

3/23

ПРЕПРИНТЫ



М. Н. Кузнецова, Е. В. Синельникова-Мурылева

**ЭМПИРИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И МОДЕЛИ
ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ
ИЗМЕНЕНИЙ ДЛЯ ЭКОНОМИКИ И
ДЕНЕЖНО-КРЕДИТНОЙ ПОЛИТИКИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российская Академия народного хозяйства и государственной службы при президенте Российской Федерации

(РАНХиГС)

**Эмпирические подходы и модели оценки
последствий климатических изменений для
экономики и денежно-кредитной политики**

Кузнецова М.Н., Центр изучения проблем центральных банков Института прикладных экономических исследований (ИПЭИ) Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), н.с., ORCID ID: 0000-0002-3660-6587, kuznetsova-mn@ranepa.ru

Синельникова-Мурылева Е.В., Центр изучения проблем центральных банков Института прикладных экономических исследований (ИПЭИ) Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), с. н. с., к. э. н., ORCID ID: 0000-0001-7494-2728, e.sinelnikova@ranepa.ru

Москва 2023

The Russian Presidential Academy of national economy and public administration
(RANEPA)

Empirical approaches and models for assessing the effects of climate change on the economy and monetary policy

M.N. Kuznetsova, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), researcher, ORCID ID: 0000-0002-3660-6587, kuznetsova-mn@ranepa.ru

E.V. Sinelnikova-Muryleva, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), senior researcher, Cand. Sci. (Econ.), ORCID ID: 0000-0001-7494-2728, e.sinelnikova@ranepa.ru

Moscow, 2023

Аннотация

Актуальность проводимого исследования обусловлена наблюдающимися изменениями климата, возрастающим влиянием этих изменений на функционирование экономики и ростом актуальности климатической повестки при разработке и реализации политики. Основным **предмет** исследования – последствия климатических изменений для экономики. **Цель** данной работы – обзор эмпирических исследований, посвященных анализу и степени влияния изменений климата на показатели экономики и денежно-кредитную политику. Для достижения данной цели были выполнены такие **задачи**, как выявление и описание основных каналов влияния климата на экономику, обзор различных подходов к моделированию влияния климата на показатель валового внутреннего продукта и индекс потребительских цен, определение рекомендаций относительно денежно-кредитной политики. Основным **метод** работы – дескриптивный анализ. Полученные **результаты** эмпирического обзора свидетельствуют о наличии значимой взаимосвязи между показателями климата и ВВП/ИПЦ. Основным **вывод** исследования заключается в том, что на данный момент в литературе отсутствует единый подход к моделированию факторов, отражающих климатические изменения, также отсутствует единый подход к спецификациям уравнений, позволяющих оценить взаимосвязь между изменениями климата и различными показателями функционирования экономик. Вне зависимости от функциональной формы уравнений и набора переменных результаты свидетельствуют о том, что негативные климатические изменения приводят к снижению ВВП и/или росту инфляции. **Научная новизна** работы заключается в систематизации имеющихся работ по изучению вопроса о влиянии климата на отдельные экономические показатели. **Рекомендация** исследования состоит в необходимости проведения более тщательного анализа последствий климатических изменений и необходимости их учета при разработке и проведении денежно-кредитной политики.

Ключевые слова: климат, климатические изменения, денежно-кредитная политика, зеленые облигации.

JEL: E20, E31, E50, E58, G10.

Abstract

The **relevance** of the research is due to the observed climate changes, the increasing impact of these changes on the economy and the growing relevance of the climate agenda in the policy-making and policy implementation processes. The main **subject** of the study is the impact of climate change on the economy. The main **aim** of this work is to review empirical studies devoted to the analysis and degree of influence of climate change on economic indicators and monetary policy. To achieve this goal, such **tasks** as identification and description of the main channels of climate influence on the economy, review of various approaches to modeling the impact of climate on gross domestic product and consumer price index, identification of recommendations on the monetary policy were performed. The main **method** is descriptive analysis. The **results** of the empirical review indicate that there is a significant relationship between climate indicators and GDP/CPI. The main **conclusion** of the study is that there is no unified approach to modeling factors reflecting climate change in the literature at the moment, and there is also no unified approach to the specifications of equations that allow assessing the relationship between climate change and various economic indicators. Regardless of the functional form of the equations and the set of variables, the **results** indicate that negative climate changes lead to a decrease in GDP and/or an increase in inflation. The **scientific novelty** of the work lies in the systematization of existing works on the study of the impact of climate on certain economic indicators. The study's **recommendation** is to conduct a more thorough analysis of the effects of climate change and to take them into account during the development and implementation of monetary policy.

Keywords: climate, climate change, monetary policy, green bonds.

JEL: E20, E31, E50, E58, G10.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	6
1. Эмпирические подходы и модели оценки последствий климатических изменений для экономики и денежно-кредитной политики	7
1.1 Влияние климатических изменений на ВВП	8
1.2 Влияние климатических изменений на инфляцию.....	15
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	27
Благодарности.....	28
Список использованных источников.....	29

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы наблюдается рост озабоченности экономистов проблемами, связанными с изменением климата. Такие факторы, как изменение среднегодовой температуры, уровня осадков, возникновение природных катастроф приводят к неизбежности учета климатических рисков при разработке и реализации монетарной политики. В связи с этим данная тема является актуальной.

В настоящее время в литературе встречаются различные работы по анализу влияния климатических изменений на такие показатели, как валовый внутренний продукт и индекс потребительских цен (например, [1], [2], [3], [4]). Однако стоит отметить, что данная проблема взаимосвязи климатических шоков и показателей экономики не является до конца проработанной, поскольку отсутствует единая методология подбора переменных и формирования уравнений.

Основная цель данной работы – провести обзор и анализ эмпирических исследований, посвященных изучению степени влияния изменений климата на показатели экономики и денежно-кредитную политику. Для достижения поставленной цели были проведены выявление и описание основных каналов влияния климата на экономику, обзор различных подходов к моделированию влияния климата на показатель валового внутреннего продукта и индекса потребительских цен (далее – ИПЦ), формулировка рекомендаций относительно денежно-кредитной политики (далее – ДКП).

Основные гипотезы исследования могут быть перечислены следующим образом:

- Неблагоприятные климатические изменения приводят к снижению внутреннего валового продукта (далее – ВВП),
- Неблагоприятные климатические изменения приводят к росту ИПЦ.

Для подтверждения или опровержения выдвинутых гипотез был использован такой метод, как дескриптивный анализ.

Научная новизна работы заключается в систематизации имеющейся по теме литературы, а ее практическая значимость состоит в возможности применения представленных результатов при разработке и проведении монетарными властями политики.

1. Эмпирические подходы и модели оценки последствий климатических изменений для экономики и денежно-кредитной политики

Первый взгляд на проблему взаимосвязи данного типа рисков и денежно-кредитной политики (ДКП) не позволяет эмпирически выделить каких-либо видимых причинно-следственных зависимостей. Одна из причин, почему так происходит, была приведена в работе [5]. Авторы утверждают, что на первый взгляд климат и ДКП не взаимосвязаны, поскольку различного рода климатические изменения, например, рост/снижение среднегодовой температуры происходят в долгосрочном периоде, в то время как центральные банки (ЦБ) разрабатывают и реализовывают меры ДКП в краткосрочном периоде. Однако впоследствии авторы приводят ряд рассуждений, позволяющих установить взаимосвязь между изменениями климата и денежно-кредитной политикой. Одна из наиболее часто встречаемых в литературе точек зрения такова. Во-первых, климатические изменения могут оказывать влияние на производительность факторов производства. Например, при повышении среднегодовой температуры работникам становится труднее производить тот же объем товаров/услуг, или же происходит снижение объема урожая ввиду того, что определенная культура не приспособлена для выращивания в новых природных условиях. Во-вторых, снижение производительности факторов производства, в свою очередь, сказывается на общем объеме производства страны, то есть на валовом внутреннем продукте (ВВП). В-третьих, снижение объемов производства отражается на ценах, которые производители устанавливают на свои товары, что впоследствии оказывает влияние на инфляцию.

В связи со всем вышесказанным мы предполагаем, что климат оказывает влияние на проводимую ЦБ политику через правило Тейлора. Со временем устанавливаемый новый уровень цен может сподвигнуть регулятора к пересмотру процентной ставки и принятию новых решений в рамках осуществления денежно-кредитной политики.

Исходя из анализа эмпирической литературы мы можем выделить два основных направления влияния климата на важные для монетарных властей области:

экономическая активность, уровень цен. Каждая из этих областей будет рассмотрена далее в работе.

1.1 Влияние климатических изменений на ВВП

В одной из работ [4], посвященных анализу последствий изменений климата на экономику, авторы выдвигают гипотезу, что среднегодовая температура и среднегодовой объем осадков оказывают статистически значимое влияние на темпы роста ВВП на душу населения. Для проверки выдвинутой гипотезы была сформирована выборка из 125 стран, для которых имеется информация о ВВП минимум за последние 20 лет. Для каждого из элементов выборки авторы собирают информацию о среднемесячной температуре воздуха и осадках. Затем полученные сведения о температуре преобразовываются путем интерполяции¹ информации в среднем с 20 метеостанций на год, и оба показателя умножаются на веса, основанные на численности населения на момент 1990 г.

Основная идея авторов заключается в том, что влияние изменения температуры на темпы роста ВВП на душу может оказываться разным. Степень данного влияния зависит от того, является ли шок краткосрочным или долгосрочным. Если изначальное изменение климата (в данном случае изменение температуры воздуха и/или количества осадков) краткосрочное, то по прошествии такого рода шоков температура, как и ВВП на душу населения, возвращаются к своему первоначальному уровню. Если же быстрого затухания шока не происходит, то возникают долгосрочные эффекты, которые приводят к снижению/повышению уровня производства страны на длительное время. Вследствие этого в уравнении регрессии (1) используются значения показателя среднегодовой температуры не только в текущем периоде, но и в предыдущие периоды:

$$g_{it} = q_i + q_{rt} + \sum_{j=0}^l r_j T_{it-j} + e_{it}, \quad (1)$$

где g_{it} – темп роста ВВП на душу населения страны i в момент времени t ;

q_i – фиксированные эффекты страны i ;

q_{rt} – временные эффекты;

¹ Интерполяция – это метод (приближенного) восстановления функции по значениям самой функции и, возможно, некоторых её производных на конечном множестве точек.

T_{it-j} – среднегодовая температура и уровень осадков в стране i в периоды с t по $t-j$;

e_{it} – случайные ошибки.

Помимо этого, авторы строят три бинарные переменные, каждую из которых умножают на переменные, отражающие уровень температуры и осадков:

1) Переменная, отражающая тот факт, что страна является бедной. К бедным странам относятся страны, ВВП на душу населения по паритету покупательной способности (ППС) которых на момент появления в выборке был ниже медианы данного показателя по всей выборке,

2) Переменная, отражающая то, является ли страна «теплой». К теплым странам относятся страны, температура воздуха в которых превышала медианное значение данного показателя по всей выборке в 1950-х гг.,

3) Переменная, отражающая то, является ли страна сельскохозяйственной. К сельскохозяйственным странам относятся страны, доля сельского хозяйства в ВВП которых превышала медианное значение данного показателя по всей выборке в 1995 г.

Полученные в исследовании результаты оценивания с помощью моделей с фиксированными эффектами свидетельствуют о том, что изменения температуры воздуха не оказывают статистически значимого влияния на темпы роста ВВП на душу населения. Важно отметить, однако, что включение переменной, построенной как произведение показателя температуры воздуха на бинарную переменную, отражающую тот факт, является страна богатой или нет, позволило обнаружить статистически значимое различие между бедными и богатыми странами в степени влияния изменений температуры на темпы экономического роста: в более бедных странах негативное влияние оказалось более существенным. Показатель количества осадков оказался статистически значим во всех регрессиях и отрицательно влияет на темпы роста ВВП на душу населения. В то же время для бедных стран степень влияния роста объема осадков меньше, чем для богатых: рост объема осадков в бедных странах приводит к меньшему снижению темпов роста ВВП на душу, чем в богатых странах. Факт того, что страна является сельскохозяйственной, не оказывает существенного влияния на исследуемый показатель.

Основное преимущество данной статьи заключается в том, что в ней было продемонстрировано, что изменения климата могут оказывать влияние не только на

выпуск, как полагают многие исследователи, а на темпы экономического роста. Важно отметить также, что авторы проводят различия между краткосрочными и долгосрочными последствиями климатических шоков. С точки зрения монетарных властей полученные результаты могут служить свидетельством важности учета последствий такого рода шоков при разработке и реализации денежно-кредитной политики.

Проводимое в работе [1] исследование также посвящено анализу влияния климата на совокупный выпуск. Авторы выдвигают гипотезу о том, что климат оказывает влияние на монетарную политику. Для проверки гипотезы была сформирована выборка, состоящая из 79 регионов России за период с 2000 г. по 2020 г. Затем авторами была собрана информация о двух группах переменных, приведенных ниже (*таблица 1*).

Приведенные выше зависимые переменные, по мнению авторов статьи, служат прокси для макроэкономической ситуации, которая важна при принятии решений относительно направленности ДКП.² Одно из ограничений статьи, упоминаемое в самой работе, – отсутствие информации об определенных показателях, например, выбросах CO₂, в региональном разрезе.

Дальнейшее исследование основано на проведении двух процедур:

1) Осуществление факторного анализа³ для каждого года по регионам с целью сокращения числа используемых переменных и снижения вероятности возникновения мультиколлинеарности,

2) Построение регрессий с использованием новых сгруппированных и составленных на основе факторного анализа переменных.

² В то же время обратим внимание, что анализ ведется авторами на региональных данных, а выводы предлагается делать для ДКП страны в целом, что требует определенных допущений.

³ Осуществляется с помощью метода главных факторов с определением количества факторов методом Кайзера – Гутманна.

Список использованных переменных

Наименование переменной	Показатель
Климатическая и экологическая ситуация в регионе	
X1	выбросы загрязняющих атмосферу веществ от стационарных источников загрязнения ⁴ , тыс. т
X2	лесистость территорий (по данным учета на конец года), %
X3	сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, млн м ³ , по отношению к использованию свежей воды, млн м ³
X4	средняя месячная температура воздуха (за январь и июль), °С
X5	доля расходов на охрану окружающей среды в расходах консолидированного регионального бюджета, %
Социально-экономическое развитие региона	
X6	уровень безработицы, %
X7	стоимость основных фондов, на конец года, млн руб.
X8	доля занятых с высшим и средним профессиональным образованием в общей численности занятых, %
X9	среднедушевые денежные доходы населения, в месяц, руб.
Зависимые переменные	
Y1	ВРП в текущих ценах на душу населения, тыс. руб. / чел.
Y2	Индекс потребительских цен (ИПЦ) на все товары и услуги, %, г/г

Источник: [1].

На основе результатов проведенного факторного анализа авторы делают вывод о том, что наибольшее влияние в рамках общего климатического фактора оказывают такие показатели, как лесистость территории и среднемесячная температура воздуха. Во второй группе переменных (социо-экономического фактора) основными детерминантами являются стоимость основных фондов и среднедушевой денежный доход.

В статье оценивается уравнение (2):

⁴ Согласно определению, представленному на сайте Федеральной службы государственной статистики, стационарными источниками загрязнения являются неподвижные технологические агрегаты, которые выделяют загрязняющие вещества в процессе эксплуатации (Федеральная служба государственной статистики: [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/DPZGRx3Y/ohrana-air_met.html (Дата обращения: 01.05.2023).

$$y_{it} = gy_{it-1} + F_{it}^T b + u_i + e_{it}, \quad (2)$$

где y_{it} – логарифм макроэкономической переменной (ВВП или ИПЦ) для региона i в момент времени t ;

F_{it}^T – общие факторы для региона i в момент времени t ;

u_i – индивидуальные эффекты;

e_{it} – случайные ошибки.

Оценивание уравнения с помощью внутригруппового преобразования, по мнению авторов статьи, приводит к получению смещенных и несостоятельных оценок. Вследствие этого для получения оценок коэффициента можно было бы использовать обобщенный метод моментов (ОММ), однако он тоже, по мнению авторов, имеет свои недостатки в виде смещения стандартных ошибок коэффициентов. Основным методом, на котором остановили свой выбор исследователи, – системный ОММ.

Результаты оценивания регрессий свидетельствуют о том, что интегральные факторы климатических условий и экономического положения региона оказывают статистически значимое положительное влияние на логарифм ВРП на душу населения. Аналогичное направление воздействия климатического фактора наблюдается в ситуации, когда в качестве зависимой переменной выступает логарифм ИПЦ.

Основное ограничение статьи – отсутствие демонстрации прямого влияния каждого из факторов на зависимые переменные. В статье приводятся интерпретации коэффициентов при смоделированных интегральных факторах – рост интегрального фактора (то есть рост лесистости территорий и рост средней температуры воздуха) приводит к росту ВРП и росту ИПЦ. Однако представляется, что данное влияние фактора также обусловлено и остальными показателями, принимавшимися во внимание при составлении интегрального фактора.

В то же время нельзя не отметить, что данная работа содержит анализ по регионам России, что позволяет сформулировать авторам релевантные рекомендации для экономической политики. На основе полученных результатов представляется возможным установить, что изменения климата оказывают статистически значимое влияние на показатели ВРП на душу населения и на ИПЦ, что означает необходимость учета климатических изменений при реализации политики монетарными властями.

Авторы статьи [6] также исследуют влияние климата на ВВП. Так же, как и во многих работах по данной теме, под климатом понимается температура воздуха и объем осадков. Основное отличие от рассмотренных ранее статей заключается в том, что авторы предполагают возможность наличия различной зависимости темпов роста ВВП от температуры. Таким образом, в статье подразумевается, что есть какой-то уровень температуры, по достижении которого темпы роста ВВП начинают убывать. Помимо этого, авторами исследования был проанализирован пул работ, на основе чего был сделан вывод об отсутствии в литературе единого подхода к спецификации моделей, связывающих климатические изменения и ВВП. Например, встречаются работы, в которых зависимость ВВП от показателя средней температуры воздуха, используемой как прокси для отражения климата и его изменений, может быть как линейной, так и квадратической.

Для реализации эмпирической стратегии была собрана информация за период с 1960 г. по 2010 г. о трех показателях:

- 1) ВВП на душу населения,
- 2) Среднегодовая температура, измеряемая в градусах Цельсия и взвешенная по численности населения страны,
- 3) Объем осадков, измеряемый как общий годовой объем осадков в миллиметрах, взвешенный по численности населения.

Частота собранных данных годовичная, а выборка состоит из 166 стран. С помощью динамической панельной регрессии было оценено уравнение (3):

$$\Delta \ln GDP_{i,r,t} = \beta_0 X_{i,t} + \beta_1 X_{i,t-1} + \beta_2 X_{i,t-2} + \beta_3 X_{i,t-3} + \beta_4 X_{i,t-4} + \alpha_i + \lambda_{r,t} + h_i(t) + \varepsilon_{i,t}, \quad (3)$$

где $\Delta \ln GDP_{i,r,t}$ – темпы роста ВВП на душу населения для региона r в стране i в момент времени t ;

$X_{i,t}$ – вектор переменных, отражающих показатели среднегодовой температуры, среднегодовой температуры в квадрате и объем осадков в стране i в момент времени t ;

α_i – фиксированные индивидуальные эффекты стран;

$\lambda_{r,t}$ – фиксированные временные эффекты;

$h_i(t)$ – временные тренды;

e_{it} – случайные ошибки.

Вследствие отсутствия в литературе единого подхода к формированию уравнений, связывающих климатические изменения и ВВП, авторы оценивают 800 возможных спецификаций:

– В зависимости от функциональной формы зависимости ВВП от температуры и осадков:

1) Функции от фактора средней температуры (5 форм): отсутствие переменной, полином первой, второй, третьей степени и сплайновая регрессия;

2) Функции от фактора количества осадков (5 форм): отсутствие переменной, полином первой, второй, третьей степени и сплайновая регрессия;

– В зависимости от функциональной формы ВВП:

1) Уравнения с зависимой переменной темпов роста ВВП без лагов;

2) Уравнения с зависимой переменной темпов роста ВВП с тремя лагами;

3) Уравнения с зависимой переменной уровнем ВВП без лагов;

4) Уравнения с зависимой переменной уровнем ВВП с тремя лагами;

– В зависимости от переменных, отражающих время и страну:

1) Наличие временных фиксированных эффектов (2 формы): отражающих только год и отражающих и год, и страну;

2) Фиксированные эффекты стран (4 формы): отсутствие эффектов, полином первой, второй и третьей степени.

Для выбора наилучшей спецификации, то есть наилучшего набора переменных и формы зависимости, авторы прибегают к использованию трех видов процедур кросс-валидации моделей. Для каждой из 800 построенных моделей затем считается точность вневыборочного (out-of-sample) прогноза на основе показателя среднеквадратической ошибки.

После этого авторы проверяют гипотезы о том, что ошибки прогноза одинаковы среди всех построенных регрессий. Если данная гипотеза для какой-либо модели отвергается, то такая модель исключается из набора подходящих моделей. Все реализованные авторами процедуры позволяют прийти к выводам о том, что:

– Предсказательная способность моделей, использующих в качестве зависимой переменной уровни ВВП, совпадает с предсказательной способностью моделей, в которых в качестве зависимой переменной используются темпы роста ВВП,

– Среднеквадратические ошибки не зависят от функции температуры воздуха и количества осадков, то есть от формы функциональной зависимости между этими показателями и показателем ВВП,

– Наиболее удачные результаты продемонстрировали модели, учитывающие просто фиксированные временные эффекты.

Затем на основе отобранных регрессий, а также используя прогнозы по дальнейшему изменению климата и роста ВВП, авторы моделируют 1000 бутстрап выборок и формируют распределение предельных эффектов влияния климата на ВВП на душу населения.

По результатам реализации эмпирической стратегии было установлено, что вплоть до достижения 13,4 градусов Цельсия рост среднегодовой температуры приводит к росту темпов роста ВВП на душу населения, далее – к снижению. Также в работе указано, что вне зависимости от того, является страна бедной или богатой, связь между температурой и ВВП не является линейной. Таким образом, в данной работе авторами была проделана существенная работа, основным итогом которой является вывод о том, что вне зависимости от использования темпов роста или уровня ВВП, вне зависимости от использованной формы функциональной связи между температурой/осадками и ВВП климат оказывает статистически значимое влияние на рассматриваемые показатели.

Подводя итог результатам рассмотренных в подразделе 2.1 статей, стоит отметить, что в литературе отсутствует единая методология проверки значимости влияния изменения климата на динамику ВВП. Однако вне зависимости от выбранных переменных и выбранной спецификации, большинство авторов приходят к схожему мнению: климатические изменения оказывают значимое влияние на ВВП, однако характер этого влияния определяется региональными особенностями страны и уровнем ее развития (благополучия).

1.2 Влияние климатических изменений на инфляцию

Один из основных каналов воздействия климата на экономику страны – снижение ВВП, которое в свою очередь может приводить к росту инфляции. Именно вследствие этого в научной литературе представлен целый ряд работ, авторы которых исследуют влияние климатических изменений на инфляцию.

В одной из подобных статей [2] проводится изучение влияния опасных природных явлений на инфляцию. Авторы полагают, что вследствие климатических

изменений имеют место все более частые и/или более существенные с точки зрения негативных последствий для экономики природные явления. Особое внимание авторы уделяют странам Африки, обосновывая это более частым возникновением подобного рода явлений и более серьезными последствиями для таких стран. Еще одним аргументом служит тот факт, что в странах Африки наблюдается довольно высокий уровень волатильности инфляции, в частности продовольственной инфляции, вследствие нестабильности объемов сельскохозяйственного производства.

Для проверки предположения о том, что различного рода природные явления могут являться детерминантами роста инфляции, была собрана информация о показателях, представленных ниже (таблица 2).

Таблица 2

Список использованных переменных

Показатель	Ожидаемое влияние на зависимую переменную
Инфляция	Зависимая переменная
Реальный ВВП	–
Предложение денег	+
Номинальная процентная ставка	+
Сальдо государственного бюджета в долях ВВП	+
Валютный курс	+
Природные события	+

Источник: составлено авторами на основе [2].

Важно отметить, что под предложением денег авторы понимают логарифм широких денег, то есть логарифм от суммы показателей: валюты вне банков, депозитов до востребования, отличных от депозитов правительства, срочных, сберегательных и валютных депозитов резидентов, банковских и дорожных чеков и других ценных бумаг, таких как депозитные сертификаты и коммерческие бумаги. В качестве номинальной процентной ставки авторы используют ставку по депозитам коммерческих банков.

Природные события авторы делят на три категории и для каждой из них строят переменную, отражающую число возникновений каждого природного события в течение года. К природным явлениям первого типа относятся события, удовлетворяющие следующим условиям:

- Было сообщено как минимум о 10 погибших людях,
- Было сообщено о более 100 пострадавших,
- Имело место объявление чрезвычайного положения или обращение за международной помощью.

К природным явлениям второго типа относятся события, для которых характерно:

- Наличие не менее 1 000 погибших,
- Наличие более 100 000 пострадавших,
- Наличие предполагаемого ущерба, причиненного явлением, не меньше одного миллиарда долларов США.

Наконец, к природным явлениям третьего типа относят события, для которых наблюдается выполнение следующих критериев:

- Число погибших составляет не менее 100 человек,
- Число пострадавших составляет более 1 000 человек,
- Предполагаемый ущерб, причиненный явлением, составляет не менее одного миллиона долларов США.

Основными рассматриваемыми типами погодных явлений в Африке являются наводнения, засухи, оползни, лесные пожары, тропические циклоны и сели. Однако в качестве отдельной категории природных явлений авторы выделяют засухи и наводнения, поскольку они наиболее часто возникают в Африке.

Выборка, используемая при проведении эмпирического исследования, включает в себя 52 африканские страны за период с 1990 г. по 2017 г. Основное уравнение регрессии имеет вид (4) и оценивается авторами с помощью двухшаговой процедуры обобщенного метода моментов.

$$Inflation_{it} = \alpha_1 Inflation_{it-1} + \alpha_2 Weatherevents_{it} + \beta' X_{it} + \mu_i + \mu_t + \varepsilon_{it}, \quad (4)$$

где $Inflation_{it-1}$ – значение инфляции в стране i в момент времени $t-1$;

$Weatherevents_{it}$ – число тех или иных природных явлений, возникших в стране i в момент времени t ;

X_{it} – вектор контрольных переменных;

μ_i – индивидуальные страновые эффекты;

μ_t – временные эффекты;

e_{it} – случайные ошибки.

На основе полученных оценок коэффициентов и их значимости авторы делают вывод о том, что природные явления первой категории не оказывают статистически значимого влияния на инфляцию, в то время как природные явления второй и третьей категорий приводят к статистически значимому росту инфляции. Таким образом, можно заключить, что последствия для инфляции имеют лишь масштабные стихийные события. Было высказано предположение о том, что данный результат вызван тем, что появление природных явлений такого типа может приводить к шокам предложения, например, путем разрушения складов, дорожной инфраструктуры и так далее. Следовательно, после подобного рода происшествий будет иметь место рост уровня цен. Помимо этого, авторы также показали, что появление засухи приводит к росту инфляции, в то время как наводнения не оказывают статистически значимого влияния на инфляцию. Основной канал воздействия засухи на инфляцию – наличие ущерба для земель и снижение производительности в сельском хозяйстве, являющимся одним из важнейших секторов в экономике Африки.

Помимо представленных уравнений в исследовании также были оценены регрессии, в которых вместо показателя общей инфляции использовался показатель продовольственного ИПЦ. На основе таких моделей было установлено, что ни один из видов опасных природных явлений не оказывает статистически значимого влияния на рост уровня цен продуктов. Однако такие природные явления как засуха и наводнение оказывают на данный показатель статистически значимое положительное влияние.

Несмотря на возможную краткосрочность последствий опасных природных явлений, бедные домохозяйства в Африке все равно подвергаются их существенным негативным последствиям, поскольку у многих из них расходы на продовольственные товары составляют большую часть расходов бюджета. Вследствие данной причины, а также вследствие того, что Африка является страной с важной ролью сельского хозяйства в экономике, столь зависящего от климата, основной вывод заключается в том, что ЦБ необходимо учитывать последствия разрушительных/серьезных природных явлений при проведении политики инфляционного таргетирования (или при поддержании иных режимов ДКП). В работе [7], которая также посвящена

изучению влияния климатических изменений на экономику стран Африки, особое внимание уделяется последствиям для сельского хозяйства. Это обусловлено тем, что более 70% населения Африки проживает в сельских районах, население именно этих стран особенно сильно зависит от сельского хозяйства и, соответственно, от климата. Климатические изменения могут оказывать воздействие на инфляцию посредством снижения урожайности и производительности труда, что будет приводить к росту стоимости продукции.

Основные тестируемые в данном исследовании гипотезы могут быть сформулированы следующим образом:

- Изменение климата, измеряемое как изменение температуры и осадков, оказывает отрицательное воздействие на продовольственную и общую инфляцию, приводя к их росту,
- Изменчивые погодные условия оказывают отрицательное влияние на продовольственную и общую инфляцию.

Для проверки гипотез была собрана информация о показателях, перечисленных ниже (таблица 3), для 8 африканских стран⁵ за период с 2001 г. по 2020 г. с ежемесячной частотой.

Таблица 3

Список использованных переменных

Показатель	Ожидаемое влияние на зависимую переменную
Продовольственная инфляция	Зависимая переменная
Инфляция	Зависимая переменная
ВВП	+/-
Процентная ставка по кредитам	-
Реальный эффективный валютный курс	+/-
Индекс мировых цен на нефть	+
ИПЦ США	+
Мировые цены на зерно	+
Климат	+
Субсидии государства	-

Источник: составлено авторами на основе [7].

⁵ Замбия, Малави, Руанда, Бурунди, Уганда, Танзания, Кения и Мозамбик.

Для отражения влияния климата на инфляцию авторы используют три переменные:

- 1) Среднемесячный объем осадков,
- 2) Отклонение среднемесячной температуры от долгосрочного среднего значения,
- 3) Отклонение объема осадков от долгосрочного среднего значения.

Специфика данного исследования состоит в том, что увеличение объема осадков будет приводить к снижению инфляции, а колебания температуры и объема осадков – к росту инфляции. Это обусловлено тем, что страны Африки находятся в засушливых районах, вследствие чего наличие дождя и снижение температуры воздуха благоприятно сказывается на сельском хозяйстве. Помимо этого, отличительной чертой данной работы является то, что авторы предпринимают попытки учесть влияние внешних (мировых) цен на внутренние. Именно для этих целей были использованы такие переменные, как ИПЦ США, мировые цены на нефть и мировые цены на зерно, а также построена регрессия (5).

$$CPI_{it} = \alpha_i + \beta_1 REER_{it} + \beta_2 Int_{it} + \beta_3 GDP_{it} + \beta_4 Climate_{it} + \beta_5 ForeignP_t + \beta_6 cerealprices_t + \beta_7 oilpr_t + \beta_8 Subsid_t + \beta_9 CPI_{it-1} + z_t + \varepsilon_{it}, \quad (5)$$

где CPI_{it} – значение инфляции в стране i в момент времени t ;

$REER_{it}$ – реальный эффективный валютный курс в стране i в момент времени t ;

Int_{it} – процентная ставка по кредитам в стране i в момент времени t ;

GDP_{it} – ВВП в стране i в момент времени t ;

$Climate_{it}$ – значение одного из трех показателей, отражающих климат в стране i в момент времени t ;

$ForeignP_t$ – ИПЦ США в момент времени t ;

$cerealprices_t$ – мировые цены на зерно в момент времени t ;

$oilpr_t$ – мировые цены на нефть в момент времени t ;

$Subsid_t$ – объем субсидий в момент времени t ;

CPI_{it-1} – значение инфляции в стране i в момент времени $t-1$;

α_i – индивидуальные эффекты;

z_t – временные эффекты;

ε_{it} – случайные ошибки.

Полученные в ходе реализации эмпирической стратегии оценки позволяют сделать вывод о том, что улучшение климата, выражаемое в увеличении среднего количества осадков, приводит к снижению общей и продовольственной инфляции. Данный результат получен вследствие того, что рост осадков приводит к повышению урожайности и, следовательно, снижению цен на продукты. Рост вариации осадков (изменение их частоты и объема) и вариации температуры приводят к росту инфляции, а рост вариации осадков приводит также к росту продовольственного ИПЦ.

Полученные авторами результаты позволяют им прийти к следующим выводам:

– Существует необходимость проведения политики, направленной на учет и работу с климатическими изменениями. Однако Африка не является богатой страной, многие применяемые другими странами меры могут быть ей недоступны; поэтому, по мнению исследователей, логичным представляется сместить фокус на экономическую политику, направленную на стимулирование перехода к более экологичному производству, например, осуществляя инвестиции в относительно дешевые источники возобновляемой энергии (воздух и солнце),

– Для реализации климатической политики страны Африки также могут объединяться с другими странами,

– Необходимо проанализировать целесообразность внедрения качественных ирригационных систем, учесть опыт других стран в этом вопросе и при получении положительных результатов стоит направить инвестиции в развитие данных систем и обеспечение продовольственной самодостаточности.

Еще одной работой, изучающей влияние климата на инфляцию, является статья [8]. В ней авторы предполагают, что климатические изменения могут оказывать воздействие на инфляцию посредством следующих каналов:

– Негативные изменения климата оказывают воздействие на природную ресурсную базу (земли, продовольствие), что приводит к снижению производительности в сельском хозяйстве, снижению запасов продуктов и, как следствие, росту цен на них,

– Повышение температуры может приводить также к снижению производительности труда, что находит отражение в сокращении поставок продукции и, следовательно, в изменении рыночных цен,

– Снижение температуры может приводить к росту спроса на электроэнергию и, следовательно, росту цен на нее.; поскольку цены на энергоносители учитываются в ИПЦ, будет происходить изменение и данного показателя.

Для проверки гипотезы о том, что климатические изменения действительно оказывают воздействие на инфляцию, авторы собирают информацию о 107 странах (80 развивающихся и 27 развитых) за период с 1961 г. по 2014 г. Информация была собрана о таких показателях, как изменение температуры, ВВП, инфляция, государственные расходы и денежный агрегат M2.

После сбора данных авторы приступают к оцениванию панельных векторных авторегрессий (panel VAR), используя при этом не сами переменные, а их логарифмы. Полученные модели использовались для дальнейшего построения откликов. С помощью метода Монте-Карло было проведено 1000 репликаций, и на основе полученных результатов было установлено, что изменение температуры оказывает статистически значимое воздействие на инфляцию, при этом данное воздействие сохраняется в течение 4 лет после первоначального шока: рост температуры на 1% приводит к росту инфляции на 2,632%. Для развитых стран эффект воздействия также значим, положителен и сохраняется в течение 1 года, в то время как для развивающихся стран длительность реакции составляет 6 лет.

Основные выводы авторов заключаются в том, что если ЦБ следуют правилу Тейлора при определении уровня инфляции, то тогда при возникновении климатических шоков могут возникать существенные различия между фактической инфляцией и целевой. Это означает, что монетарным властям необходимо пересматривать ключевую ставку. Если же эффект будет долгосрочным, то постоянное повышение ставки будет приводить к еще большей инфляции. Стоит отметить, что ЦБ также могут столкнуться с выбором между сохранением уровня инфляции или сохранением уровня выпуска, который снизится вследствие снижения производительности труда и/или капитала. Помимо этого, изменения климата возникают неожиданно, а их последствия не могут быть нивелированы сразу же. Это означает, что проводимая политика может не приводить к желаемым результатам, что будет подрывать авторитет монетарных властей в глазах людей.

Для того чтобы справиться со всеми перечисленными трудностями, центральным банкам, по мнению авторов, следует учитывать шоки климата при разработке и осуществлении политики. Более того, монетарные власти могут прибегать к использованию политики зеленых финансов, что позволит сместить инвестиции в сторону «зеленых» проектов. Еще одним инструментом может послужить зеленое количественное смягчение.⁶

Еще одно исследование, посвященное определению влияния климата на инфляцию на основе векторных авторегрессионных моделей, представлено в работе [9]. Авторы традиционно полагают, что основным каналом воздействия изменения климата на уровень цен – снижение/рост производительности. Однако, в отличие от ранее рассмотренных работ, в данном исследовании высказывается мысль о том, что климатические изменения могут приводить как к росту, так и к снижению инфляции.

Основная задача авторов – оценить влияние природных катастроф на инфляцию. Для ее выполнения была сформирована выборка из 19 стран евро зоны за период с января 1996 г. по 2021 г. Данные имеют месячную частоту. Была собрана информация о таких показателях как ВВП, объем промышленного производства (за исключением строительства), уровень безработицы, валютный курс, цены на импортируемые промышленные товары, а также цены на нефть марки Brent. Для учета климата авторы воспользовались уже готовым показателем, который отражает прямой ущерб посевам, имуществу и живому скоту, измеряемый в долларах США. После этого данный показатель был поделен на ВВП страны, имевший место за 12 месяцев до природного катаклизма.

На основе собранных данных авторы оценивают панельные структурные векторные авторегрессии. Затем строятся функции импульсных откликов на основе 500 симуляций с применением метода Монте-Карло. Было установлено, что после возникновения природной катастрофы, инфляция растет на 0.1 процентный пункт, и данный эффект сохраняется в течение двух месяцев.

Таким образом, результаты двух последних исследований позволяют увидеть важность учета климата при разработке и проведении политики центральными банками.

⁶ Зеленое количественное смягчение (англ. Green quantitative easing, GQE) – это форма монетарной политики, когда Центральные банки стран приобретают себе в портфель ценные бумаги, используемые для финансирования устойчивых и экологически безопасных проектов, например, зеленые облигации.

Авторы статьи [3] также предполагают, что влияние климата/климатических рисков на инфляцию не является столь однозначным, как это утверждалось в ряде предыдущих исследований. Однако в отличие от большинства других работ, в данной в качестве прокси для климатических изменений и/или политики в области климата авторы используют такие показатели, как налоги на выбросы и цены квот на выбросы. В связи с этим в статье упоминается, что, с одной стороны, установление определенных цен на углерод может способствовать росту инфляции вследствие рыночной торговли квотами на выбросы или установления новых ставок налогов на выбросы с высоким содержанием углерода. С другой стороны, данный эффект может быть нивелирован по двум причинам:

1) Рост налогов и цен на квоты может способствовать развитию и внедрению инноваций, позволяющих перейти к большему объему использования возобновляемых источников энергии, что, в свою очередь, повлечет за собой снижение цен на электроэнергию. Таким образом, снижение цен на энергию, являющихся составной частью ИПЦ и компонентой издержек при производстве, может привести к снижению их вклада при расчете данного показателя [10],

2) Рост налогов и цен на квоты может также приводить к изменению потребительских выборов, что повлечет за собой рост потребления более экологичных товаров и услуг, которые также учитываются в потребительской корзине ИПЦ. Данная тенденция может способствовать снижению уровня инфляции.

Для проверки наличия влияния политики в области климата на инфляцию авторы собирают информацию о следующих переменных:

- ИПЦ (зависимая),
- Налоги на выбросы,
- Цена квот на выбросы,
- Разрыв ВВП,
- Номинальный эффективный курс (NEER),
- Инфляционные ожидания.

Выборка, сформированная авторами, состоит из 35 стран ОЭСР за временной период с 1995 г. по 2020 г. Оцениваемое авторами уравнение с фиксированными эффектами отражено в формуле (6) и во избежание проблемы эндогенности включает в себя лагированные значения показателей налогов на выбросы и цен квот на выбросы.

$$\pi_{it} = \theta \pi_{it}^e + \rho \pi_{it-1} + k CT_{i,t-1} + \lambda CETS_{i,t-1} + \phi outputgap_{it} + \mu \Delta NEER_{it} + \alpha_i + \beta_t + \varepsilon_{it}, \quad (6)$$

где π_{it} – значение инфляции, измеряемой как логарифм разности ИПЦ, в стране i в момент времени t ;

π_{it}^e – инфляционные ожидания в стране i в момент времени t ;

$CT_{i,t-1}$ – налог на выбросы в стране i в момент времени $t-1$;

$CETS_{i,t-1}$ – цена квот на выбросы в стране i в момент времени $t-1$;

$outputgap_{it}$ – разрыв выпуска в стране i в момент времени t ;

$\Delta NEER_{it}$ – изменение валютного курса, измеряемое как логарифм разности номинального эффективного валютного курса, в стране i в момент времени t ;

α_i – индивидуальные страновые эффекты;

β_t – временные эффекты;

ε_{it} – случайные ошибки.

На основе полученных результатов авторы приходят к выводу о том, что повышение цены на 10 долларов США за тонну эквивалента CO₂ приводит к росту цен на энергоносители на 0,81 п. п. в следующем году, а также росту общей инфляции (headline CPI) в следующем году на 0,082 п. п.; на остальные показатели (продовольственный ИПЦ и базовая инфляция) изменение цен на квоты не оказывает статистически значимого влияния. Рост налогов на выбросы углерода на 10 долларов США за тонну эквивалента CO₂ приводит к росту продовольственного ИПЦ в следующем году на 0,102 п. п.; на остальные показатели изменение налогов на выбросы не оказывает статистически значимого влияния.

Подводя итоги проведенного исследования, авторы отмечают, что, как правило, многие с осторожностью относятся к перечисленным ранее мерам климатической политики, поскольку полагают, что они приводят к значительному росту инфляции. Однако, как было показано, рост цен на налоги и на квоты на выбросы углерода не приводит к росту общей инфляции. Это может послужить неким знаком для того, чтобы начинать или продолжать использовать такие инструменты как налоги на выбросы и квоты на выбросы для достижения целей снижения выбросов CO₂ и перехода к более зеленой экономике.

Все представленные выше работы ставят перед собой задачу оценивания влияния изменений климата на инфляцию. Каждая из этих работ отличается от предыдущей либо набором переменных, либо спецификой выборки, либо временным промежутком. Отсутствует также единство в понимании переменной, служащей основой для отражения климатических изменений. Однако несмотря на это, результаты существующих исследований указывают на существование значимой связи между изменениями климата и изменением цен. Стоит отметить также, что взаимосвязь между двумя данными факторами всегда обратная: чем «хуже» становится климат, тем выше инфляция. Данный результат может быть полезен с точки зрения монетарной властей, поскольку демонстрирует важность учета климатических факторов при проведении политики и, например, составлении прогноза инфляции или ее таргетировании. Более того, как было показано, климатическая политика не приводит к росту инфляции, что в совокупности с последствиями ее реализации, наоборот, крайне вероятно будет приводить к снижению общего уровня цен.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе было показано, что неблагоприятные климатические изменения в виде роста средней температуры, увеличения количества осадков приводят к снижению валового внутреннего продукта и увеличению инфляции. Также было отмечено, что для стран с засушливым климатом аналогичные тенденции приводят к увеличению совокупного выпуска и/или сокращению инфляции.

Работа также имеет практическое применение, поскольку позволяет обнаружить и доказать воздействие климата на экономические показатели. Зачастую монетарные власти озабочены последствиями проведения климатической повестки, поскольку предполагается, что ее реализация может приводить к росту инфляции. Однако, как было показано на примере нескольких исследований, такой эффект вследствие политики в отношении климата не возникает. Это означает, что политика монетарных властей может быть скорректирована с учетом возникающих последствий климатических изменений.

Все представленные исследования проведены в последние годы, что обуславливает актуальность проведенного анализа. В дальнейшем необходимо продолжать работу над подбором переменных и спецификацией уравнений, позволяющих оценивать последствия климатических шоков на различные экономические показатели.

Благодарности

Материал подготовлен в рамках выполнения научно-исследовательской работы государственного задания РАНХиГС на 2023 год.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. С. Арженовский, Т. Синявская и В. Никогосян, «Оценка влияния климата на экономические показатели монетарной политики: региональный подход», Регионология, т. 31, pp. 70-86, 2023.
2. M. Kunawotor, G. Vokpin, P. Asuming и К. Amoateng, «The Impacts of Extreme Weather Events on Inflation and the Implications for Monetary Policy in Africa,» Progress in Development Studies, т. 2, pp. 130-148, 2022.
3. R. Moessner, «Effects of Carbon Pricing on Inflation,» CESifo Working Paper, т. 9563, 2022.
4. M. Dell, B. Jones и B. Olken, «Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century,» American economic journal: macroeconomics, т. 4, № 3, pp. 66-95, July 2012.
5. G. Economides и А. Херападаеас, «Monetary policy under climate change,» Bank of Greece Working paper, № 247, 2018.
6. R. Newell, B. Prest и S. Sexton, «The GDP-Temperature relationship: Implications for climate change damages,» Journal of Environmental Economics and Management, т. 108, 2021.
7. M. Odongo, R. Misati, A. Kamau и К. Kisingu, «Climate Change and Inflation in Eastern and Southern Africa,» Sustainability, т. 14, 2022.
8. K. Mukherjee и B. Ouattara, «Climate and monetary policy: do temperature shocks lead to inflationary pressures?,» Climatic Change, т. 167, 2021.
9. J. Beirne, Y. Dafermos, F. Kriwoluzky, N. Renzhi, U. Volz и J. Wittich, «The Effects of Natural Disasters on Price Stability in the Euro Area,» German Institute for Economic Research, 2021.
10. M. B. C. Andersson и J. Morgan, «Climate change and the macro economy,» ECB Occasional Paper, т. 243, 2020.

В СЕРИИ ПРЕПРИНТОВ
РАНХиГС РАССМАТРИВАЮТСЯ
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ
И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ
К СОЗДАНИЮ, АКТИВНОМУ
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
ВОЗМОЖНОСТЕЙ
ИННОВАЦИЙ В РАЗЛИЧНЫХ
СФЕРАХ ЭКОНОМИКИ
КАК КЛЮЧЕВОГО УСЛОВИЯ
ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ



РАНХиГС

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ