подход позволяет связать периоды, когда стоимость благосостояния падает ниже или выше среднего, с положением делового цикла в США. Например, обнаружено, что издержки инфляции в среднем на 7,4% выше во время экономического подъема, чем во время рецессии, при уровне инфляции 10%.

И хотя выводы хорошо согласуются с исследованиями, использующими подход с фиксированными коэффициентами, авторы приводят доказательства того, что TVC оценка лучше соответствует фактическим данным. А также обнаружена существенная изменчивость процентной эластичности спроса на деньги за весь период выборки.

В статье [12] также представлен анализ издержек инфляции, динамики спроса на деньги и, в частности, процентной эластичности спроса. TVC подход позволяет оценить изменение во времени коинтеграции между процентными ставками и деньгами.

Предполагая, что денежные запасы домохозяйств и потребительские предпочтения неразделимы, авторы [12] демонстрируют, что процентная эластичность спроса на деньги – это функция от предпочтений домохозяйств держать реальные денежные остатки, коэффициента замещения потребления и реальных денежных остатков, трендовой инфляции и процентных ставок. Таким образом микроэкономическая интерпретация полуэластичности спроса на деньги по процентным ставкам и издержек инфляции дает четкое обоснование для структурных факторов изменений в спросе на деньги, наблюдаемых в различные периоды выборки. Эмпирическое исследование данных США показало, что в 1970-е годы процентная эластичность спроса на деньги постепенно снижалась из-за высокой трендовой инфляции. Дальнейшее снижение процентной эластичности спроса на деньги наблюдалось в 1980-х годах из-за изменения предпочтений домохозяйств, возникшего в ответ на финансовые инновации. Эти события привели к снижению издержек инфляции для благосостояния, что впоследствии объясняет повышение монетарной нейтральности, наблюдаемое в данных. Также тот факт, что процентная полуэластичность спроса изменяется в течение времени, способствует нестабильности спроса на деньги.

В статье [13] также применяется тест на меняющуюся во времени коинтеграцию из [3], с целью пересмотреть полезность долгосрочных уравнений спроса на деньги для Европейского центрального банка. Авторы предлагают новое уравнение стабильного спроса, основанное на двух важнейших факторах: спекулятивном мотиве, представленном отечественными и зарубежными отношениями цены к прибыли, и мотиве предосторожности, измеряемом изменениями уровня безработицы. Проводится сравнение различных спецификаций модели, после чего авторы приходят к решению проблемы нестабильности долгосрочного спроса на денежную массу M3. Ключевыми движущими

силами динамики широкого денежного агрегата в странах еврозоны после 2001 года являются спред коэффициентов цены и прибыли с активами США, представляющий собой спекулятивный мотив хранения денег, и изменения уровня безработицы, отражающего мотив предосторожности. На основе этих результатов оценивается новая стабильная VECM для денег, фондовых рынков и безработицы. Выявленная долгосрочная структура имеет содержательную экономическую интерпретацию, авторы идентифицируют уравнение спроса на деньги, уравнение совокупного спроса и связь между кривой доходности и инфляцией.

Кроме того, эта модель позволяет получить актуальные политические выводы для Европейского центрального банка. Глобальный финансовый кризис 2008–2009 гг. вызвал новый интерес к роли денег в деловом и финансовом цикле. В работе [13] авторы из нового уравнения стабильного спроса на деньги получают меру избыточной ликвидности (относительно ее долгосрочного равновесия), которая обеспечивает ценный сигнал как для будущих финансовых дисбалансов, так и для инфляционного давления. А также мера избыточной ликвидности имеет статистически значимое, хотя и слабое дополнительное прогностическое содержание для прогнозирования инфляции. В целом, эти данные указывают на возможную эволюцию денежно-кредитной политики в направлении обеспечения финансовой стабильности и исключение внезапного инфляционного всплеска, вызванного ликвидностью, после длительного периода нетрадиционных монетарных мер.

Результаты модели TVC в работе [13] устойчивы к оценке на разных временных интервалах, т. е. как в обычное время, так и при расширении выборки до данных, охватывающих Глобальный финансовый кризис, кризис суверенного долга и нетрадиционные меры монетарной политики, принятые ЕЦБ. Кроме того, модель помогает прогнозировать рост M3 в зоне евро как в обычное время, так и во времена финансового стресса.

Связь между ценой на золото и инфляцией, а также ее стабильность во времени, исследуется в работе [14]. Повышенный академический интерес к характеру и степени роли золота на финансовых рынках был связан с концом Бреттон-Вудской системы в 1971 году и переходом Соединенных Штатов Америки от валюты, привязанной к золоту, к фиатной валюте. Анализ производится для трех стран (США, Великобритания и Япония) на периоде с 1974 по 2014 гг. с использованием месячных данных. Авторы используют методологию изменяющейся во времени модели коррекции ошибок из работы [3] для анализа связи между ценой на золото и различными индексами инфляции (CPI, индекс потребительских цен; PPI, индекс цен производителей; показатель денежной массы,

выбран наиболее ликвидный для каждой страны), все показатели представлены в реальных ценах.

Согласуясь с предыдущими результатами, авторы [14] находят доказательства меняющейся во времени коинтеграции золота и как ожидаемой, так и фактической инфляции почти во всех случаях. Формальные данные указывают на разрыв связи между золотом и официальной инфляцией в середине 1990-х годов в США. На протяжении почти всего 40-летнего периода золото обеспечивало защиту от увеличения денежной массы в США и Великобритании, но не в Японии. В Соединенном Королевстве золото обеспечивало защиту как от роста уровня инфляции, так и от роста денежной массы. В целом, результаты для Японии сильно отличаются, цена на золото оказывается не коинтегрирована с PPI и денежной массой, но коинтегрирована с CPI, это позволяет сделать вывод о том, что золото не является оптимальной защитой от инфляции в Японии. Также результаты TVC модели для Японии указывают на то, что коинтеграция цены золота и CPI наблюдается только в периоды инфляции.

3 Спрос на товары (топливо, автомобили и т. п.)

TVC подход позволяет моделировать спрос на различные товары, проследить динамику эластичностей спроса.

В работе [15] с помощью изменяющейся во времени коинтегрирующей регрессии моделируется спрос на бензин в США с 1976 по 2008 год. Авторы используют метод, предложенный Парком и Ханом [2] для оценки изменяющейся во времени эластичности спроса на бензин в США по цене и доходу. На основании анализа представлены доказательства того, что эластичности по цене и доходу менялись за последние несколько десятилетий, а также показано, когда и почему произошли эти изменения. Эластичность по доходу имеет ту же модель изменения, что и эластичность по цене, однако их величина и вариация намного меньше в сравнении с эластичностью по цене.

Авторы [15] отмечают два явных преимущества TVC модели. Эластичность по цене и доходу различается между двумя периодами 1975–1980 и 2001–2006 годов. Однако, анализ выборок отдельно приводит к значительному уменьшению размера выборки и может привести к неэффективности оценки. В то время как модель с изменяющимися во времени параметрами использует для оценки полную по времени выборку. Кроме того, модель также помогает обнаружить поворотные точки эластичности. Традиционная модель коинтегрирующей регрессии предполагает «постоянную» долгосрочную зависимость. Таким образом, когда происходят структурные изменения в долгосрочных

отношениях, традиционная модель не может учесть такие изменения и, следовательно, отвергает существование отношений коинтеграции. Однако такие структурные изменения могут быть реализованы в TVC модели гладкими нестационарными коэффициентами.

В результате оценки было обнаружено, что ценовая эластичность быстро увеличивалась в конце 1970-х годов, а затем снижалась до 1987 года. После относительно мелкомасштабного периода колебаний с 1987 по 2000 год ценовая эластичность снова выросла после 2000 года. Также отмечено изменение степени необходимости бензина. Нет никаких сомнений в том, что бензин в США является скорее необходимостью, чем предметом роскоши. Однако степень необходимости может меняться со временем.

Спрос на бензин для Швейцарии моделируется в работе [16]. С целью оценки изменяющейся во времени эластичности спроса исследуется TVC модель. Методология, основанная на полиномах Чебышева, описана в [3]. На основе эмпирического анализа утверждено, что предположение об неизменности во времени не выполняется для долгосрочной эластичности по цене и доходу. Кроме того, авторы подчеркивают, что спрос на бензин прошел через несколько периодов чувствительности и нечувствительности по отношению к цене. Также работа имеет большое значение для оценки эффективности налога на бензин как инструмента политики сокращения выбросов CO₂. Такой инструмент может способствовать сокращению выбросов парниковых газов только в том случае, если спрос является эластичным по цене. Результаты исследования показывают, что такой налог на выбросы углерода не всегда работает, поскольку ценовая эластичность не является стабильной во времени и не всегда значительна. Методология TVC позволила оценить модель на большом временном периоде с 1973 по 2010 год. Результаты показывают, что предположение об неизменности во времени эластичностей по цене и доходу решительно отвергается. Так, например, даже если спрос на бензин в целом слабо эластичен или неэластичен по цене, обнаружены эмпирические доказательства того, что эта эластичность тем не менее значительна для некоторых подпериодов.

Исследуемый подход применяется также к анализу спроса на электричество. Например, в работе [17]. Общеизвестно, что долгосрочная эластичность спроса на электроэнергию не является стабильной во времени. Очевидным недостатком традиционных подходов к моделированию структурных сдвигов является то, что они допускают только внезапные изменения эластичности в небольшое количество моментов времени и не могут быть надежно использованы для прогнозирования. Более того, если эластичности меняются постепенно, из-за распространения технологий и т. д., модель с

дискретными разрывами не подходит. Вместо этого нестабильность параметра может быть смоделирована как гладкая функция времени или других переменных.

Рыночный спрос на электроэнергию имеет огромное значение для производителей в энергетическом секторе и политиков. Прогнозы спроса имеют решающее значение для определения резервной маржи, а эластичность спроса необходима для определения последствий изменения доходов и цен для благосостояния. Это особенно важно на рынках электроэнергии, поскольку электроэнергию нельзя хранить в значительных количествах, генерирующие мощности ограничены, а розничные рынки, как правило, жестко регулируются. В связи с этим необходим анализ спроса на электроэнергию.

Авторы используют TVC подход при моделировании долгосрочного отраслевого спроса на электроэнергию. В частности, коэффициент при доходе или выпуске следует гладкой полупараметрической функции от времени, обеспечивая гибкую спецификацию, которая позволяет делать более точные вневыборочные прогнозы, чем фиксированная или дискретно изменяющаяся регрессия. Модель построена на данных по Корее за период с 1995 по 2012 года для жилого сектора и с 1985 по 2012 года для коммерческого и промышленного секторов. Быстрое развитие Кореи в этот период дает очень четкие основания для того, чтобы позволить коэффициенту при доходе/выпуске изменяться с течением времени.

Оценка предлагаемой коинтегрирующей регрессии TVC может быть последовательно оценена с использованием метода наименьших квадратов. Асимптотически достоверный вывод требует только дополнительной оценки долгосрочной дисперсии. Поскольку полупараметрический подход из работы [2] в частности и подходы TVC в целом не столь экономны, как модели FC, авторы [17] допускают изменение во времени не всех коэффициентов модели, а только эластичности по доходу и выпуску, остальные коэффициенты оставляя фиксированными. В данной работе этот выбор оправдан как быстрым экономическим ростом Кореи, так и жестким регулированием цен на электроэнергию в Корее. Цена долгое время была переменной политики в Корее и поддерживалась на уровне даже ниже себестоимости, поэтому нет веских причин допускать изменения во времени для влияния цен.

Также авторы приводят сравнение моделей FC и TVC, используя несколько эмпирических сравнений внутри выборки и вне выборки, включая долгосрочные и краткосрочные прогнозы. Модель TVC превосходит модель FC в каждом сравнении в каждом секторе корейского рынка электроэнергии. Причем улучшение оказывается весьма значительным.

4 Влияние нефтяных цен на экономику

Анализ влияния цен на нефть на экономическую активность имеет большое значение как для компаний, так и для политиков. Чтобы преодолеть ограничения, связанные с неизменностью параметров, также используется TVC подход.

В работе [18] изучается долгосрочная взаимосвязь между динамикой цен на нефть и экономической активностью, выраженная в ВВП. Учитывая фундаментальные сдвиги в долгосрочном спросе и предложении на товарных рынках, авторы выдвигают гипотезу о существовании структурных сдвигов в уравнениях и предполагают, что их необходимо моделировать в явном виде. Изменение коэффициентов во времени в данном случае обуславливается изменениями в денежно-кредитной политике, политической нестабильностью и изменением моделей потребления энергетических продуктов.

Авторы [18] также применяют подход асимметричной коинтеграции, с целью учесть различие реакций экономической активности на положительные и отрицательные скачки цен на нефть. Чтобы зафиксировать эту взаимосвязь, в работе использован метод TVC из работы [3]. Вместо предположения о фиксированной связи между экономической активностью и нефтью авторы моделируют постепенные и плавные изменения этой связи. Во-первых, авторами представлены статистические данные, отвергающие стандартную модель коинтеграции с постоянными коэффициентами, вместо этого подтверждающие идею о том, что между ценами на нефть и экономической активностью существует изменяющаяся во времени коинтеграционная связь. Преимущество TVC подхода по сравнению с другими методами нелинейной коинтеграции, особенно перед некоторыми моделями марковских переключений, заключается в том, что не нужно налагать априорных ограничений на наличие фиксированного числа режимов или конкретной нелинейной функциональной формы.

Авторы [18] обнаруживают свидетельства долгосрочной связи между нефтью и экономической активностью, которая развивалась в период с 1974 по 2015 годы, при этом основные события, такие как война в Персидском заливе и финансовализация товарных рынков, оказались движущими силами в экономике США, Европы и стран Большой семерки. По результатам исследования было установлено, что в долгосрочной связи между ценой на нефть и макроэкономической активностью, измеряемой ВВП в самых разных регионах, действительно присутствует переменный во времени компонент.

Результаты подчеркивают необходимость того, чтобы фирмы, инвесторы и политики учитывали изменение взаимосвязи между нефтью и макроэкономикой во времени. В частности, ключевым следствием для инвесторов является необходимость

применять гибкие подходы при открытии позиций либо непосредственно на нефтяных рынках, либо в связанных с нефтью секторах. Например, модели ценообразования для таких ценных бумаг должны явно учитывать изменяющуюся во времени зависимость, так как принятие подходов линейного моделирования может дезинформировать спекулятивные торговые стратегии. Также результаты показывают, что включение нескольких структурных сдвигов имеет первостепенное значение для фирм, которые оценивают индивидуальные стратегии хеджирования, привязанные к рынку нефти.

В работе [19] рассматривается влияние избытка нефти на экономический рост в ряде стран Ближнего Востока и Северной Африки (MENA) за период 1990–2013 гг. Также отмечено, что страны MENA, богатые нефтяными ресурсами, отличаются еще и наличием отечественной рабочей силы. Исследуется, так называемое, «проклятие ресурсов», – отрицательная связь между изобилием природных ресурсов и экономическим ростом. Авторы отмечают, что, если более ранние исследования приписывают наличие нефтяного проклятия голландской болезни, погоне за рентой, низкому институциональному качеству и отсутствию инвестиций в человеческий капитал, то недавняя литература ставит под сомнение эмпирическую обоснованность гипотезы нефтяного проклятия. Таким образом, результаты исследований «проклятия ресурсов» довольно противоречивы, – причиной этого может быть межстрановая неоднородность и зависимость. В данном случае авторы признают наличие неоднородности и зависимости между странами, используя TVC подход из работы [3] для оценки долгосрочной взаимосвязи между запасами нефти (вместе с контрольными переменными) и экономическим ростом, учитывая изменение влияния цен на нефть во времени.

В анализ в работе [19] включены меры институционального качества (право собственности, судебные процессы, свобода торговли и нормативно-правовая среда для бизнеса), путем учета количества экономических и институциональных реформ, проведенных этими странами за последние годы, чтобы оценить, по-разному ли влияет изобилие нефти на экономический рост. Что касается оценки TVC подхода, в данной работе принимается во внимание эволюция институционального качества и реформ. Помимо этого, в качестве контрольных переменных в понимании влияния запасов нефти на экономический рост в исследовании включены роль уровня образования, открытости торговли, прямых внутренних и иностранных инвестиций.

Результаты TVC модели показали, что более высокое институциональное качество снижает неблагоприятное влияние запасов нефти на реальные показатели экономики. Для всех стран MENA в исследуемой выборке влияние запасов нефти на рост было отрицательным вплоть до 2003 года, что подтверждает наличие «проклятия ресурсов».

Однако после 2003 года и до конца периода выборки запасы нефти оказывают положительное влияние на рост, вопреки гипотезе нефтяного проклятия. Предполагается, что такое изменение коэффициента при запасах нефти может быть связано с улучшением качества институтов и экономических реформ, которые произошли с течением времени в странах MENA. Значительный прогресс произошел в финансовых реформах, либерализации торговли, диверсификации и улучшении делового климата по сравнению с бедными нефтью странами региона. Плата за ресурсы позволила странам инициировать инфраструктурные проекты и экономические реформы для повышения уровня жизни благодаря большому притоку иностранной валюты.

5 Инвестиции – сбережения. Парадокс Фельдштейна-Хориоки.

Движение капитала между странами обширно исследуется в эмпирической литературе. Один из методов измерения степени мобильности капитала, предложенный Фельдштейном и Хориокой в 1980 году [20] (далее FH), заключается в оценке того, насколько сильно сбережения и инвестиции связаны между странами в определенный момент времени или во времени в определенной стране.

Согласно [20], если капитал совершенно мобилен, инвесторов волнует только норма доходности их инвестиций, а не страна, в которую они инвестируют. Это означает, что внутренние сбережения не обязательно должны быть связаны с внутренними инвестициями при совершенной международной мобильности капитала. Действительно, внутренние сбережения каждой страны реагируют и ищут возможности для инвестиций во всем мире, в то время как их внутренние инвестиции финансируются за счет мирового пула капитала. Основываясь на этом обосновании, в [20] была проведена регрессия внутренних инвестиций на внутренние сбережения для перекрестных выборок стран ОЭСР. Расчетные коэффициенты регрессии, коэффициенты Фельдштейна-Хориоки, были близки к единице. Этот вывод о том, что большая часть приростных сбережений, как правило, остается в стране происхождения, был неожиданным, поскольку предполагал, что капитал в международном масштабе был ближе к полной неподвижности, чем к абсолютной мобильности.

В статье [21] повторно исследуется взаимосвязь между внутренними инвестициями и внутренними сбережениями, где большое внимание уделяется тому, как она развивалась с течением времени, и уделяя особое внимание свойствам временных рядов данных. В случае нестационарности внутренних инвестиций и сбережений традиционный подход Фельдштейна-Хориоки может дать оценки, вводящие в заблуждение из-за проблемы

ложной регрессии. TVC метод позволяет нормам внутренних сбережений и инвестиций быть коинтегрированными, а коэффициенту Фельдштейна-Хориоки изменяться во времени. Изменения в коэффициенте модели показывают, как изменилась международная мобильность капитала. Авторы тестируют коэффициенты на стабильность. Далее оценивают модель коинтеграции переменных во времени коэффициентов (TVC) с полиномиальными и тригонометрическими функциями. На основании эмпирического исследования авторы строго отвергают стабильность коэффициентов Фельдштейна-Хориоки. Например, один из выводов указывает на то, что капитал перед Первой мировой войной был более мобильным, чем в последующие годы, а степень мобильности капитала в послевоенный период не имеет тенденции к монотонному увеличению. Таким образом, TVC подход позволяет измерить изменение международной мобильности капитала с течением времени.

Данный подход для изучения парадокса Фельдштейна-Хориоки также использовался в работе [22]. Корреляция между внутренними сбережениями и инвестициями может меняться с течением времени из-за смены режимов политики. Традиционный коинтеграционный подход предполагает, что между сбережениями и инвестициями существует долгосрочное равновесное соотношение с фиксированным коэффициентом. Однако экономическая структура со временем меняется, экономическая и финансовая ситуация не устойчива, что также оказывает влияние. Степень мобильности капитала также может меняться с течением времени из-за некоторых исторических событий, таких как преобладание режимов плавающего валютного курса, начиная с 1970-х годов, создание Европейского союза, азиатский финансовый кризис в 1997 году и мировой финансовый кризис в 2008 году. Таким образом, международная мобильность капитала, по сути, представляет собой изменяющееся во времени явление, которое не может быть представлено моделью с фиксированными коэффициентами. В работе [22] используется модель коинтеграции с переменными во времени коэффициентами, задающимися гладкой функцией, в которой параметры модели изменяются плавно, а не скачкообразно, как в модели со структурными сдвигами. Действительно, параметры в модели коинтеграции могут иметь некоторые структурные сдвиги. Однако, маловероятно, что структурный сдвиг немедленно влияет на модель, скорее структурные изменения вступают в силу через некоторое время, учитывая издержки меню, эффект от технологического прогресса или смены политики, которые могут иметь временной лаг. Анализ производится на данных по развитым и менее развитым странам. Показано, что коэффициенты Фельдштейна-Хориоки являются нестационарными, имеют единичный корень. Учитывая, что долг не может резко увеличиться, ограничение

платежеспособности в долгосрочном периоде требует, чтобы сальдо счета текущих операций было стационарным, из чего следует, что сбережения и инвестиции коинтегрированы. Установлено, что коэффициенты Фельдштейна-Хориоки высоки для развитых стран, но низки для менее развитых стран, что может быть объяснено различием ограничений долгосрочной платежеспособности между развитыми и менее развитыми странами. Для меняющейся во времени коинтеграции также обнаруживаются доказательства того, что величины коэффициентов ФХ с использованием квартальных данных не имеют существенного отличия от полученных при годовых данных. Кроме того, авторы отмечают, что коэффициент удержания сбережений изменяется волнообразно, а его вариативность ниже в развитых странах и выше в менее развитых. Анализ для развивающихся стран, таких как Боливия, Чили и Перу, указывает на большие колебания коэффициентов Фельдштейна-Хориоки, что свидетельствует о нестабильности их экономической структуры. Что касается Дании, Германии, Исландии и Норвегии, коэффициенты Фельдштейна-Хориоки медленно снижаются с течением времени, отражая постепенное улучшение экономической ситуации.

6 Моделирование валютного курса. Паритет покупательной способности.

Модель коинтеграции с меняющимися во времени коэффициентами применяется также для проверки паритета покупательной способности (ППС). ППС выполняется, когда общая корзина товаров и услуг, выраженная в единой валюте, стоит одинаково во всех странах. Существование ППС основано на предположении о совершенном товарном арбитраже между странами. Ожидается, что ППС сохраняется только в долгосрочной перспективе, потому что в краткосрочной перспективе, как правило, вмешиваются рыночные разногласия, такие как транзакционные издержки, налогообложение, торговые ограничения и различия в индексах цен между странами. Достоверность ППС важна для органов, разрабатывающих экономическую политику, поскольку они используют ППС для проверки того, не занижен ли обменный курс и существует ли разница между внутренней ценой и внешней.

В работе [23] модель с меняющимися во времени параметрами (TVC) из работы [2] используется для проверки паритета покупательной способности валют Юго-Восточной Азии, а также для отслеживания изменений отношений покупательной способности с течением времени. Экономика Юго-Восточной Азии претерпела ряд структурных изменений, в том числе азиатский валютный кризис в пост-Бреттон-Вудскую эпоху.

Концепция ППС имеет особое значение для Юго-Восточной Азии, потому что на основании ППС может быть выбрана общая валюта для будущего валютного союза между странами Юго-Восточной Азии.

Авторы [23] отмечают, что результаты, касающиеся ППС, зависят от эконометрических методологий, промежутка времени, охватываемого данными, выбора расчетной валюты, охвата периодов фиксированного обменного курса и других факторов. Различные эконометрические инструменты дают противоречивые результаты испытаний. Расширенный тест единичного корня Дики-Фуллера (ADF) обычно отклоняет ППС, в то время как панельные тесты единичного корня, как правило, поддерживают его. Поэтому в данной статье придерживаются альтернативного подхода. При тестировании ППС обменных курсов Юго-Восточной Азии с использованием долгосрочных данных авторы предполагают наличие некоторых структурных сдвигов и смены режимов. Для экономик Юго-Восточной Азии разумно предположить, что некоторые структурные изменения должны были произойти из-за быстрого экономического роста, смены политического режима и изменений в международной экономической среде. Восточноазиатский кризис 1997–1998 гг. оказал существенное влияние как на валютные рынки, так и на ППС в регионах.

TVC модель помогает решить две основные задачи. Во-первых, ППС валют Юго-Восточной Азии проверяется, допуская изменение соотношения между обменными курсами и разницей цен во времени. Это позволяет рассмотреть вопрос о том, действительно ли происходила смена режимов в странах Юго-Восточной Азии в пост-Бреттон-Вудскую эпоху. Во-вторых, характеризуя точную модель вариации, которая существует в отношениях между потребительскими ценами и обменными курсами, результаты могут быть полезны для принятия решений о долгосрочной политике обменного курса.

Основные эмпирические выводы заключаются в следующем. Категорически отвергается устойчивость связи между обменными курсами и разницей цен. Результаты двух тестов на нестабильность убедительно свидетельствуют о том, что взаимосвязь номинальных обменных курсов и разницы цен в странах Юго-Восточной Азии меняется со временем. Также результаты оценивания TVC модели позволяют сделать полезные выводы о ППС. Например, когда произошли структурные изменения и как эти структурные изменения повлияли на рассматриваемые отношения. Изменяющаяся во времени зависимость ППС в пересчете на доллар США сохраняется в одних странах и не выполняется в других. По этой причине не найдена общая характеристика определения обменного курса в странах Юго-Восточной Азии. Возможно, это значит, что страны Юго-

Восточной Азии могут иметь некоторые ограничения на формирование валютного союза или общей политики обменного курса.

Динамика валютного курса также является объектом исследования экономистов. Модель с изменяющимися во времени коэффициентами коинтеграции используется и для исследования движения обменного курса. Есть причины, по которым эти коэффициенты могут меняться с течением времени. Различные исследования показали, что основополагающие функции и отношения денежной модели имеют нестабильность параметров. Биренс и Мартинс [3] показали, что существует изменяющееся во времени отношение коинтеграции между переменными для гипотезы ППС.

В работе [24] рассматривается модель денег с меняющимися во времени коэффициентами коинтеграции (TVC) с целью объяснить движения валютного курса. Коэффициенты модели оцениваются непараметрически, с использованием функций рядов, предложенных в работе [2], что помогает избежать проблемы неправильной спецификации из-за нестабильности параметра или конкретной априорной функциональной формы. На основе статистического анализа отвергнута стандартная монетарная модель с постоянными коэффициентами коинтеграции, а также найдены свидетельства в пользу изменяющейся во времени взаимосвязи коинтеграции между обменными курсами и фундаментальными показателями денежной массы. Кроме того, авторы демонстрируют, что отклонения между обменным курсом и фундаментальными факторами от изменяющегося во времени отношения коинтеграции имеют сильную предсказательную силу для будущих изменений обменных курсов с помощью анализа в выборке, вне-выборочного анализа и тестов на точность направления.

Авторы [24] рассматривают модель двух стран, описываемую в четырех стандартных уравнениях: уравнения спроса на деньги в первой и второй стране, уравнение непокрытого паритета процентных ставок (UIP) и уравнение паритета покупательной способности (PPP). Авторы отмечают, что ограничения на параметры модели, налагаемые в предыдущих исследованиях, не реалистичны, а интерпретация уравнений в сознании инвесторов может меняться со временем, из-за чего коэффициенты также могут меняться. Использование TVC модели также мотивируется тем, что она учитывает нестационарность и эндогенность обменного курса и фундаментальных переменных и не делает никаких априорных предположений о дисперсии ошибок. При оценке изменяющихся во времени коэффициентов без ограничений на их движение или направление некоторые оцениваемые коэффициенты оказались не соответствующими стандартной денежной модели.

Выполнение паритета покупательной способности (ППС) между Китаем и Великобританией исследуется в работе [25]. Когда выполняются традиционные линейные тесты на единичный корень и тест на коинтеграцию неизменную во времени, обнаруживается фиксированное долгосрочное равновесие в Китае и Великобритании. Однако в таком случае невозможно проверить движение вектора коинтеграции. TVC подход позволяет устранить данное ограничение. Результат TVC модели показывает, что достоверность ППС для Китая меняется со временем. С другой стороны, ППС не выполняется на всем периоде для Великобритании.

Это исследование показывает, что эффект государственной политики варьируется в зависимости от степени открытости. В Китае с низкой степенью открытости политика, ориентированная на экспорт, оказала положительное влияние на ППС. Однако в Великобритании с высокой степенью открытости ППС не выполняется из-за роли обменного курса как цены актива и жесткости заработной платы в сторону понижения. Одним из результатов исследования стало то, что ППС в Китае выполнялся в период с 1987 по 1990 год. Это означает, что политика правительства, ориентированная на экспорт, такая как система двойного обменного курса и система удержания иностранной валюты, оказывает положительное влияние на ППС.

В Великобритании наблюдалось восемь структурных изменений и экономических потрясений. В отличие от хорошо известных глобальных экономических кризисов 1998 и 2008 годов, в 1991, 1995, 2001, 2004, 2012 и 2015 годах произошли неизвестные структурные изменения и экономические потрясения. Однако результат эмпирического анализа показывает, что ППС для Великобритании не выполняется из-за изменения роли обменного курса и высокого уровня цен на неторгуемые товары, на которые повлияла жесткость заработной платы в сторону понижения.

В исследовании [26] пересматривается паритет покупательной способности (ППС) для стран G6 (Канада, Италия, Япония, Франция, Германия, Великобритания) с использованием подхода TVC, предложенного в работе [2]. Используя ежемесячные данные за период с 1971 по 2013 годы, эмпирические результаты показывают, что ППС выполняется в двух из шести стран (во Франции и Германии). Подход TVC позволяет оценивать модель обменного курса, используя данные за весь возможный период, что определенно улучшает эффективность оценок. А спецификация с меняющимися коэффициентами позволяет расположить поворотные точки оцененных параметров в разные неизвестные даты, что помогает лучше понять изменение поведения обменного курса. Кроме того, традиционный коинтеграционный подход допускает только постоянную долгосрочную взаимосвязь и обычно отвергает существование

коинтегрирующей взаимосвязи при выявлении структурных изменений данных. Напротив, модель TVC учитывает структурные изменения данных и обеспечивает формальный тест для определения того, согласуются ли постоянные или изменяющиеся во времени долгосрочные отношения с данными, использованными в анализе [8].

Одним из основных выводов в [26] является то, что не во всех странах еврозоны евро приспосабливается к изменениям местных цен. Возможно, в то время как во Франции и Германии евро в долгосрочной перспективе приспосабливается к относительным ценам, в Италии этого не происходит, что может быть связано с негибкостью итальянской экономики по сравнению с французской и немецкой экономикой. Результаты также имеют некоторые макроэкономические следствия не только для Италии, но и для трех других стран, не входящих в зону евро (т. е. Канады, Японии и Великобритании), в которых ППС не выполнялся. В этих странах отклонение относительных цен от равновесных уровней может быть связано с различиями в производительности между каждой из этих стран и резервной страной.

7 Глобальное потепление и концентрация парниковых газов. Экологическая кривая Кузнецца.

В работе [27] коинтеграция с меняющимися во времени параметрами используется для анализа взаимосвязи между выбросами CO₂, основного газа, ответственного за глобальное потепление, и экономическим ростом. Данная взаимосвязь является одной из наиболее изученных тем экономики окружающей среды. Изучение этой связи имеет особое значение для развитых стран, учитывая их историческую ответственность за глобальное потепление. В последние десятилетия те же развитые страны были в авангарде борьбы с изменением климата в плане усилий по сокращению выбросов. Концепция устойчивого развития экономики заключается в снижении выбросов без замедления экономического роста. Этот вопрос приобретает еще большее значение, учитывая, что в некоторых исследованиях была обнаружена положительная эластичность выбросов по ВВП для некоторых развитых стран, что может рассматриваться как повод для беспокойства по поводу пути устойчивого развития таких стран. Так как в периоды, когда эластичность дохода по выбросам CO₂ положительная, страны могут отказываться от пути устойчивого развития.

Когда выбросы растут медленнее, чем ВВП, экономисты-экологи говорят об относительном разъединении; если выбросы даже уменьшаются относительно темпов

экономического роста, то разъединение является абсолютным. Оценка этих вариантов требует эмпирического анализа взаимосвязи выбросов и ВВП.

В статье [27] изучаются варианты разъединения для группы европейских экономик, которые являются лидерами в достижении целей устойчивого развития. TVC модель позволяет эластичности выбросов по доходу — важнейшему показателю разъединения — изменяться во времени. Авторы используют метод коинтеграции изменяющихся во времени коэффициентов для исследования взаимосвязи выбросов CO₂ и ВВП для 12 стран Западной Европы за длительный период времени с 1861 по 2015 год.

Преимущества подхода коинтеграции с изменяющимися во времени коэффициентами из [2] заключаются в том, что можно исследовать долгосрочную коинтеграцию, а также за счет изменения в коэффициентах решается проблема смещения из-за пропущенных переменных. Исследование допускает изменение эластичности выбросов по доходу во времени, устраняет определенные недостатки традиционного полиномиального метода, поскольку не ограничивает влияние выбросов на доход конкретным полиномом.

Основной вывод заключается в том, что эластичность выбросов CO₂ по доходу является положительной во всех исследованных странах. Кроме того, приведены доказательства в пользу относительного разъединения в 8 из 12 европейских стран. Это согласуется с тем фактом, что отдельные европейские страны продемонстрировали большую решимость в принятии политики по сокращению выбросов углерода до и после периода действия Киотского протокола и Парижского соглашения по сравнению с другими ведущими экономиками, такими как Китай, США и Россия. В оставшихся 4 случаях эластичность выбросов CO₂ по доходу превышает единицу. Что можно рассматривать как призыв к политикам принять быстрые и актуальные меры по снижению уровня выбросов без ущерба для экономического развития.

Также экономика окружающей среды исследует экологическую кривую Кузнецца. Отношение деградации окружающей среды и дохода напоминает отношение между неравенством и отношением дохода, известное под названием кривая Кузнецца. Устойчивое развитие или модель экологической кривой Кузнецца (ЭКК) предполагает, что на начальном этапе экономического развития страна вызывает деградацию окружающей среды, ухудшение состояния природных ресурсов, что создает такие воздействия на окружающую среду, как загрязнение, эрозия почвы и выбросы CO₂. Но после определенного уровня экономического роста, по мере увеличения доходов, страна начинает улучшать свою охрану окружающей среды, и, следовательно, уровень деградации окружающей среды снижается.

В работе [28] с использованием подхода коинтеграции с переменным коэффициентом (TVC) в дополнение к традиционным методам коинтеграции исследуется долгосрочное влияние развития туризма на экологический след в контексте богатого нефтью Азербайджана за период с 1996 по 2014 гг. В качестве показателя деградации окружающей среды авторы используют экологический след, доходы от международного туризма используются в качестве косвенного показателя дохода от туристического сектора. Также авторы включают в анализ различные переменные, рассматриваемые как движущие силы деградации окружающей среды, такие как общий объем торговли, потребление энергии, урбанизация, эффективность правительства и качество регулирования. Существование ЭКК неявно означает вариацию эластичности экологического показателя по доходу, что легче наблюдать, применяя методику TVC, которая явно учитывает данную особенность.

По результатам оценки модели TVC было установлено, что коэффициент развития туризма, представляющий собой эластичность доходов от деградации окружающей среды, не зависит от времени. Результаты оценки показали, что торговля и потребление энергии оказывают статистически значимое и положительное влияние на экологический след, в то время как коэффициенты других объясняющих переменных оказались незначительными. Как традиционные методы оценки, так и TVC пришли к выводу, что в отношении взаимосвязи между экологическим следом и развитием туризма гипотеза ЕКК в Азербайджане отвергается.

В работе [7] тестируют долгосрочную связь между концентрациями углекислого газа и температурными аномалиями, взаимосвязи, важной для экономистов как с точки зрения ее антропогенного источника, так и с точки зрения потенциального экономического ущерба от изменения климата. В работе отмечены возможные причины, почему связь может меняться с течением времени. На относительно коротком временном периоде примерно 1998–2013 годов, известном как «перерыв» в глобальном потеплении, прежняя тенденция к потеплению, казалось, ослабла, в то время как концентрация парникового газа продолжали расти. На более длительном временном периоде изменение выбросов диоксида серы в середине 20-го века, которое имело скорее охлаждающий, чем согревающий эффект, могло быть причиной появления второго стохастического тренда в рядах температур в Северном полушарии. Однако авторы находят связь между концентрациями углекислого газа и температурными аномалиями стабильной (не изменяющейся во времени и не ложной), что в значительной степени согласуется с существующей литературой.

Заключение

Произведенный обзор литературы затронул исследования в области коинтеграции с меняющимися во времени параметрами. Преимуществом рассматриваемых моделей является возможность производить оценку в соответствии с экономической теорией (отношение паритета покупательной способности, условие паритета процентных ставок, неоклассическая модель роста, гипотеза Фишера и др.), что объединяет процесс эмпирического моделирования с экономической теорией. Изменчивость параметров в свою очередь позволяет производить оценку на длинных периодах времени, так как отношение коинтеграции меняется в связи с экономическими кризисами, реформами, сменой режимов, проводимой политики, и другими структурными сдвигами.

В упомянутых исследованиях разработаны тесты на меняющуюся во времени коинтеграцию, применены непараметрические статистические методы оценки, а также байесовский подход к оценке моделей коинтеграции. Приведены примеры практического применения моделей коинтеграции между макроэкономическими показателями в разных странах. Исследования, развивающие данный подход, открывают возможности к более глубокому изучению и интерпретации механизмов экономики.

Список литературы

1. Engle R.F., Granger C.W.J., "Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing," *Econometrica*, Vol. 55, No. 2, March 1987. pp. 251-276.
2. Park J.Y., Hahn S.B., "Cointegrating Regressions with Time Varying Coefficients," *Econometric Theory*, Vol. 15, No. 5, October 1999. pp. 664-703.
3. Bierens H.J., Martins L.F., "Time-varying cointegration," *Econometric Theory*, Vol. 26, 2010. pp. 1453-1490.
4. Koop G., Leon-Gonzalez , and Strachan R.W., "Bayesian inference in a time varying cointegration model," *Journal of Econometrics*, Vol. 165, 2011. pp. 210-220.
5. Garratt A., Lee K., Pesaran M.H., and Shin Y., "A Long Run Structural Macroeconometric Model of the UK," *The Economic Journal*, Vol. 113, No. 487, April 2003. pp. 412-455.
6. Jochmann M., Koop G., "Regime-switching cointegration," *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, Vol. 19, No. 1, February 2015. pp. 35-48.
7. Burak Alparslan Eroğlu, J. Isaac Miller, and Taner Yiğit, "Time-varying cointegration and the Kalman filter," *Econometric reviews*, Vol. 41, No. 1, 2021. pp. 1-22.
8. Haomiao Z., Park S.Y., "Money demand in China and time-varying cointegration," *China Economic Review*, No. 22, 2011. pp. 330-343.
9. Bahmani-Oskooee M., Wang Y., "How stable is the demand for money for China," *Journal of Economic Development*, Vol. 32, 2007. pp. 21-33.
10. Baharumshah A.Z., Mohd S.H., and Yol M.A., "Stock prices and demand for money in China: New evidence.," *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, Vol. 19, 2009. pp. 171-187.
11. Miller S.M., Martins L.F., and Gupta R., "A time-varying approach of the US welfare cost of inflation," *Macroeconomic Dynamics*, Vol. 23, No. 2, 2019. pp. 775-797.
12. Benchimol J., Qureshi I., "Time-varying money demand and real balance effects," *Economic Modelling*, No. 87, 2020. pp. 197-211.
13. Barigozzi M., Conti A.M. On the Stability of Euro Area Money Demand and its Implications for Monetary Policy // SSRN. 2017. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1599669 (дата обращения: 10.04.2022).
14. Lucey B.M., Sharma S.S., and Vigne S.A., "Gold and inflation(s) – A time-varying relationship," *Economic Modelling*, Vol. 67, December 2017. pp. 88-101.
15. Sung Y. Park, Guochang Zhao, "An estimation of U.S. gasoline demand: A smooth time-

- varying cointegration approach," *Energy Economics*, Vol. 32, 2010. pp. 110-120.
16. Neto D., "Testing and estimating time-varying elasticities of Swiss gasoline demand," *Energy Economics*, Vol. 34, 2012. pp. 1755-1762.
 17. Yoosoon Chang, Chang Sik Kim, J. Isaac Miller, Joon Y. Park, and Sungkeun Park, "Time-varying Long-run Income and Output Elasticities of Electricity Demand with an Application to Korea," *Energy Economics*, Vol. 46, 2014. pp. 334-347.
 18. Gogolin F., Kearney F., Lucey B.M., Peat M., and Vigne S.A., "Uncovering long term relationships between oil prices and the economy: A time-varying cointegration analysis," *Energy Economics*, Vol. 76, October 2018. pp. 584-593.
 19. Apergis N., Payne J.E., "The oil curse, institutional quality, and growth in MENA countries: Evidence from time-varying cointegration," *Energy Economics*, Vol. 46, 2014. pp. 1-9.
 20. Feldstein M., Horioka C., "Domestic saving and international capital flows," *The Economic Journal*, Vol. 90, 1980. pp. 317-323.
 21. Evans P., Kim B.H., and Oh K.Y., "Capital mobility in saving and investment: A time-varying coefficients approach," *Journal of International Money and Finance*, Vol. 27, 2008. pp. 806–815.
 22. Wei Ma, Haiqi Li, "Time-varying saving–investment relationship and the Feldstein–Horioka puzzle," *Economic Modelling*, Vol. 53, 2016. pp. 166-178.
 23. Kim B.H., Kim H.K., and Oh K.Y., "The purchasing power parity of Southeast Asian currencies: A time-varying coefficient approach," *Economic Modelling*, Vol. 26, 2009. pp. 96-106.
 24. Park C., Park S., "Exchange rate predictability and a monetary model with time-varying cointegration coefficients," *Journal of International Money and Finance*, Vol. 37, 2013. pp. 394-410.
 25. Jongcheol Yoon, Daihong Min, and Sangyoung Jei, "Empirical test of purchasing power parity using a time-varying cointegration model for China and the UK," *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol. 521, 2019. pp. 41-47.
 26. Wu J., Bahmani-Oskooee M., and Chang T., "Revisiting purchasing power parity in G6 countries: an application of smooth time-varying cointegration approach," *Empirica, Springer; Austrian Institute for Economic Research*, Vol. 45, No. 1, 2016. pp. 187-196.
 27. Mikayilov J.I., Hasanov F.J., and Galeotti M., "Decoupling of CO2 emissions and GDP: A time-varying cointegration approach," *Ecological Indicators*, Vol. 95, 2018. pp. 615-628.
 28. Mikayilov J.I., Mukhtarov S., Mammadov J., and Azizov M., "Re-evaluating the

environmental impacts of tourism: does EKC exist?," *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 26, 2019. pp. 19389-19402.

29. Miller S.M., "Monetary Dynamics: An Application of Cointegration and Error-Correction Modeling," *Journal of Money, Credit and Banking*, Vol. 23, No. 2, May 1991. pp. 139-154.
30. Barigozzi M., Conti A.M. On the Stability of Euro Area Money Demand and its Implications for Monetary Policy // SSRN. 2017. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1599669 (дата обращения: 10.April.2022).