

УДК 504:330.1

О.В. Кубатко

АНАЛІЗ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ ФЛУКТУАЦІЙ НА ОСНОВІ СМУГОВИХ ФІЛЬТРІВ

У статті досліджено властивості еколого-економічних флуктуацій, виділених на основі смугових фільтрів. Проведено аналіз застосування смугових фільтрів для виділення флуктуацій із рядів еколого-економічної динаміки. Наведено методичні підходи щодо використання та властивостей смугових фільтрів Бакстера-Кінга, Годріка-Прескотта та Баттерворта. Проаналізовано механізм виділення флуктуацій бажаної частоти та пригнічення флуктуацій нижчих та вищих частот. Акцентовано увагу на тому, що при роботі з еколого-економічними флуктуаціями необхідно зважати на часові властивості досліджуваних рядів та зазначати при розрахунках відповідні параметри фільтрування. Обґрунтовано підходи щодо використання флуктуацій для знаходження антициклічних та проциклічних компонент еколого-економічного розвитку. Проведено розрахунки флуктуацій викидів забруднюючих речовин в атмосферу та флуктуацій ВВП на душу населення за 1990–2015 рр. на основі смугових фільтрів Годріка-Прескотта та Баттерворта. Показано, що зростання флуктуацій ВВП на душу населення на 1% збільшує флуктуації реальних викидів шкідливих речовин більше ніж на 1,07%. Останнє підтверджує гіпотезу, що економічна система України в проаналізованому періоді була значною мірою залежною від «брудних» виробництв. На основі величини коефіцієнта кореляції двох взаємопов'язаних рядів флуктуацій еколого-економічного розвитку зроблено висновки про залежність фазових зміщень від величини амплітудного розриву.

Ключові слова: *еколого-економічні флуктуації, смугові фільтри, забруднення довкілля, економічний розвиток, національна економіка.*

Постановка проблеми. Розвиток математичного апарату дослідження процесів циклічності сприяв поглибленню економічних досліджень та формуванню нових теоретичних підходів щодо вивчення природи та сутності процесів флуктуацій в економічній динаміці. Дослідження процесів циклічності та флуктуацій рядів економічної динаміки набуло значної популярності у першій половині двадцятого століття відразу після того, як відбулися значні світові економічні кризи 30-х років ХХ ст. Перші дослідження щодо властивостей циклічності економічного розвитку виявили, що флуктуації економічних показників є рекурентними (повторюваними) подіями зі значним ступенем однорідності серед багатьох країн. Флуктуації економічних показників, що за своєю природою є динамічним явищем, досить тривалий час не дозволяли дослідникам розробити економічну теорію, що могла б ґрунтовно їх описати на основі наявних емпіричних даних.

Ще в кінці ХІХ ст. було помічено, що «...війни, неврожаї, зловживання кредитами, надмірна емісія готівкових коштів – усі ці причини не можуть викликати промислової кризи, якщо немає для цього підґрунтя з боку народного господарства країни. Як остання капля води, що переповнює чашу, вони можуть лише прискорити наближення промислової кризи, проте лише

в тому випадку, коли грошовий і торговий ринки зробили промислову кризу невідворотною» [1]. Довгострокові цикли розглядаються як порушення і відновлення економічної рівноваги тривалого періоду. Основна їх причина полягає у механізмі нагромадження, акумуляції і розсіювання капіталу, достатнього для створення нових елементів інфраструктури (будівництва доріг, мостів та ін.). В основі ідеї циклічності лежить постулат про непланованість розвитку виробничих процесів. Причому варто зазначити, що причина циклічності розвитку вбачалася у самій природі ведення господарства, в раціонально-спекулятивній поведінці економічних агентів, що в певних ситуаціях призводили до періодів значного розширення виробництва та спаду. Досить тривалий час так і відбувалося, проте все ж двох однакових криз не було в жодній економічній системі світу, кожного разу з'являлися нові фактори чи умови, спрогнозувати чи передбачити які було неможливо. Таким чином, проблематика дослідження флуктуацій, що є неповторюваними в часовій динаміці, залишається відкритою науковою проблемою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Актуальність досліджень, пов'язаних із теорією реальних бізнес-циклів та флуктуацій економічного розвитку, підтверджується працями Нобелівських лауреатів з економіки – Фінна Кінланда, Едварда Прескотта, зокрема їхнім внеском у динамічну макроекономіку, часову узгодженість економічної політики та рушійні сили бізнес-циклів. Також у цій галузі Лоуренс Клейн отримав Нобелівську премію з економіки за створення економічних моделей та їх застосування до аналізу флуктуацій та економічної політики. Проблематика місця і ролі флуктуацій у розвитку економічних систем та проблематика розвитку еколого-економічних систем досліджувалися у працях провідних вітчизняних та зарубіжних вчених, зокрема: А. Бернса, Р. Браже, Ю. Бажала, В. Базилевича, О. Веклич, М. Винницької, В. Гейця, Г. Дейлі, Л. Гринів, Р. Енгла, В. Заровіца, Ф. Кідланда, Р. Лукаса, В. Марченко, Л. Мельника, В. Потапенка, Е. Прескотта, Р. Фріша, С. Харічкова, Є. Хлобистова та ін.

Проте потребують подальшої дискусії методичні питання виокремлення аналізу еколого-економічних флуктуацій на основі смугових фільтрів.

Формулювання цілей статті. У даній роботі поставлено питання дослідження властивостей еколого-економічних флуктуацій, виділених на основі смугових фільтрів.

Викладення основного матеріалу дослідження. Теорія реальних бізнес-циклів бере свій початок від праць Нобелівських лауреатів з економіки Фінна Кідланда та Едварда Прескота «Час будувати та агреговані флуктуації» [2], де науковцями закладено засади об'єднання теорії економічного зростання з флуктуаціями економічних показників та відкрито шлях для більш якісного моделювання економічних систем та калібрування економічних параметрів. Науковці Р. Годрік та Е. Прескотт уперше змогли провести процедуру детрендування рядів макроекономічної динаміки за допомогою методу, що пізніше став називатися «фільтр Годріка-Прескота» (HP filter). На основі детрендового ряду було розраховано показники стандартних відхилень, кореляцій та серійних кореляцій макроекономічних агрегатів. Зокрема вперше було описано залежність, що інвестиції є в три рази більш волатильними, ніж випуск продукції, в той час як кількість відпрацьованого

часу (годин) має таку ж саму волатильність, як і випуск продукції. Більшість економічних змінних є проциклічними та показують сильно виражену одночасну кореляцію з ВВП. Важливо зазначити, що ще Р. Годріком та Е. Прескоттом було помічено, що більшість макроекономічних змінних є персистентними, тобто якщо в певний період відбувалося зростання ВВП, то зі значною мірою ймовірності можна стверджувати, що подібна тенденція буде продовжуватися і в майбутньому.

Теорія реальних бізнес-циклів розглядає стохастичні флуктуації продуктивності праці як головне джерело флуктуацій економічної діяльності. Проте варто зазначити, що подібні підходи були висвітлені ще у працях Р. Фріша [3], та Є. Слуцького [4], де чітко простежується різниця між двома типами механізмів: механізмом виникнення імпульсу і механізмом пропагування. Імпульсний механізм сприяє виведенню економічного параметра зі стану рівноваги, в той час як механізм пропагування сприяє закріпленню відхилень параметрів системи на певний час. Нобелівський лауреат Р. Фріш, досліджуючи механізми формування циклічності розвитку, зазначає, що проблема пропагації пов'язана із виявленням та дослідженнями транзитивних механізмів, за яких економічна система переходить від одного стану до іншого [3]. Причому питання дослідження пропагації стану економічної системи досліджувалися набагато більше та ефективніше. Що стосується проблеми імпульсу, то найбільш впливовими виявилися ідеї Й. Шумпетера, який вважав інноваційні зміни джерелом циклічності розвитку.

Для виділення циклічної компоненти зі структури рядів економічної динаміки використовуються спеціальні економетричні фільтри. Серед найбільш поширених в економічних дослідженнях варто виділити фільтри Бакстера-Кінга (Baxter-King), Годріка-Прескотта (Hodrick-Prescott), Крістіано-Фітцджеральда (Christiano-Fitzgerald filter), Баттерворта (Butterworth filter).

У дослідженні рядів економічної динаміки, що мають виражені флуктуації важливими, є дослідження таких питань, як:

- 1) виявлення флуктуацій із вираженою циклічною структурою, тобто чи можна виявити мінімальне та наступне максимальне значення економічного показника через певний проміжок часу;
- 2) розрахунок середньої тривалості величини проміжку (циклу) між спадом та піком зростання, розрахунок волатильності та кількості циклів за досліджуваній проміжок часу;
- 3) виявлення причини флуктуацій та розрахунок частини варіації у флуктуаціях, що може бути пояснена циклічною компонентою та впливом шумової складової;
- 4) виявлення провідних та спадкових зв'язків між флуктуаціями в рядах економічної динаміки.

Виокремлені циклічні компоненти потрібно зіставити за допомогою кореляційно-регресійного аналізу при нульовому часовому лагові. Якщо перехресна кореляція буде близькою до одиниці, то часові ряди є проциклічними. У той час як кореляція буде близькою до мінус одиниці, то часові ряди є антициклічними, якщо перехресна кореляція буде близькою до нуля, часові ряди є некорельованими щодо базового циклу.

Подібну процедуру можна провести і для виявлення провідної чи спадкової динаміки між референтним циклом та досліджуваними часовими рядами. Якщо крос-кореляція досягає істотних значень при лагові більшому, ніж нульовий, то можна говорити про провідну динаміку референтного циклу порівняно із флуктуаціями ВВП. З іншого боку, якщо крос-кореляція досягає істотних значень при лагові меншому одиниці, то можна говорити про спадкову динаміку референтного циклу порівняно із флуктуаціями ВВП.

Концепція та методологічні засади використання спеціальних фільтрів в економічних дослідженнях були вперше запозичені із фізико-математичної та інженерної літератури. Зокрема лінійні фільтри використовуються у вигляді лінійної комбінації подільних часових сигналів x_t у вигляді

$$y_t = \varphi(L)x_t = \sum_i \varphi_j x_{t-j},$$

де L – лаговий оператор, а x_t – дискретні часові сигнали.

Послідовність буде вважатися лінійним фільтром, якщо відповідно на вхідний сигнал (збурювач) буде одиничний імпульс:

$$\varphi(L) = \{ \dots \varphi_{-2}L^{-1} + \varphi_{-1}L^{-1} + \varphi_0L + \varphi_1L^1 + \varphi_2L^2 \dots \}.$$

Послідовність вагових коефіцієнтів $\varphi(L)$ може бути як скінченною, так і нескінченною. Скінченна послідовність вагових коефіцієнтів працює за принципом фільтра середньої ковзної, а друга – за принципом фільтра імпульс-реакції. Якщо для фільтрування використовуються лише позитивні значення лагового оператора L , то цей фільтр є стандартним. Фільтрування на основі згладження базується на основі руху середньої ковзної, наприклад, для п'яти змінних середньої ковзної використовуються два лагових значення, два лідируючих значення і по центру залишається поточне значення, для якого і буде розраховуватися середнє згладжене значення. Розрахункові значення середнього ковзного фільтра можуть бути центрованими та нецентрованими, зокрема якщо для розрахунку береться парна кількість вхідних значень, то середнє згладжене значення буде нецентрованим, оскільки буде містити дробову частину. Для отримання необхідного значення розрахункової величини в дискретний часовий період необхідно взяти середнє значення з двох найближчих розрахованих середніх ковзних, що містять дробову частину, таким чином знову отримуємо центроване згладжене (фільтроване) значення оцінювального показника.

Крім середніх ковзних фільтрів, існує значна кількість нелінійних експоненціальних, подвійних експоненціальних та інших фільтрів. На основі середніх ковзних та нелінійних фільтрів можна виділити трендову складову зі структури часового ряду, залишаючи «відфільтрованими» високочастотні флуктуації та «шумові» компоненти. Для отримання згаданих «відфільтрованих» складових можна знайти різницю між початковими значеннями часового ряду та розрахунковим значенням трендової компоненти.

Фільтрування рядів економічної динаміки на основі *фільтра Годріка-Прескотта* стало стандартним методом виділення трендової компоненти. Вперше фільтр Годріка-Прескотта було запропоновано в 1997 р., після чого

в економічній літературі з'явилася значна кількість критики щодо застосування цього методу, але, зважаючи на різного роду дискусії, методологія Годріка-Прескота витримала тест на час досить добре [5]. Фільтр Годріка-Прескота використовується як метод згладжування рядів економічної динаміки для виділення довгострокових тенденцій зростання чи рецесії. Однією зі значних яскравих переваг використання фільтра Годріка-Прескота є те, що його можна застосовувати в умовах, коли часовий ряд містить критичний корінь.

В основу побудови фільтра Годріка-Прескота покладено підхід згладження трендової компоненти τ_t зі структури часового ряду шляхом вирішення такої мінімізаційної проблеми щодо τ_t :

$$\sum_t^T [(x_t - \tau_t)^2 + \lambda((\tau_{t+1} - \tau_t) + (\tau_t - \tau_{t-1}))^2].$$

Відхилення від тренду (флуктуації) $z_t = x_t - \tau_t$ є циклічною складовою бізнес-циклів, що становлять основу багатьох економічних досліджень. У даному випадку фільтр Годріка-Прескота належить до високочастотних фільтрів, який згладжує трендову компоненту та залишає високочастотні компоненти зі структури економічного часового ряду. Згладження другої різниці флуктуацій відбувається завдяки параметру λ , значення якого повинне бути встановлене дослідниками залежно від часових властивостей ряду. Зокрема на основі емпіричних досліджень стандартне значення параметра λ для квартальних даних становить 1 600, 6,25 – для річних даних та 129 600 для щомісячних даних [6].

Фільтр Бакстера-Кінга є модифікацією фільтра Годріка-Прескота, в якому закладено більш широкі можливості згладження циклічної компоненти з рядів економічної динаміки для виділення більш виражених довгострокових тенденцій. На відміну від фільтра Годріка-Прескота, фільтр Бакстера-Кінга [7] є смуговим (band pass) фільтром, що дозволяє нейтралізувати низькочастотні трендові компоненти та високочастотні флуктуації в економічних часових рядах, залишаючи лише бізнес-цикли з періодичністю флуктуацій від півтора до восьми років. У статистичних дослідженнях економічних часових рядів використовуються лінійні смугові фільтри, побудовані на основі ковзного середнього нескінченного порядку. Фільтр Бакстера-Кінга є наближенням ковзного середнього нескінченного порядку, і для побудови згаданого фільтра втрачаються три періоди на початку та три періоди в кінці часового економічного ряду незалежно від його періодичності (квартал, рік, місяць, тощо). Структурно смуговий фільтр Бакстера-Кінга можна подати так:

$$y_t = \tau_t + c_t,$$

де τ_t – трендова компонента; c_t – циклічна компонента.

Необхідно зазначити, що трендова компонента може бути нестационарною та містити детермінований чи стохастичний тренд. Для квартальних економічних даних при побудові фільтра Бакстера-Кінга потрібно зазначити мінімальний та максимальний періоди тривалості циклу. Так, враховуючи визначення [8] щодо тривалості економічного бізнес-циклу, мінімальний період встановлюється на рівні 6 кварталів, а максимальний – на рівні 12 квар-

талів. Під час аналізу річних даних стандартними налаштуваннями фільтра Бакстера-Кінга є установка параметра $k = 3$, оскільки це, на думку розробників, є мінімально необхідним лагом для отримання згладженого середнього.

При побудові фільтра Бакстера-Кінга ставилися такі вимоги щодо якості вихідних даних: 1) фільтр не повинен змінювати властивості циклічних компонент; 2) фільтр не повинен створювати фазових зсувів; 3) фільтр повинен бути гарним наближенням до ідеального лінійного смугового фільтра; 4) фільтр може використовуватися до часових рядів інтегрованих першого та другого порядку; 5) фільтр повинен забезпечувати постійні коефіцієнти середнього ковзного та бути функціональним.

Оскільки фільтр Бакстера-Кінга є смуговим, то він виділяє лише економічні флуктуації бажаної частоти, зокрема беручи довжину кола за одиницю, мінімальна частота буде мати такі значення ($1/32 = 0,03125$, а максимальна частота зрізу смугового фільтра буде мати такі значення ($1/6 = 0,16667$). Графічно смугу фільтра на графіку подано вертикальними лініями. Приклад періодограми із застосуванням фільтра Бакстера-Кінга наведено на рис. 1.

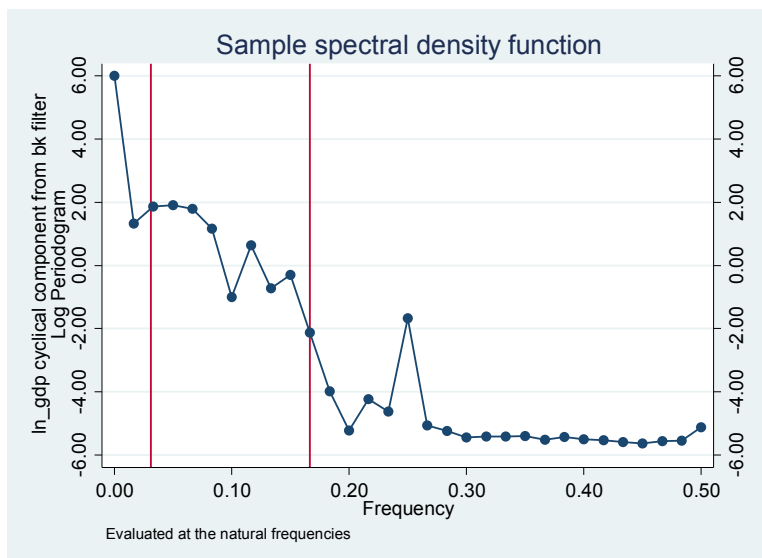


Рис. 1. Періодограма згладження високочастотних та низькочастотних флуктуацій національного ВВП України за допомогою фільтра Бакстера-Кінга (розрахунки автора в Stata 14.0)

Якщо фільтр повністю виключає стохастичні флуктуації, то періодограма повинна бути прямою горизонтальною лінією з мінімальним значенням, що дорівнює -6 за межами ідентифікованого інтервалу вертикальних ліній. З рис. 1 видно, що застосовані автоматичні опції згладження циклічної компоненти не провели достатньо якісної процедури фільтрування високочастотних флуктуацій, оскільки є значна кількість точок більше -6 із лівого боку лівої вертикальної лінії. Також автоматичні налаштування фільтра

Бакстера-Кінга не провели достатньо якісної процедури фільтрування низькочастотних флуктуацій, оскільки є значна кількість точок більше –6 із правого боку правої вертикальної лінії

При використанні будь-якого смугового фільтра варто брати до уваги часові властивості досліджуваних рядів та вказувати при розрахунках параметри фільтрування, які б відповідали календарній динаміці ряду. Для місячних, квартальних, піврічних чи річних даних потрібно задати різні значення періоду циклічності, випередження/лагу. Період циклічності задає верхню та нижню межі бізнес-циклу, а параметр випередження/лаг задає інтервал, на якому розраховується ковзне середнє. На відміну від економічної програми Stata14.0 в інших програмних середовищах можуть бути інші значення параметрів коригування динаміки часових рядів. Наприклад, у налаштуванні Prognost MS значення випередження і меж періоду циклічності встановлюються так (табл. 1.)

Таблиця 1

Вбудовані параметри фільтра Бакстера-Кінга залежно від календарної динаміки ряду

Динаміка	Випередження/лаг	Нижнє значення	Верхнє значення
Річна	3	2	8
Піврічна	6	3	16
Квартальна	12	6	32
Місячна	36	18	96
Тижнева	156	78	416
Денна (у тижні 5 днів)	783	391,5	2 088
Денна (у тижні 7 днів)	1 095	547,5	2 920

Pollock зазначає, що загальноприйняті лінійні фільтри (наприклад, фільтр Годріка-Прескота) є не досить гнучкими щодо використання в реальних умовах, коли в рядах економічної динаміки наявні розриви у висхідних чи спадних трендах [9]. Для вирішення згаданих суперечностей пропонується використовувати раціональний хвильовий фільтр, відомий у фізико-математичних науках як цифровий фільтр Баттерворта. Вся справа в тому, що в лінійному фільтрі Годріка-Прескота є лише один параметр, що дозволяє згладжувати різного роду небажані флуктуації, впливаючи як на волатильність процесів, так і на амплітуду, залишаючи лише флуктуації обраної частоти, що в теорії повинні були б описувати місячні, квартальні чи річні процеси. Цифровий фільтр Баттерворта є більш гнучким і точно відзначає ті частоти, що повинні залишитися, і ті, що повинні бути згладжені.

Із методичної точки зору фільтр Баттерворта побудований на основі рекурентного фільтрування часових рядів та бере до уваги як наступні, так і минулі значення економічних показників. Саме використання рекурентного фільтрування гарантує, що у вихідному часовому ряді не буде фазового переходу порівняно з вхідними даними. Одним із важливих недоліків фільтра Баттерворта є те, що він є чутливим до будь-яких змін як у початкових, так і кінцевих значеннях динамічного ряду. Тому для того, щоб цей фільтр пра-

цював ефективно, необхідно, щоб порядок фільтрування перевищував кількість критичних коренів у числовому ряді.

Розглянемо більш детально використання смугових фільтрів в емпіричних дослідженнях. Використовуючи статистичні дані щодо викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря (від стаціонарних та пересувних джерел) та статистичні дані щодо валового внутрішнього продукту на душу населення (в дол. США), було виділено відповідні флуктуації за допомогою фільтра Баттерворта (рис. 1) та фільтра Годріка-Прескотта (рис. 2).

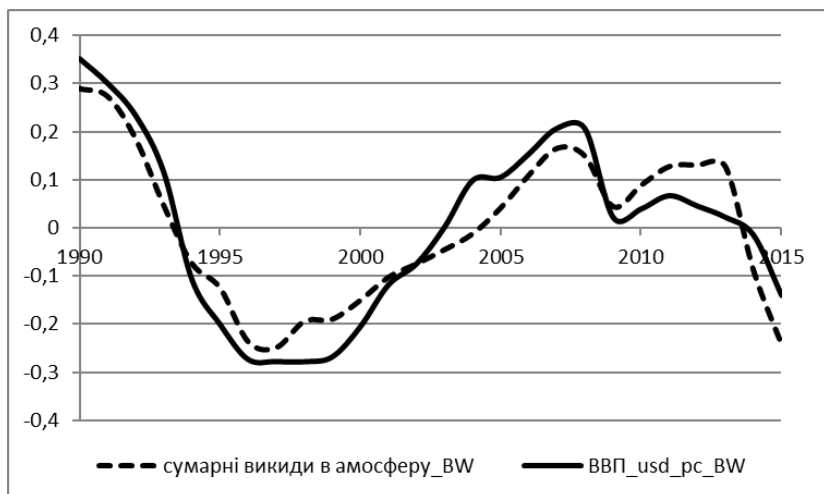


Рис. 2. Флуктуації викидів в атмосферу та ВВП на душу населення за 1990–2015 рр. (фільтр Баттерворта)



Рис. 3. Флуктуації викидів в атмосферу та ВВП на душу населення за 1990–2015 рр. (фільтр Годріка-Прескотта)

З рис. 2, 3 бачимо, що фільтр Баттерворта в базовому режимі виділяє середньострокові флуктуації в рядах еколого-економічної динаміки. У той час як фільтр Годріка-Прескотта добре виділяє короткострокові флуктуації. В обох випадках флуктуації у викидах шкідливих речовин та флуктуації ВВП на душу населення є значною мірою когерентними та показують зв'язність тривалості циклів, амплітуд та волатильності. Проте більш уважне дослідження проциклічних та антициклічних характеристик флуктуацій викидів шкідливих речовин та флуктуацій ВВП доводить, що флуктуації забруднення є проциклічними та випереджаючими за динамікою порівняно із флуктуаціями ВВП на початку фази економічного спаду.

Оскільки флуктуації – це відхилення від довгострокової динаміки розвитку еколого-економічних показників, важливим є питання дослідження впливу флуктуацій на реальні дані в рядах динаміки. Для дослідження впливу флуктуацій їх передусім необхідно виокремити за допомогою одного зі смугових фільтрів, а потім оцінити кореляційні зв'язки із відповідними незалежними еколого-економічними показниками. У табл. 2 наведено результати кореляційно-регресійного аналізу впливу флуктуацій у ВВП на душу населення на реальні дані викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря.

Таблиця 2

Взаємозв'язок флуктуацій ВВП та флуктуацій викидів шкідливих речовин

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	26
Model	.985514034	1	.985514034	F(1, 24)	=	21.56
Residual	1.09701758	24	.045709066	Prob > F	=	0.0001
				R-squared	=	0.4732
				Adj R-squared	=	0.4513
Total	2.08253162	25	.083301265	Root MSE	=	.2138

ln_забрудн_атмос.	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
ln_ВВП_usd_pc_BW	1.075075	.2315306	4.64	0.000	.5972191 1.552931
_cons	8.873785	.041929	211.64	0.000	8.787248 8.960322

З табл. 2 видно, що зростання флуктуацій у ВВП на душу населення (виділених на основі смугового фільтра Баттерворта) на 1%, збільшує реальні викиди шкідливих речовин більше ніж на 1,07%. Останнє підтверджує гіпотезу, що економічна система України є значною мірою залежною від «брудних» виробництв. Аналогічно трактується і зворотна ситуація, коли спадна динаміка в економічних флуктуаціях викликає ще більшу спадну динаміку в реальних викидах шкідливих речовин в атмосферне повітря. На основі величини коефіцієнта кореляції двох взаємозв'язаних рядів флуктуації еколого-економічного розвитку можна робити висновки про фазові зміщення та величини амплітудного розриву. Зокрема чим більше зазначений коефіцієнт кореляції до одиниці, тим меншим буде величина амплітудного розриву. Якщо крос-кореляція флуктуацій двох рядів дорівнює -1 , до два ряди є подібними за амплітудою і мають величину фазового зсуву, що дорівнює половині довжини хвилі циклу. У проведеному дослідженні флуктуації забруднення навколишнього середовища є еластичними та когерентними щодо макроекономічних показників ВВП. Проте подібні залежності, на нашу дум-

ку, не відповідають основним принципам сталого розвитку, оскільки економічне зростання досягається за рахунок більш значного погіршення довкілля. Таким чином, одним із критеріїв сестейнового розвитку є нееластичність та некогерентність флуктуацій забруднення навколишнього середовища щодо флуктуацій відповідного економічного розвитку. Зазначений підхід гарантує різноманітність структурних форм внутрішньо регіонального розвитку і може бути використаний за відсутності когеренції міжрегіональних еколого-економічних флуктуацій. Одним із важливих висновків, що можна зробити щодо економічних флуктуацій, це те, що їх вплив є істотним на розвиток економічної системи України. Подібні результати можна отримати для флуктуацій, виділених на основі фільтра Годріка-Прескотта для флуктуацій тривалістю до 2 – 3 років.

Висновки. У роботі обґрунтовано методичні ефективності використання смугових фільтрів, відображених на періодограмі згладження високочастотних та низькочастотних флуктуацій. Так, відповідно до напрацьованої теорії реальних бізнес-циклів потрібно виділяти флуктуації, що можуть схематично відобразити бізнес-цикл тривалістю від 1,5 до 8 років. Треба зазначити, що за допомогою фільтра Баттерворта можна простежити існування 20-річного циклу економічного розвитку в національному господарстві України. У статті зазначається, що зростання флуктуацій у ВВП на душу населення (виділених на основі смугового фільтра Баттерворта) на 1% збільшує реальні викиди шкідливих речовин більш ніж на 1,07%. Зазначено напрями використання результатів виділення флуктуацій із рядів еколого-економічної динаміки. Зокрема на основі аналізу флуктуацій можна розрахувати середню тривалість величини проміжку між спадом та піком зростання, волатильність та кількість циклів за досліджуваній проміжок часу. Флуктуації можуть бути корисними для виявлення провідних та спадкових зв'язків у рядах економічної динаміки з метою прогнозування спадних (зростаючих) тенденцій в економічній системі.

Список використаних джерел

1. Туган-Барановский М.И. Избранные сочинения: В 2 т. Т. 2. Основы политической экономии / научный ред. и автор вступительной статьи Л.И. Дмитриченко. – Донецк : ДонГУЭТ. – 2004. – 686 с.
2. Kydland F. E. Time to Build and Aggregate Fluctuations / F. E. Kydland, E. C. Prescott // *Econometrica*. – 1982. – Vol. 50. – P. 1345–1370.
3. Slutskii E. The summation of random causes as the source of cyclic processes / E. Slutskii // *Econometrica*. – 1937. – Vol. 5. – P. 105–106.
4. Frisch R. Propagation and Impulse Problems in Dynamic Economics / R. Frisch // Reprinted from *Economic essays in honor of Gustav Cassell*. – London: George Allen & Unwin, 1933. – P. 171–205.
5. Hodrick R. Post-war business cycles: An empirical investigation / R. Hodrick, E. Prescott // *Journal of Money, Credit, and Banking*, 1997. – Vol. 29, No. 1, February. – P. 1–16.
6. Ravn M.O. On Adjusting the Hodrick-Prescott Filter for the Frequency of Observations / M.O. Ravn, H. Uhlig // *Review of Economics and Statistics*. – 2002. – Vol. 84:2. – P. 371–76.

7. Baxter M. Measuring Business Cycles: Approximate Band-Pass Filters for Economic Time Series / M. Baxter, R. G. King // *Review of Economics and Statistics*. – 1999. – Vol. 81 (November). – P. 575–93.
8. Burns A.F. Measuring Business Cycles / A.F. Burns, W.C. Mitchel. – New York: National Bureau of Economic Research. – 1946. – 550 p.
9. Pollock, D.S.G. Trend estimation and detrending via rational Square wave Filters / D.S.G. Pollock // *Journal of Econometrics*. – 2000. – Vol. 99. – P. 317–334.

References

1. Tugan-Baranovskij M.I. (2004). *Izbrannye sochinenija*. Vol. 2. *Osnovy politicheskoy jekonomii*. Donetsk, DonGUET, 686 p.
2. Kydland Finn E. and Edward C. Prescott (1982). Time to Build and Aggregate Fluctuations, *Econometrica*, no. 50, pp.1345-1370.
3. Slutskii E. (1937). The summation of random causes as the source of cyclic processes. *Econometrica*, vol. 5, pp. 105-106.
4. Frisch Ragnar (1933). Propagation and Impulse Problems in Dynamic Economics, Reprinted from Economic essays in honour of Gustav Cassell. London: George Allen & Unwin, pp. 171-205.
5. Hodrick, Robert, and Edward Prescott (1997). Post-war business cycles: An empirical investigation. *Journal of Money, Credit, and Banking*, vol. 29, no. 1, February, pp. 1-16.
6. Ravn, Morten O. and Harald Uhlig (2002). On Adjusting the Hodrick-Prescott Filter for the Frequency of Observations. *Review of Economics and Statistics*, vol. 84:2, pp. 371-376.
7. Baxter, Marianne, and Robert G. King (1999). Measuring Business Cycles: Approximate Band-Pass Filters for Economic Time Series.” *Review of Economics and Statistics* 81 (November) pp. 575-593.
8. Pollock, D.S.G. (2000). Trend estimation and detrending via rational Square wave Filters. *Journal of Econometrics*, no. 99, pp. 317-334.

Исследованы свойства эколого-экономических флуктуаций, выделенных на основе полосовых фильтров. Проведен анализ применения полосовых фильтров для выделения флуктуаций со структуры рядов эколого-экономической динамики. Приведены методические подходы по использованию и свойствам полосовых фильтров Бакстера-Кинга, Годрика-Прескотта и Баттерворта. Проанализирован механизм выделения флуктуаций желаемой частоты и подавления флуктуаций низших и высших частот. В статье акцентировано внимание на том, что при работе с эколого-экономическими флуктуациями необходимо принимать во внимание временные свойства исследуемых рядов и указывать при расчетах соответствующие параметры фильтрации. Обоснованы подходы по использованию флуктуаций для нахождения антициклических и проциклических компонент эколого-экономического развития. Проведены расчеты флуктуаций выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и флуктуаций ВВП на душу населения в 1990–2015 гг. с помощью полосовых фильтров Годрика-Прескотта и Баттерворта. В работе показано, что рост флуктуаций ВВП на душу населения на 1%, увеличивает флуктуации выбросов вредных веществ более чем на 1,07%. Последнее подтверждает гипотезу, что экономическая система Украины в анализированном периоде была в значительной сте-

пени зависимой от «грязных» производств. На основе величины коэффициента корреляции двух взаимосвязанных рядов флуктуаций эколого-экономического развития сделаны выводы о фазовом смещении и величине амплитудного разрыва, в частности чем больше указанный коэффициент корреляции приближается к единице, тем меньше величина амплитудного разрыва.

Ключевые слова: *эколого-экономические флуктуации, полосовые фильтры, загрязнение окружающей среды, экономическое развитие, национальная экономика.*

The paper investigates the properties of ecological and economic fluctuations received through band pass filters. It is provided analysis for the use of band pass filters to retrieve fluctuations from the series of environmental and economic dynamics. It is provided methodical approaches for the use and properties of such band pass filters as Baxter-King, Hodrick-Prescott and Butterworth. The paper describes approaches how to retrieve desired frequency fluctuations and suppress the fluctuations of lower and higher frequencies. The paper underlines that practical implementation of adaptation and/or mitigation measures to environmental and economic fluctuations should take into account the time series properties and filtering options. It is described within this paper the approaches of how to use counter-cyclical and to pro-cyclical fluctuations of ecological and economic development. We have provided calculations for the air pollution fluctuations and GDP per capita fluctuations during 1990–2015 years through the Hodrick-Prescott and Butterworth band pass filters. It was found that air pollution fluctuations are procyclical indicator at the beginning of economic recession and could be used as good indicator of predicting economic shrink. On the other hand, there is no correlation in fluctuations of pollution and GDP during the start of economic recovery period. We have revealed that the growth of GDP per capita fluctuations by 1% increase the fluctuations of air emissions by more than 1.07%. The latter supports the hypothesis that the economic system of Ukraine during the analyzed period was largely dependent on «dirty» industries. We have used the correlation coefficients of two-time series of interrelated environmental and economic fluctuations to make conclusions about phase shift and amplitude gaps, particularly, the higher the correlation coefficient to unity the lower the value of amplitude gap.

Key words: *ecological and economic fluctuations, bandpass filters, pollution, economic development, national economy.*

Одержано 28.10.2016