
НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ

**Динамика макроэкономических показателей в России:
вейвлет-анализ безработицы, инфляции и процентной ставки**

© 2025 г. А.А. Курилова

А.А. Курилова,

Институт финансов, экономики и управления, ФГБОУ ВО Тольяттинский государственный университет, Тольятти; e-mail: aakurilova@yandex.ru

Поступила в редакцию 06.09.2024

Аннотация. В данной статье проведен вейвлет-анализ динамики трех ключевых макроэкономических показателей в российской экономике: безработицы, инфляции и процентной ставки за период с 1990 по 2021 г. Анализ динамики ключевых макроэкономических показателей в российской экономике был проведен с использованием вейвлет-анализа в сочетании с тестами на стационарность временных рядов — такими, как расширенный тест Дикки—Фуллера, тест Филлипс—Перрона, тест Грейнджера и тест Квача—Перрона. Анализ показывает, что в России отсутствует кривая Филлипса на протяжении рассматриваемого периода и обратная зависимость между уровнем инфляции и уровнем безработицы не подтверждается. Однако существует зависимость между процентной ставкой и инфляцией, а также между процентной ставкой и уровнем безработицы, хотя характер этих зависимостей меняется в разные временные периоды. Исследование выявило изменения во временной динамике этих показателей на различных временных частотах (низких и высоких). В частности, на низких частотах обнаружена статистически значимая взаимосвязь между безработицей и инфляцией, где пики безработицы начали предшествовать пикам инфляции с 2009 г. На высоких частотах наблюдается сдвиг во времени между процентной ставкой и инфляцией после 1998 г., а также отрицательное содвижение между процентной ставкой и безработицей в определенные временные периоды. Эти результаты помогают лучше понять долгосрочные тенденции и взаимосвязи в российской экономике, а также имеют практическое значение для формирования экономической политики.

Ключевые слова: вейвлет-анализ; моделирование; безработица; инфляция; процентная ставка, вейвлет-преобразования.

Классификация JEL: E24, E31, E43.

УДК: 336.

Для цитирования: **Курилова А.А.** (2025). Динамика макроэкономических показателей в России: вейвлет-анализ безработицы, инфляции и процентной ставки // *Экономика и математические методы*. Т. 61. № 2. С. 44–56. DOI: 10.31857/S0424738825020047

1. ВВЕДЕНИЕ

В наше стремительно меняющееся время, особенно в условиях современных вызовов и неопределенности, вопросы макроэкономической стабильности и взаимосвязей становятся ключевыми в контексте устойчивого развития национальной экономики. В связи с этим целью данной статьи является исследование динамики макроэкономических взаимосвязей в России с использованием вейвлет-анализа. Проблемы безработицы, инфляции и реальных процентных ставок существенно влияли на экономический ландшафт страны, и их адекватное изучение становится решающим для принятия обоснованных экономических решений. Вейвлет-анализ, являясь эффективным инструментом выявления периодических колебаний данных, дает возможность лучше понять долгосрочную и краткосрочную динамику экономики. Такой подход позволяет выявить скрытые тенденции и циклы, что является необходимым шагом в формировании эффективных стратегий управления экономическими процессами.

В этом контексте статья предлагает новый взгляд на динамику макроэкономических показателей России, что делает ее важным вкладом в область исследований и дискуссий.

Процентные ставки являются ключевым инструментом денежно-кредитной политики, используемым центральными банками для контроля инфляции. Анализ взаимосвязи между инфляцией и процентными ставками помогает центральным банкам принимать обоснованные решения об уровне

процентных ставок для стабилизации цен и поддержания экономической стабильности. Уровень процентных ставок может повлиять на инфляционные ожидания всех участников экономических процессов. Понимание того, как взаимодействуют эти показатели, позволяет прогнозировать возможные изменения инфляционных ожиданий и принимать соответствующие меры. Таким образом, анализ взаимосвязи между инфляцией и процентной ставкой имеет широкое практическое применение и важен для эффективного управления макроэкономическими процессами и финансовой стабильности.

Изучение взаимосвязи между безработицей и процентной ставкой помогает центральному банку сформировать более эффективные стратегии для достижения оптимального сочетания стабильных цен с поддержанием занятости.

Результаты эмпирического анализа показывают, что инфляция имеет отрицательную связь с уровнем безработицы в краткосрочной перспективе и положительную связь — в долгосрочной перспективе (Tenzin, 2019). В статье (Sa'idu, Muhammad, 2015) выявили одностороннюю причинно-следственную связь между инфляцией и ВВП. Инфляция значительно влияет, в то время как безработица незначительно влияет на экономический рост. Взаимосвязь между инфляцией и безработицей неодинакова и проявляется по-разному в разных масштабах (Safdari et al., 2016). Рост безработицы и инфляции снижает благосостояние. Безработица сильнее влияет на благосостояние по сравнению с инфляцией (Blanchflower et al., 2014).

Эмпирический анализ взаимодействия между инфляцией и безработицей рассматривался исследователями на примере разных стран. Модель ARDL использовалась для оценки краткосрочного и долгосрочного воздействия между уровнями безработицы и инфляции среди контролируемых переменных на реальный ВВП в Южной Африке за период 1994–2019 гг. Результаты показывают, что инфляция снижает реальный ВВП; человеческий капитал и физический капитал способствуют росту реального ВВП (Leward, Lazarus, 2021).

Попеску и Диакону подтверждают модель Филлипса в краткосрочном периоде, указывая на наличие обратной зависимости между инфляцией и уровнем безработицы в странах G7 в течение анализируемого периода. Однако в долгосрочной перспективе результаты показывают, что инфляция и безработица могут сосуществовать, что позволяет нам согласиться с монетаристскими теориями (Popescu, Diaconu, 2022).

В работе (Korkmaz, Abdullazade, 2020) авторы исследовали связь между инфляцией и безработицей в девяти случайно выбранных странах (Австралия, Бразилия, Канада, Франция, Германия, Италия, Российская Федерация, Турция и Великобритания) и на основе данных за период 2009–2017 гг. доказали однонаправленную причинную связь.

Изучение влияния безработицы и инфляции на экономический рост 79 развивающихся стран мира за период с 2002 по 2018 г. показывает, что существует отрицательная связь между инфляцией и безработицей в рамках модели Филлипса (Uddin, Rahman, 2023).

Эмпирические исследования инфляции, безработицы и процентных ставок также широко распространены на уровне стран. Анализ причинно-следственной связи Грейнджера между уровнем инфляции, процентных ставок и уровнем безработицы в Австралии выявил положительную долгосрочную (теоретическую) связь между процентной ставкой и безработицей и отрицательную долгосрочную связь между инфляцией и безработицей (Swastika, Masih, 2020).

Авторы (Kara, Çankal, 2020) изучают долгосрочную связь между разбросом процентных ставок и уровнем безработицы в странах ОЭСР с 2005 по 2016 г.

В работе (Bierens, Broersma, 1993) описана причинно-следственная связь Грейнджера между безработицей и процентной ставкой в Нидерландах. По моделированию ARMAX, такие отношения существуют не только в Нидерландах, но и в США, Канаде, Японии, Германии, Великобритании и Франции (Bierens, Broersma, 1993). Автор (Azmi, 2012) исследует влияние безработицы, процентной ставки и государственных расходов на ВВП Малайзии с 1981 по 2010 г.

В Малайзии определена двусторонняя причинно-следственная связь между безработицей и экономическим ростом в краткосрочной перспективе (Hashim et al., 2019). В долгосрочной перспективе уровень инфляции в Малайзии с 2010 по 2018 г. положительно повлиял на экономический рост, процентная ставка — повлияла отрицательно (Anak Impin, Kok, 2021).

В работе (Karlsson, Li, Shukur, 2018) авторы применяют вейвлет-анализ с несколькими разрешениями (анализ рыночных отношений, MRA) в сочетании с двумя типами тестов причинности для исследования

причинно-следственных связей между тремя переменными: реальной ценой на нефть, реальной ставкой процента и уровнем безработицы в Норвегии. Причинно-следственная связь между уровнем безработицы и процентной ставкой наблюдалась на протяжении двух лет, в течение этого времени также был обнаружен *механизм обратной связи* между уровнем безработицы и процентной ставкой. Причинно-следственные связи между ценой на нефть и процентной ставкой, а также безработицей наблюдались в течение самого длительного интервала времени — восьми кварталов (Karlssoon, Li, Shukur, 2018).

Подтверждены многочисленные разрывы в рассматриваемых макроэкономических переменных в Пакистане (Muhammadulah, Urooj, Khan, 2021). Результаты модели множественной линейной регрессии показывают, что инфляция и безработица статистически незначимы для экономического роста Пакистана (Ramzan, 2021).

На основе регрессионного анализа обнаружено положительное влияние инфляции и отрицательное влияние процентной ставки на экономический рост в Индонезии (Fitriani, 2019).

В исследовании (Sijabat, 2023) анализируется причинно-следственная связь между экономическим ростом, бедностью, безработицей и инфляцией в Индонезии с 2000 по 2019 г. При использовании векторной модели исправления ошибок это исследование обнаруживает значительную долгосрочную связь между инфляцией, экономическим ростом, уровнем бедности и уровнем безработицы. Между тем в краткосрочной перспективе экономический рост и уровень бедности существенно и негативно влияют на инфляцию.

Исследование влияния безработицы и процентной ставки на инфляцию в Шри-Ланке с использованием авторегрессионных моделей с распределенным лагом (ARDL) показало, что безработица имеет статистически значимое негативное влияние на инфляцию как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективах. Процентная ставка также влияет на инфляцию на обоих временных горизонтах (Selvanayagam, Mustafa, 2018).

Результаты исследования (Musa, 2021) показывают, что инфляция положительно влияет на уровень безработицы, а это указывает на однонаправленную причинную связь между этими показателями в Нигерии. Эмпирический анализ взаимосвязи между безработицей и инфляцией на Филиппинах с 1980 по 2006 г. показал наличие коинтеграционной связи, но отсутствует причинно-следственная связь между этими показателями (Furuoka, Munir, 2014).

Проанализировано влияние безработицы и инфляции на экономический рост в Южной Африке с 1994 по 2018 г. Результаты коинтеграционного теста Йохансена показали, что между переменными существует долгосрочная связь, в то время как модель корреляции векторов ошибок подтвердила, что инфляция и безработица причиняют вред экономическому росту (Sekwati, Dagume, 2023).

Авторы работы (Fung, Nga, 2022) исследуют взаимосвязь и взаимодействие между безработицей среди молодежи, инфляцией и экономическим ростом в странах АСЕАН с 1996 по 2019 г. Исследование показало, что в долгосрочной перспективе безработица среди молодежи существенно и негативно воздействует на экономический рост, — ее увеличение приведет к снижению экономического роста. Что касается инфляции, результат показал, что инфляция также оказывает значительное положительное влияние в долгосрочной перспективе.

Что касается региональных исследований в России, то, например, в работе (Аверина, Горшкова, Синельникова-Мурылева, 2018) авторы обнаружили, что кривая Филлипса с уровнем безработицы не правильно описывает региональные панельные данные в России. А в статье (Орлов, Постников, 2022) выявлена значительная связь между уровнем безработицы и инфляцией в большинстве российских регионов. Однако инфляция оказалась слабо чувствительной к изменениям на рынке труда. Также выделены регионы с проинфляционным и дезинфляционным воздействием рынка труда.

Инфляция была наиболее значительной в 1990-е годы. Уровень безработицы в России увеличивается с 1990 г. примерно до 5% после 2016 г. (Osipian, 2023).

В ходе данного исследования было изучено, подтверждаются ли нижеизложенные гипотезы для России.

Гипотеза 1 (H1). В России существует обратная зависимость между инфляцией и безработицей.

Гипотеза 2 (H2). В России нет взаимосвязи между безработицей и реальными процентными ставками.

Гипотеза 3 (H3). В России нет взаимосвязи между инфляцией и реальными процентными ставками.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе исследовалось, существует ли связь между безработицей (безработица, общая (% общей численности рабочей силы)), инфляцией (потребительские цены (годовые%)) и реальной процентной ставкой в России с 1990 по 2021 г. Данные взяты с сайта Всемирного банка.

Основной целью работы было исследование динамических взаимодействий между тремя ведущими индикаторами России (инфляция, безработица и реальная процентная ставка) с использованием вейвлет-анализа во временной и частотной областях на основе исследования направлений связи по данным с 1990 по 2021 г.

Для оценки взаимодействия, взаимного влияния и связи между безработицей, инфляцией и процентными ставками в России использовались индексы корреляции, тест Грейджера и вейвлет-анализ для оценки когерентности.

Корреляция отражает степень линейной связи между двумя рядами. Когда два ряда имеют высокую корреляцию, это указывает на их линейную связь друг с другом.

Когерентность отражает степень синхронности или согласованности изменений в частотной области между двумя рядами данных. Даже если ряды не коррелированы линейно, они могут быть когерентными в частотной области, т.е. изменения одной частоты могут происходить взаимосвязано (когерентно) с изменениями другой.

Таким образом, ряды могут быть некоррелированными в линейном смысле (иметь низкую линейную корреляцию), но при этом оставаться высококогерентными на определенных частотах. Это может произойти, если связь между рядами не линейная, но имеется согласованность изменений на определенных временных частотах.

Таким образом, проведение анализа когерентности может выявить структуры или закономерности между рядами данных, которые не обнаруживаются путем простого измерения линейной корреляции.

Вейвлет-кросс-спектры и кросс-скалограммы используются для анализа временной структуры двумерных данных турбулентности (Hudgins, Friehe, Mayer, 1993).

Вейвлет-подход привлекателен тем, что он непосредственно основан на различном поведении спектров одного корневого процесса и стационарного процесса с короткой памятью. Используя дискретное вейвлет-преобразование, дисперсия (энергия) корневого процесса разлагается на дисперсию его низкочастотных составляющих и дисперсию его высокочастотных составляющих (Fan, Gençay, 2010).

Статистика угольной фазы обеспечивает уверенность в причинно-следственных связях и проверяет физические связи между временными рядами (Grinsted, Moore, Jevrejeva, 2004).

Макроэкономический временной ряд представляет собой комбинацию компонентов, действующих с разной частотой. Проблемы экономических временных рядов связаны с пониманием поведения ключевых переменных на разных частотах с течением времени, но этот тип информации трудно получить, используя методы исключительно во временной или только частотной областях (Aguiar-Conraria, Azevedo, Soares, 2008).

На практике существуют различные типы вейвлетов, предназначенных для различных целей, например Хаара, Морле, Добеши другие вейвлеты (Li et al., 2015). Самым популярным среди них и применимым для извлечения признаков является вейвлет Морле, представленный в (Grossmann, Morlet, 1984).

Проведенное в данной работе исследование базируется на математическом аппарате, представленном в работах (Li et al., 2015; Chang, Gupta, Miller, 2018).

Для расчета вейвлет-когерентности с использованием спектров мощности перекрестных и автовейвлетов использовалась формула:

$$R_{xy}^2(\tau, s) = \left| S \left(s^{-1} W_{xy}(\tau, s) \right) \right|^2 / \left(S \left(s^{-1} |W_x(\tau, s)|^2 \right) S \left(s^{-1} |W_y(\tau, s)|^2 \right) \right),$$

где комплексный аргумент $\arg W_{xy}(\tau, s)$ представляет собой локальную относительную фазу между $x(t)$ и $y(t)$, $|\arg W_x(\tau, s)|^2$ является мощностью вейвлета, $\arg W_x(\tau, s)$ представляет локальную фазу, а S является оператором сглаживания. Пропорция скрещенного вейвлет-спектра к произведению спектра каждой серии дает локальную корреляцию между двумя сериями. Это математическое

выражение дает значение от 0 до 1 в пределах указанного частотно-временного окна. Нулевая когерентность указывает на отсутствие совместного движения между исследуемыми показателями, в то время как высокая когерентность подразумевает сильное совместное движение между двумя сериями. На графиках когерентности вейвлета темные цвета соответствуют сильному совместному движению, тогда как синие цвета соответствуют слабому совместному движению.

Для оценки вейвлет-согласованности используется разность фаз, чтобы оценить взаимоотношения между показателями и их положительные и отрицательные совместные движения.

Формула из работы (Bloomfield et al., 2004) используется для расчета разности фаз между $x(t)$ и $y(t)$:

$$\phi_{xy} = \tan^{-1} \left(\frac{I \left\{ S \left(s^{-1} W_{xy}(\tau, s) \right) \right\}}{\Re \left\{ S \left(s^{-1} W_{xy}(\tau, s) \right) \right\}} \right), \phi_{xy} \in [-\pi, \pi], \quad (1)$$

где I и \Re равны мнимой и действительной частям сплаженного кросс-вейвлет-преобразования соответственно.

Нулевая разность фаз указывает на то, что две основные серии движутся вместе, а разность фаз $\pi(-\pi)$ указывает на то, что две основные серии движутся в противоположных направлениях. Если $\phi_{xy} \in (0, \pi/2)$, то ряд движется синфазно (положительно сопутствующе), причем $x(t)$ предшествует $y(t)$. Если $\phi_{xy} \in (\pi/2, \pi)$, то ряд сдвинут по фазе (отрицательно сдвинут), причем $y(t)$ предшествует $x(t)$. Если $\phi_{xy} \in (-\pi, -\pi/2)$, то ряд сдвигается по фазе, причем $x(t)$ предшествует $y(t)$. Наконец, если $\phi_{xy} \in (-\pi/2, 0)$, то ряд движется синфазно, причем $y(t)$ предшествует $x(t)$. Более того, разность фаз может подразумевать причинно-следственную связь между $x(t)$ и $y(t)$ как во временной, так и в частотной областях.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенный корреляционный анализ показал наличие взаимосвязи между показателями инфляции и безработицы (коэффициент корреляции 89,9), но корреляция этих показателей с реальной процентной ставкой достаточно низкая (0,12 и 0,13 — соответственно).

Корреляционная матрица представлена на рис. 1.

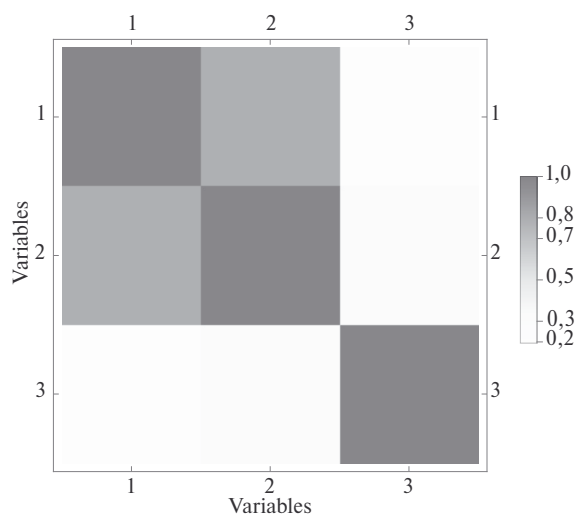


Рис. 1. Корреляционная матрица

Взаимосвязь между безработицей и процентной ставкой может быть сложной и зависит от многих факторов. Значительная часть российской экономики зависит от сырьевых отраслей, поэтому изменения процентных ставок могут быть менее значительными для уровня занятости. Влияние глобальных экономических условий и изменений в мировой торговле также может ослабить связь между процентными ставками и безработицей в России.

Изменения процентных ставок могут в первую очередь повлиять на финансовые рынки, а не на реальную экономику. Изменения процентных ставок могут ослабить прямое воздействие на безработицу.

Государственное вмешательство посредством социальных программ, поддержки занятости и других мер также может серьезно повлиять на взаимосвязь между процентной ставкой и безработицей.

Однако инфляция также играет важную роль в этом контексте. Высокая инфляция может ослабить положительное влияние более низких процентных ставок на экономику. Для контроля инфляции Центральный банк использует такие инструменты денежно-кредитной политики, как изменение процентных ставок. Если инфляция станет слишком высокой, центральный банк может поднять процентные ставки, чтобы сократить расходы и замедлить экономическую активность. Тест стационарных свойств включает выявление статистических свойств переменных путем указания средних значений и стандартного отклонения.

Таблица 1. Статистические свойства переменных

| Переменная | Средние значения | Стандартное отклонение | Наблюдения |
|-----------------|------------------|------------------------|------------|
| Безработица | 7,2872 | 2,5294 | 25 |
| Инфляция | 13,862 | 16,1918 | 25 |
| Ставка процента | 0,276 | 8,95094 | 25 |

Таблица 2. Сводная статистика

| Переменная | Трансформация | PP-тест |
|-------------------|-----------------|---------|
| Безработица | Уровень | 0,677 |
| | Первые различия | 0,00036 |
| Инфляция | Уровень | 0,259 |
| | Первые различия | 0,00003 |
| Процентная ставка | Уровень | 0,002 |
| | Первые различия | 0,00002 |

В табл. 1–2 показаны статистические свойства переменных со средними значениями и стандартным отклонением (SD).

Далее мы проводим предварительный анализ, включающий стандартные тесты на причинно-следственную связь. Сначала мы проверяем ряд данных на наличие единичных корней, используя тесты стационарности ADF (расширенный Дикки–Фуллер) и PP (Филлипс–Перрон).

Тест ADF и тест PP представляют собой статистические тесты на наличие единичных корней во временных рядах. Если значение критерия ниже критических значений, это может указывать на стационарность ряда (т.е. не имеет единичных корней).

Проводимый PP-тест на уровень безработицы показывает значение $p = 0,677$, что значительно выше уровня значимости 0,05. Такой уровень свидетельствует о том, что нулевую гипотезу единичного корня нельзя отвергнуть, что может указывать на нестационарность данных.

Однако в случае оценки первых различий тест показывает значительно более низкие значения $p = 0,00036$, что указывает на то, что мы можем отвергнуть нулевую гипотезу и предположить стационарность после применения первых различий.

Как и в случае с безработицей, тесты на измерение инфляции не позволяют нам отвергнуть гипотезу о единичном корне на уровне переменной (p -значение 0,259). Опять же, используя первые разности, значения p уменьшаются до 0,00003, что указывает на стационарность после преобразования.

Результаты тестов процентных ставок переменного уровня также не отвергают нулевой гипотезы нестационарности (p -значение 0,002). Когда используются первые разности, значение p становится еще меньше (0,00002), что подтверждает предположение о стационарности.

Проведем тест Дикки–Фуллера (DF) для данных о безработице населения России, инфляции и процентной ставке Банка России. Для показателей «Безработица» значения p -value для различных спецификаций теста варьируют от 0,0006 до 0,5949. Однако не все эти значения выше обычно используемого уровня значимости 0,05, а это означает, что ряды могут быть стационарными.

Для показателя «Инфляция» значения p -value для различных спецификаций теста варьируют от 0,0002 до 0,1021. Ряд значений p -value меньше 0,05, а это означает, что нулевая гипотеза о наличии единичного корня может быть отвергнута на уровне значимости 0,05. Это может указывать на стационарность временного ряда при данной спецификации теста. Остальные значения p -value больше 0,05, что указывает на нестационарность ряда инфляции при этих спецификациях теста.

Для «Процентной ставки» значения p -value для различных спецификаций теста варьируют от 0,0005 до 1. Следовательно, потребуется дальнейший анализ для более точного понимания стационарности временных рядов.

Далее реализуем тест Квача–Педрона (Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin, KPSS) на наличие единичного корня в данных. Тест Квача–Педрона (KPSS) — альтернативный тест

на стационарность временного ряда, с помощью которого проверяется, может ли ряд быть рассмотрен как стационарный в предположении, что он имеет единичный корень.

Результаты теста представлены числами, и если они больше критического значения, ряд считается нестационарным.

Для первого набора данных («Безработица») получены следующие значения статистики KPSS: {8,96271; 4,62607; 3,1765; 2,4515; 2,01421; 1,72041; 1,50886; 1,34942; 1,225; 1,12511; 1,04305}.

Для второго набора данных («Инфляция») получены следующие значения статистики KPSS: {5,6292; 3,46279; 2,58396; 2,1321; 1,8457; 1,64612; 1,49461; 1,37615; 1,28081; 1,20068; 1,13252}.

Для «Процентной ставки»: {0,105032; 0,0923925; 0,107875; 0,11626; 0,119205; 0,120796; 0,120528; 0,120407; 0,123704; 0,133323; 0,148763}.

Чем выше значение статистики теста KPSS, тем ближе ряд к нестационарному. Данные превышают критические значения для выбранного уровня значимости. Соответственно, нулевая гипотеза о стационарности ряда отвергается в пользу альтернативной гипотезы о наличии единичного корня и, следовательно, о нестационарности ряда.

Таким образом, мы приходим к выводу, что, возможно, все рассматриваемые ряды данных являются нестационарными.

Следующим шагом является выбор оптимального периода задержки для проведения теста Грейнджера (Granger causality test).

В этом исследовании длина лага определялась с использованием информационного критерия Акаике (AIC), байесовского информационного критерия (BIC) и критерия Ханнана и Куинна (HQIC).

Таблица 3. Оптимальный период задержки для проведения теста на когерентность

| Переменная | Критерий | Лаги |
|-------------------|----------|------|
| Безработица | AIC | 2 |
| | BIC | 1 |
| | HQIC | 1 |
| Инфляция | AIC | 1 |
| | BIC | 10 |
| | HQIC | 1 |
| Процентная ставка | AIC | 1 |
| | BIC | 2 |
| | HQIC | 1 |

Как видно из табл. 3, наиболее оптимальным показателем для расчета лагов для всех показателей является лаг, равный единице.

Полученное значение оптимального лага равно 1, это означает, что для данного набора данных причинно-следственная связь между рядами может наблюдаться на одном временном шаге (один лаг). Это означает, что значения одного ряда могут влиять на значения другого ряда через один временной период.

Проведем тест Грейнджера, который используется для определения, может ли один временной ряд предсказывать другой для первой пары данных «Безработица—Инфляция».

В данном случае обнаружено, что значения p -value для первого лага меньше используемого уровня значимости 0,05 (0,00009); это может подтверждать наличие причинно-следственной связи между безработицей и инфляцией. Для обратной пары данных («Инфляция—Безработица») не обнаружено статистически значимой причинно-следственной связи на основе выбранного уровня значимости.

Таким образом, в данном случае статистически значимая причинно-следственная связь между безработицей и инфляцией, которую обнаружили с помощью теста Грейнджера с одним временным лагом, указывает на то, что показатели безработицы в предыдущем году могут влиять на показатели инфляции в текущем году.

Проведем тест Грейнджера для пары данных «Безработица»—«Процентная ставка».

Для первого случая, когда безработица рассматривается как потенциальный предиктор процентной ставки для лага 1, p -значение составляет 0,12978.

Для второго случая, когда процентная ставка рассматривается как потенциальный предиктор безработицы для лага 1, p -значение составляет 0,0373.

Тест Грейнджера для третьей пары показателей «Инфляция»—«Процентная ставка» выявил следующее. Для первого случая, когда инфляция рассматривается как потенциальный предиктор процентной ставки, p -значения для всех лагов (от 1 до 7) значительно превышают уровень значимости 0,05. Это означает, что на основе данного анализа нет статистически значимой

причинно-следственной связи между показателями при использовании Human Development Index (HDI) в качестве предиктора.

Для второго случая, когда процентная ставка рассматривается как потенциальный предиктор инфляции, р-значение для лага 1 составляет 0,0045, что меньше уровня значимости 0,05, а это указывает на статистически значимую причинно-следственную связь между процентной ставкой и инфляцией.

Таким образом, результаты указывают на однонаправленную причинно-следственную связь, где процентная ставка может влиять на уровень безработицы, но безработица незначимо воздействует на величину процентной ставки — так же, как и инфляция. Ни тот ни другой показатель не влияет на величину процентной ставки.

Следующим шагом исследования является выполнение вейвлет-анализа.

Вейвлет-анализ может быть полезным инструментом для выявления временных закономерностей и взаимосвязей между переменными в разных временных масштабах. Особенность вейвлет-анализа заключается в том, что он может выявить временные изменения во взаимоотношениях между переменными, которые не могут быть учтены стандартными тестами коинтеграции. Вейвлет-анализ может быть более чувствительным к нелинейным зависимостям и временным изменениям, чем классические тесты.

Вейвлет-анализ позволяет нам исследовать взаимосвязь в разных временных масштабах, что может быть важно при анализе переменных, подчиняющихся разным циклам и тенденциям. Вейвлет-анализ — метод анализа временных рядов, который позволяет анализировать частотные компоненты ряда как функцию времени.

Высокие частоты в вейвлет-анализе соответствуют кратковременным, или быстрым, изменениям данных. Они могут отражать быстрые колебания, шум или краткосрочные тенденции, происходящие в короткие промежутки времени. Высокие частоты в вейвлет-анализе анализируют мелкие детали данных. Низкие частоты отражают долгосрочные, или медленные, изменения данных. Обычно они показывают общие тенденции, или плавные изменения, в течение более длительных интервалов времени. Низкие частоты в вейвлет-анализе представляют собой глобальные, или долгосрочные, особенности данных.

На площади когерентности вейвлета показателей «Безработица» и «Инфляция» (рис. 2.) более темные цвета соответствуют сильному совместному движению, тогда как цвета нижнего спектра соответствуют слабому совместному движению.

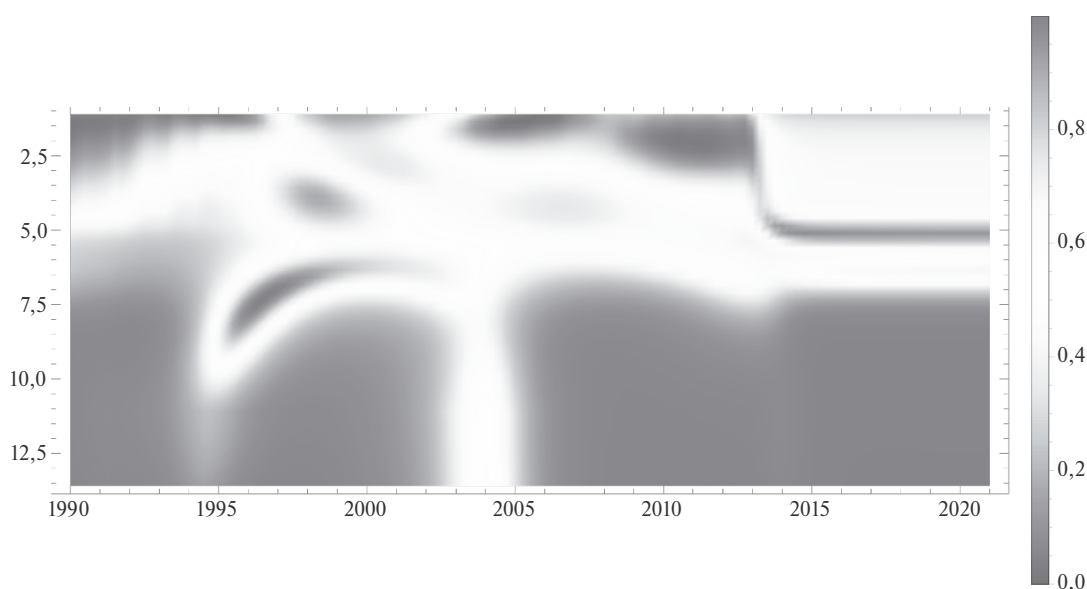


Рис. 2. Визуализация результатов вейвлет-анализа

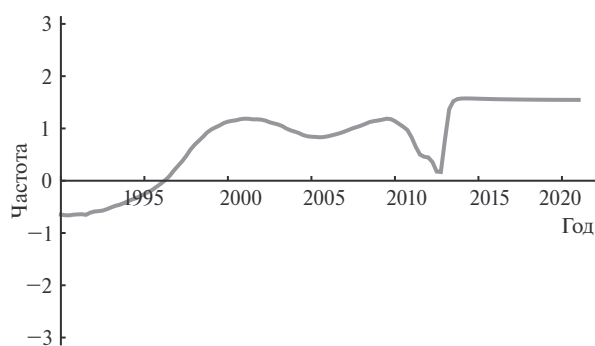


Рис. 3. Визуализация результатов вейвлет-анализа на высокой частоте

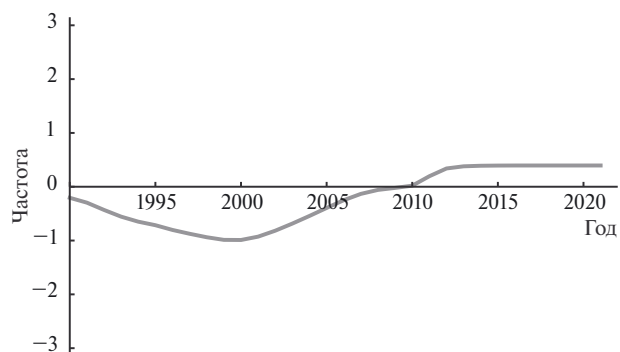


Рис. 4. Визуализация результатов вейвлет-анализа на низкой частоте

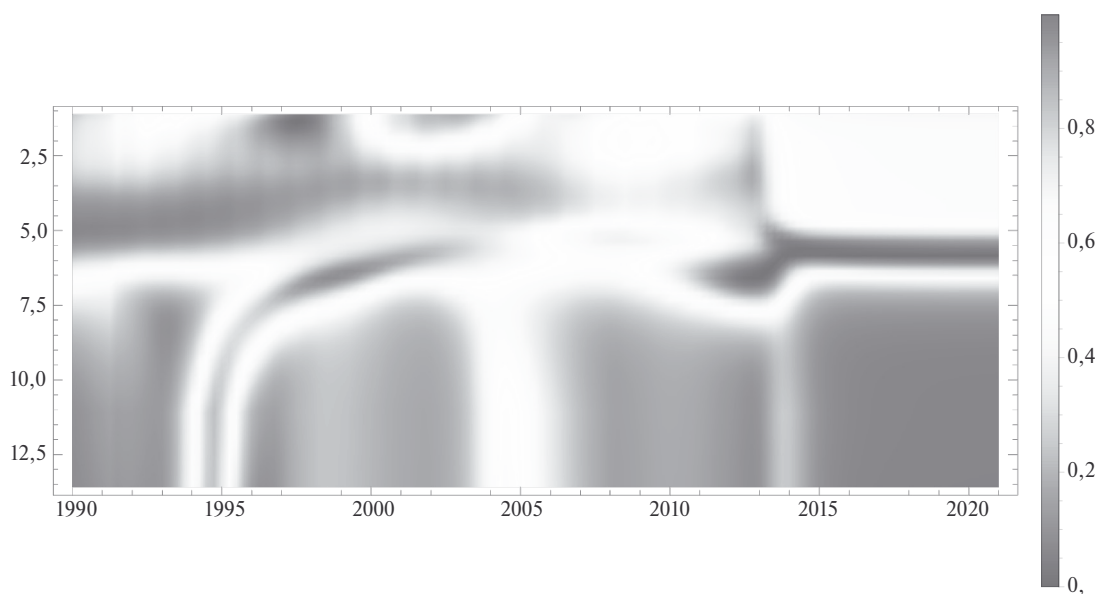


Рис. 5. Визуализация результатов вейвлет-анализа

Как видно из рис. 2, «Безработица» и «Инфляция» демонстрируют статистически значимую высокую согласованность в диапазоне как высоких частот (квартала), так и низких (год).

В диапазоне высоких частот (рис. 3) до 1996 г. наблюдалось синфазная зависимость с предшествованием пиковых показателей инфляции перед пиковыми показателями безработицы. Далее, до конца рассматриваемого периода наблюдается предшествование пиковых показателей безработицы перед показателями инфляции.

В диапазоне низких частот (рис. 4) показатели демонстрируют статистически значимую высокую согласованность в течение всего периода времени с синфазной положительной зависимостью показателей безработицы и инфляции. Однако до 2009 г. синфазная зависимость характеризовалась предшествованием пиковых показателей инфляции перед пиковыми показателями безработицы. С 2009 по 2021 г. показатели безработицы предшествуют показателям инфляции.

Таким образом, можно говорить о подтверждении гипотезы об отсутствии соотношений по кривой Филлипса в России на протяжении рассматриваемого периода — с 1990 по 2021 г. На низких и высоких частотах выявлено отсутствие обратной зависимости между уровнем инфляции и уровнем безработицы.

Следующей парой показателей является «Процентная ставка» и «Уровень инфляции», когерентность вейвлета этих показателей представлена на рис. 5.

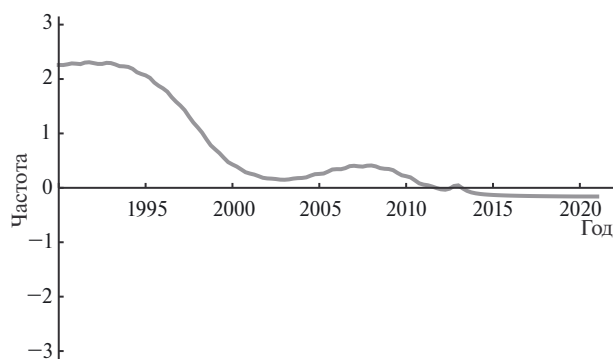


Рис. 6. Визуализация результатов вейвлет-анализа на высокой частоте

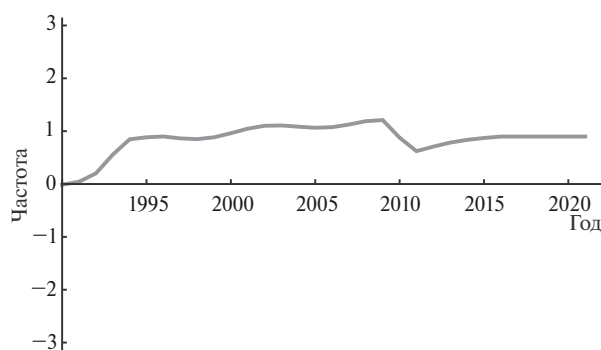


Рис. 7. Визуализация результатов вейвлет-анализа на низкой частоте

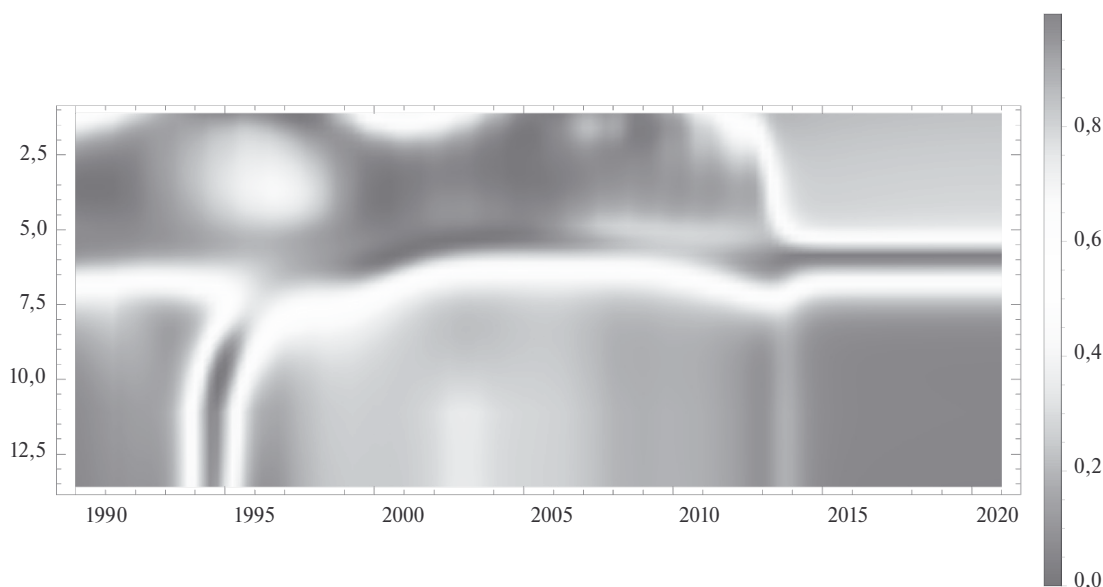


Рис. 8. Визуализация результатов вейвлет-анализа

На высокой частоте (рис. 6) в разрезе кварталов до 1998 г. наблюдался сдвиг ряда процентной ставки по фазе и отрицательный сдвиг с уровнем инфляции. Однако с 1998 по 2013 г. показатели взаимодействуют синфазно (положительно сопутствующе), при этом показатели процентной ставки предшествуют показателям уровня инфляции. Ситуация изменилась с 2013 по 2021 г., показатели инфляции предшествуют пиковым показателям процентной ставки.

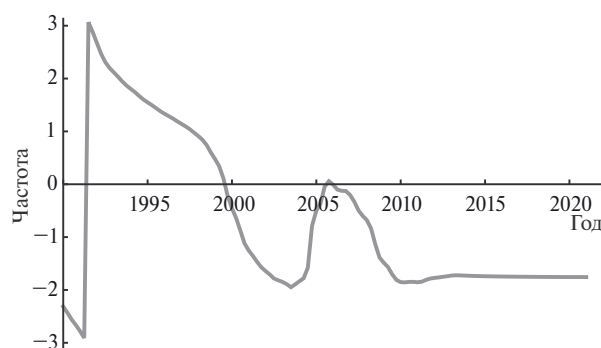


Рис. 9. Визуализация результатов вейвлет-анализа на высокой частоте

Как видно из рис. 7, на низкой частоте наблюдается синфазное положительное движение показателей процентной ставки и инфляции.

Следующей парой показателей является «Процентная ставка» и «Уровень безработицы», когерентность вейвлета этих показателей представлена на рис. 8.

Как видно из рис. 9, с 1990 по середину 1992 г., с 1999 по середину 2006 г. и с конца 2006 по 2021 г. ряд движется по фазе (отрицательно сдвинут), причем процентная ставка предшествует уровню безработицы.

С середины 1992 по 1999 г. также ряды движутся отрицательно, при этом величина пиковых

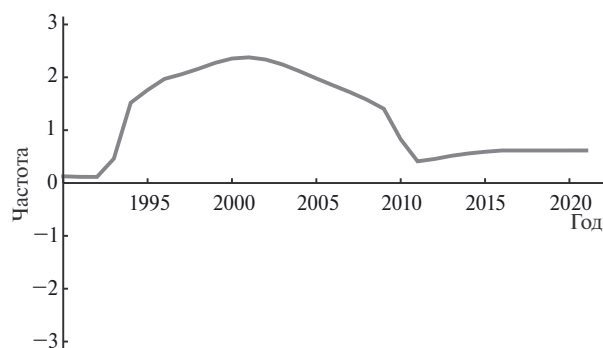


Рис. 10. Визуализация результатов вейвлет-анализа на низкой частоте

значений уровня безработицы предшествует величине ключевой ставки. Стоит отметить, что с середины 2005 по 2006 г. ряд процентной ставки движется синфазно (положительно сопутствующе), причем ряды процентной ставки предшествуют уровню безработицы.

Как видно из рис. 10, на низкой частоте с 1994 по 2008 г. ряд процентной ставки сдвинут по фазе (отрицательно) с показателями инфляции, причем показатели инфляции предшествуют показателям процентной ставки. С 2010 г. ряд процентной ставки движется синфазно (положительно сопутствующе), причем значения процентной ставки предшествует значениям инфляции.

4. ВЫВОДЫ

В данной статье исследуется причинно-следственная связь между уровнем безработицы, уровнем инфляции и реальной процентной ставкой.

Вейвлет-анализ устойчив к длине задержки, стационарности, коинтеграции и спецификации модели. В статье используются данные годовых временных рядов по России с 1990 по 2021 г., которые охватывают различные экономические процессы.

В ходе исследования были получены односторонние связи между безработицей и инфляцией, процентной ставкой и инфляцией, процентной ставкой и безработицей. Результаты показывают, что периоды и направления краткосрочной и долгосрочной причинности различаются.

Результаты исследования не подтверждают мнения о том, что безработица и инфляция в России находились в постоянном противоположном взаимодействии.

Вейвлет-анализ показывает на низких частотах (годовой диапазон), что с 1990 по 2009 г. наблюдалась ситуация, когда пики инфляции предшествовали пикам безработицы. Однако с 2009 г. до 2021 г. это соотношение поменялось и пики безработицы стали предшествовать пикам инфляции. На высоких частотах (квартальный диапазон) до 1996 г. пики инфляции предшествовали пикам безработицы. После 1996 г. ситуация изменилась и пики безработицы стали предшествовать пикам инфляции. На низких частотах наблюдается синфазное движение между процентной ставкой и уровнем инфляции, что подтверждает их положительную зависимость.

На высоких частотах до 1998 г. процентная ставка сдвинута по фазе и отрицательно сдвигается с уровнем инфляции. Однако с 1998 по 2013 г. происходит положительное синфазное движение между этими показателями, причем процентная ставка предшествует уровню инфляции. С 2013 г. ситуация меняется, и инфляция начинает предшествовать пикам процентной ставки. С 1990 по середину 1992 г., с 1999 по середину 2006 г. и с конца 2006 г. по 2021 г. наблюдается отрицательное синфазное движение между процентной ставкой и уровнем безработицы, где процентная ставка предшествует безработице. С середины 1992 по 1999 г. также отмечается отрицательное синфазное движение, но в этот период пики безработицы предшествуют пикам процентной ставки. На низких частотах (с 1994 по 2008 г.) процентная ставка сдвинута по фазе относительно инфляции, причем пики инфляции предшествуют пикам процентной ставки. С 2010 по 2021 г. происходит синфазное движение, где значения процентной ставки предшествуют значениям инфляции.

В целом анализ показывает, что в России не выявлено четкого соотношения, отражаемого кривой Филлипса на протяжении рассматриваемого периода, и обратная зависимость между уровнем инфляции и уровнем безработицы не подтверждается. Однако существует зависимость между процентной ставкой и инфляцией, а также между процентной ставкой и уровнем безработицы, хотя характер этих зависимостей меняется в разные периоды времени.

В начале 1990-х годов, после распада СССР, Россия столкнулась с экономическим кризисом и нестабильностью. На такие макроэкономические показатели, как инфляция и безработица, повлияли значительные структурные изменения и реформы — такие как приватизация и реструктуризация, которые

повлияли на экономику и рынок труда. Таким образом, ряд факторов в стране могли сделать связь между безработицей и инфляцией менее прямой и предсказуемой в определенные периоды.

Эти наблюдения предоставляют ценную информацию о том, как различные события и изменения влияют на экономическую динамику России в разные моменты времени и могут быть важны политикам и лицам, принимающим решения в правительстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Аверина Д.С., Горшкова Т.Г., Синельникова-Мурyleва Е.В. (2018). Построение кривой Филлипса на региональных данных // *Экономический журнал ВШЭ*. Т. 22. № 4. С. 609–630. DOI: 10.17323/1813-8691-2018-22-4-609-630 [Averina D.S., Gorshkova T.G., Sinelnikova-Muryleva E.V. (2018). Phillips curve estimation on regional data. *HSE Economic Journal*, 22 (4), 609–630. DOI: 10.17323/1813-8691-2018-22-4-609-630 (in Russian).]
- Орлов Д.А., Постников Е.А. (2022). Кривая Филлипса: инфляция и NAIRU в российских регионах // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 3 (55). С. 61–80. DOI: 10.31737/2221-2264-2022-55-3-4 [Orlov D.A., Postnikov E.A. (2022). Phillips curve: Inflation and NAIRU in the Russian regions. *Journal of the New Economic Association*, 3 (55), 61–80. DOI: 10.31737/2221-2264-2022-55-3-4 (in Russian).]
- Aguiar-Conraria L., Azevedo N., Soares M.J. (2008). Using wavelets to decompose the time-frequency effects of monetary policy. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 387, 12, 2863–2878. DOI: 10.1016/j.physa.2008.01.063
- Anak Impin P.D., Kok S.C. (2021). The effect of inflation rate, interest rate and unemployment rate on the economic growth of Malaysia. *Malaysian Journal of Business and Economics (MJBE)*, 8 (1), 125–140. DOI: 10.51200/mjbe.vi.3322
- Azmi F.B. (2013). An empirical analysis of the relationship between GDP and unemployment, interest rate and government spending. *SSRN Electronic Journal*, 1–10. DOI: 10.2139/ssrn.2276817
- Bierens H.J., Broersma L. (1993). The relation between unemployment and interest rate: Some international evidence. *Econometric Reviews*, 12, 217–256.
- Blanchflower D.G., Bell D.N.F., Montagnoli A., Moro M. (2014). The happiness trade-off between unemployment and inflation. *Journal of Money, Credit and Banking*, 46, S2, 117–141. DOI: 10.1111/jmcb.12154
- Bloomfield D.S., McAteer R.T.J., Lites B.W., Judge P.G., Mathioudakis M., Keenan F.P. (2004). Wavelet phase coherence analysis: Application to a quiet-sun magnetic element. *The Astrophysical Journal*, 617, 1, 629–632. DOI: 10.1086/425300
- Chang S., Gupta R., Miller S.M. (2018). Causality between per capita real GDP and income inequality in the US: Evidence from a wavelet analysis. *Social Indicators Research*, 135, 269–289.
- Fan Y., Gençay R. (2010). Unit root tests with wavelets. *Econometric Theory*, 26, 1305–1331. DOI: 10.1017/S0266466609990594
- Fitriani E. (2019). Analysis of inflation and interest rates on the economic growth in Indonesia. *JBFEM*, 2, 2, 177–188. DOI: 10.32770/jbfem.vol2177-188
- Fung Y.V., Nga L.H.J. (2022). An investigation of economic growth, youth unemployment and inflation in ASEAN countries. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 12, 1, 1731–1755. DOI: 10.6007/ijarbs/v12-i1/12023
- Furuoka F., Munir Q. (2014). Unemployment and Inflation in Malaysia: Evidence from Error Correction Model. *Philippine Journal of Development*, 1, 1.
- Grinsted A., Moore J.C., Jevrejeva S. (2004). Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 11, 5/6, 561–566. DOI: 10.5194/npg-11-561-2004
- Grossmann A., Morlet J. (1984). Decomposition of Hardy functions into square integrable wavelets of constant shape. *SIAM Journal on Mathematical Analysis*, 15, 4, 723–736.
- Hashim A., Rambeli N., Jalil N.A., Hashim E. (2019). The dynamic relationship between unemployment, inflation, interest rate and economic growth. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 8, 7, 89–94.
- Hudgins L., Friehe C.A., Mayer M.E. (1993). Wavelet transforms and atmospheric turbulence. *Physical Review Letters*, 71, 20, 3279–3282. DOI: 10.1103/PhysRevLett.71.3279
- Kara E., Çankal E. (2020). The effect of interest rate spread on unemployment rates. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24, 2, 511–526.
- Karlsson H.K., Li Y., Shukur G. (2018). The causal nexus between oil prices, interest rates, and unemployment in Norway using wavelet methods. *Sustainability Switzerland*, 10, 8, 1–15. DOI: 10.3390/su10082792
- Korkmaz S., Abdullazade M. (2020). The causal relationship between unemployment and inflation in G6 countries. *Advances in Economics and Business*, 8, 5, 303–309. DOI: 10.13189/aeb.2020.080505
- Leward J., Lazarus Z.W. (2021). The economic impact of unemployment and inflation on output growth in South Africa. *Journal of Economics and International Finance*, 13, 3, 117–126. DOI: 10.5897/jeif2021.1124
- Li X.L., Chang T., Miller S.M., Balcilar M., Gupta R. (2015). The co-movement and causality between the US housing and stock markets in the time and frequency domains. *International Review of Economics & Finance*, 38, 220–233.

- Muhammadullah S., Urooj A., Khan F. (2021). A revisit of the unemployment rate, interest rate, GDP growth and inflation of Pakistan: Whether structural break or unit root. *IRASD Journal of Economics*, 3, 2, 80–92. DOI: 10.52131/joe.2021.0302.0027
- Musa S. (2021). An empirical investigation into the effect of unemployment and inflation on economic growth in Nigeria. *Article in Journal of Research in Business*, 2, 12, 7141.
- Osipian A.L. (2023). *Consumption, investment, debt, inflation, and unemployment in Russia. Sustainable economic growth in Russia*. Cham: Palgrave Macmillan, 139–157. DOI: 10.1007/978-3-031-38874-3_8
- Popescu C.C., Diaconu L. (2022). Inflation — unemployment dilemma. A cross-country analysis. *Scientific Annals of Economics and Business*, 69, 3, 377–392. DOI: 10.47743/saeb-2022-0012
- Ramzan M. (2021). Impact of inflation and unemployment on economic growth of Pakistan. *European Journal of Business and Management Research*, 6, 4, 282–288. DOI: 10.24018/ejbmr.2021.6.4.993
- Sa'idu B.M., Muhammad A.A. (2015). Do unemployment and inflation substantially affect economic growth. *Journal of Economics and Development Studies*, 3, 2, 132–139. DOI: 10.15640/jeds.v3n2a13
- Safdari H., Hosseiny A., Vasheghani Farahani S., Jafari G.R. (2016). A picture for the coupling of unemployment and inflation. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 444, 744–750. DOI: 10.1016/j.physa.2015.10.072
- Sekwati D., Dagume M.A. (2023). Effect of unemployment and inflation on economic growth in South Africa. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 13, 1, 35–45. DOI: 10.32479/ijefi.13447
- Selvanayagam S., Mustafa A.M.M. (2018). The impact of unemployment and interest rate on inflation in Sri Lanka. *GIS Business*, 13, 4, 1–12. DOI: 10.26643/gis.v13i4.4685
- Sijabat R. (2023). Examining the impact of economic growth, poverty and unemployment on inflation in Indonesia 2000–2019: Evidence from error correction model. *Jurnal Studi Pemerintahan*, 25–58. DOI: 10.18196/jgp.v13i1.12297
- Swastika P., Masih M. (2020). Do interest rate and inflation affect unemployment? Evidence from Australia. *Munich Personal RePEc Archive*, 21, 5.
- Tenzin U. (2019). The nexus among economic growth, inflation and unemployment in Bhutan. *South Asia Economic Journal*, 20, 1, 94–105. DOI: 10.1177/1391561418822204
- Uddin I., Rahman K.U. (2023). Impact of corruption, unemployment and inflation on economic growth evidence from developing countries. *Quality and Quantity*, 57, 3, 2759–2779. DOI: 10.1007/s11135-022-01481-y

Dynamics of macroeconomic indicators in Russia: Wavelet analysis of unemployment, inflation and interest rates

© 2025 A.A. Kurilova

A.A. Kurilova,

Institute of Finance, Economics and Management, Togliatti State University, Togliatti, Russia; e-mail: aakurilova@yandex.ru

Received 06.09.2024

Abstract. This article proposes a wavelet analysis of the dynamics of three key macroeconomic indicators in the Russian economy: unemployment, inflation and interest rates for the period from 1990 to 2021. The analysis of the dynamics of key macroeconomic indicators in the Russian economy was carried out using wavelet analysis in combination with tests for stationarity of time series, such as the extended Dickey–Fuller test, Phillips–Perron test, Granger test and Quach–Perron test. The analysis shows that in Russia there are no parameters relevant of Phillips curve during the period under review, and the inverse relationship between the inflation rate and the unemployment rate is not confirmed. However, there is a relationship between the interest rate and inflation, as well as between the interest rate and the unemployment rate, although the nature of these relationships varies over different time periods. The study revealed changes in the temporal dynamics of these indicators at different time frequencies (low and high). In particular, a statistically significant relationship between unemployment and inflation was found at low frequencies, where unemployment peaks began to precede inflation peaks from 2009 and onwards. At high frequencies, there is a time shift between the interest rate and inflation after 1998, as well as a negative shift between the interest rate and unemployment during certain time periods. These results help to better understand long-term trends and relationships in the Russian economy, and also have practical implications for the formation of economic policy.

Keywords: wavelet analysis; modeling; unemployment; inflation; interest rate, wavelet transforms.

JEL Classification: E24, E31, E43.

UDC: 336.

For reference: **Kurilova A.A.** (2025). Dynamics of macroeconomic indicators in Russia: Wavelet analysis of unemployment, inflation and interest rates. *Economics and Mathematical Methods*, 61, 2, 44–56. DOI: 10.31857/S0424738825020047 (in Russian).