

КУБАТКО О. В.

к. е. н., доцент
Сумський державний університет

ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗРУШЕННЯ ЯК ДЖЕРЕЛО ФЛУКТУАЦІЙ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ В ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМАХ

У роботі показано, що зростаюча ефективність використання природних ресурсів повинна, з теоретичної точки зору, посприяти процесам ресурсозбереження. Проте, у практиці все відбувається навпаки, і зростання ресурсовіддачі супроводжується ще більш інтенсивним використанням природних ресурсів. Запропоновано наукові підходи до обґрунтування реальної економії природних ресурсів унаслідок покращених технологічних процесів. Обґрунтовано взаємозв'язок між рівнем збереження ресурсу та ефектом «рикошету» внаслідок позитивних технологічних флуктуацій. У статті обґрунтовано, що розроблення та впровадження нових технологічних підходів використання ресурсів спрацьовують як макроекономічна флуктуація, перебудовуючи з часом усю економічну систему.

Ключові слова: природні ресурси, флуктуації, економічні системи, ефект «рикошету», ресурсозбереження.

КУБАТКО А. В.

к. э. н., доцент
Сумский государственный университет

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КАК ИСТОЧНИК ФЛУКТУАЦИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В работе показано, что растущая эффективность использования природных ресурсов должна, с теоретической точки зрения, способствовать процессам ресурсосбережения. Однако в практике все происходит наоборот, и рост ресурсоотдачи сопровождается ещё более интенсивным использованием природных ресурсов. В работе предложены научные подходы относительно обоснования реальной экономики природных ресурсов вследствие улучшенных технологических процессов. Обоснована взаимосвязь между уровнем сохранения ресурса и эффектом «рикошета» вследствие позитивных технологических флуктуацій. В статье обосновано, что разработка и внедрение новых технологических подходов использования ресурсов срабатывают как макроекономическая флуктуація, перестраивая со временем всю экономическую систему.

Ключевые слова: природные ресурсы, флуктуації, экономические системы, эффект «рикошета», ресурсосбережение.

KUBATKO O. V.

candidate of economical sciences, associate professor
Sumy State University

TECHNOLOGICAL CHANGE AS A SOURCE OF FLUCTUATIONS IN THE USE OF NATURAL RESOURCES IN ECONOMIC SYSTEMS

It is shown that increasing efficiency of natural resources usage should theoretically stimulate the resource saving processes. However, in practice it is just an opposite and increase in resource usage efficiency is accompanied by more intensive use of natural resources. It is proposed within paper approaches to calculate actual savings of natural resources due to improved technological processes. Also it is discussed the relationship between resource conservation levels and the effect of "rebound" effect due to positive technological fluctuations. The article supports the idea that the development and implementation of new technological approaches in natural resource usage is treated as macroeconomic fluctuation, which rearranges over time the entire economic system.

Keywords: natural resources, fluctuations, the economic system, "rebound" effect, resource saving.

okubatko@econ.sumdu.edu.ua

Постановка завдання у загальному вигляді. В умовах обмеженості ресурсів та зростання інтенсивності їх використання в господарській діяльності заходи з підвищення ефективності використання природних ресурсів часто розглядаються як одні з

найважливіших у ресурсозбереженні. За умови використання більш економних і технологічних процесів для виконання однієї й тієї самої роботи необхідна менша кількість ресурсів, таким чином повинен досягатися ресурсозберігаючий ефект у масштабах усієї економічної системи. Проте в реальних економічних умовах, ця гіпотеза не спрацьовує, і поліпшення технологій обробки чи використання ресурсів часто приводить до зворотних результатів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням дослідження ефективності використання природних ресурсів присвячені праці багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених, зокрема У. Джевонса [1], Г. Дейлі, Ш. Гаванкара, Е. Гертвіча [6], Д. Медоуз, Г. Одума, Е. Одум, П. Пільцера [11], В. Ріса [9], С. Сорела [3], Р. Шетката [5] та ін. Серед вітчизняних дослідників варто виділити В. М. Данилишина, С. І. Дорогунцова Л. Г. Мельника [7], О. В. Прокопенко, І. М. Сотник та ін. Проте потребують більш детального вивчення проблеми використання природних ресурсів в умовах технологічних зрушень та зростання багатокладності національного господарства.

Постановка завдання дослідження. У роботі ставиться завдання дослідження впливу технологічних зрушень на стан використання природних ресурсів на основі врахування прямих і непрямих зворотних зв'язків.

Викладення основного матеріалу. Вперше у 1865 році англійський економіст Уільям Джевонс [1] помітив цікаву тенденцію у використанні вугілля. При зростанні ефективності використання вугілля завдяки новим, більш ефективним технологіям споживання вугілля лише зростало: *«Це просто хибна думка вважати, що більш економне використання ресурсів буде сприяти зменшенню їх споживання. Правдою є саме зворотна ситуація»* [1]. В економічній теорії ідеї У. Джевонса почали розглядатися із позиції ефекту «рикошету». Ефект «рикошету» показує, зменшення економії ресурсів за рахунок більш інтенсивного та/чи розроблення нових методів використання ресурсів. Одним із прикладів ефекту «рикошету» можуть бути використання комп'ютерних технологій і паперовий документообіг. До появи персональних комп'ютерів професійний машинописний документ був трудомістким і дорогим. Проте зі зростанням кількості комп'ютерів і доступом до Інтернету, очікувалося, що попит на "безпаперовий офіс" буде зростати і використання паперу для роздрукування буде зменшуватися. Більше того, "безпаперовий офіс" розглядався як одна з великих ресурсозбережних технологій. Персональний комп'ютер (ПК) як сучасна форма друкарської машинки використовується як засіб доступу до електронної пошти та інших інтернет-послуг і дійсно має потенціал для зниження споживання паперу [2]. Перегляд на екрані замінює використання роздруківки на папері, помилки під час друкування можуть бути виправлені ще до того, як текст або зображення будуть надруковані. Проте зазначені позитивні ефекти істотно компенсуються тим, що сучасні ПК і принтерні технології дозволяють користувачеві роздруковувати сотні сторінок за декілька кліків.

Із методичної точки зору ефект «рикошету» можна пояснити так: якщо технологічна ефективність використання палива зростає на 20 %, а економія паливних ресурсів становить 10 %, то ефект «рикошету» оцінюється на рівні 50%. Решта 10 % палива, що становить 50 % від початкового інженерного ефекту, використовується або новими автомобілями, або збільшується тривалість (середня відстань) однієї подорожі. Річний ефект «рикошету» можна оцінити за такою формулою:

$$ER_i = 1 - \frac{PE_i}{IE}, \quad (1)$$

де ER_i – ефект «рикошету» в році i , PE_i – реальна економія ресурсів у році i ; IE – інженерний ефект (потенційна економія ресурсів щодо базового не вдосконаленого зразка обладнання чи технології).

Необхідність врахування річних ефектів «рикошету» обґрунтована тим, що з року в рік використання більш продуктивних технологій буде збільшуватися, і в кумулятивному підсумку це посприє ще більш інтенсивному використанню природних ресурсів. Проте,

треба зазначити, що формула (1) має методичні обмеження і не враховує строків служби обладнання. Зокрема, нове обладнання може працювати довше і за свій життєвий цикл, навіть при меншому середньорічному споживанні порівняно із базовим зразком, використає більшу кількість природних ресурсів. Для визначення реальної економії природних ресурсів унаслідок покращених технологічних процесів за увесь строк служби обладнання автором запропоновано використовувати таку формулу:

$$I_{Ri} = \frac{\sum_{i=1}^{l_m} RC_m n_i}{l_m} \div \frac{\sum_{r=1}^{l_b} RC_b k_r}{l_b}, \quad (2)$$

де I_{Ri} – середньорічний показник співвідношення використання природних ресурсів удосконаленими та новими технологічними процесами; RC_m – споживання природних ресурсів одиницею вдосконаленого обладнання чи технології за рік; RC_b – споживання природних ресурсів одиницею базового обладнання чи технології за рік; n_i – кількість нового обладнання, що застосовується щороку упродовж життєвого циклу обладнання; k_r – кількість базового обладнання, що застосовується щороку упродовж його життєвого циклу обладнання; l_m – середній життєвий цикл нового обладнання; l_b – середній життєвий цикл базового обладнання.

Таким чином, формула (2) показує відношення середньорічних обсягів споживання природних ресурсів із використанням базових та вдосконалених технологічних процесів. Якщо значення формули (2) більше від одиниці, то зростання ефективності використання ресурсу сприяє загальному збільшенню масштабу його використання. Приклади сучасного прояву ефекту «рикошету» щодо технологічних флуктуацій у використанні ресурсів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Зміни у використанні ресурсів унаслідок технологічних зрушень*

Технологічні флуктуації у використанні ресурсів	Ефект «рикошету». Дія прямих та непрямих зворотних зв'язків.
Зменшення використання вугілля під час виплавлення металів	Із 1769 по 1859 рік ефективність парового двигуна в Англії зростає більш ніж у 10 разів, що привело до більш ніж десятикратного зростання споживання вугілля (Jevons, 1866)
Використання люмінесцентних ламп для освітлення замість звичайних ламп розжарювання	Люмінесцентні лампи внаслідок економії затрат стали використовуватися довше упродовж доби. Використання люмінесцентних ламп для більшого освітлення все нових і нових територій (дворів, парків, вулиць)
Зростання ефективності двигуна внутрішнього згорання автомобіля	Більш далекі та тривалі подорожі. Збільшення кількості нових автомобілів та збільшення напрямів використання відповідних двигунів в інших сферах
Опалювання та кондиціонування будинків і квартир	Збільшення житлових приміщень (будинків, квартир), що підлягають опалюванню в холодну пору та/чи кондиціонуванню в жарку пору року.
Подача та/чи нагрівання гарячої води	Ефект «рикошету» оцінений на рівні 10–40 %
Використання ПК та Інтернету для зменшення використання паперу	Сучасні ПК та принтер-технології дозволяють користувачеві роздрукувати сотні сторінок за декілька кліків

*Побудовано автором на основі [3–10]

Узагальнюючи наведені приклади, необхідно навести економічні закони П.Пільцера,

пов'язані з ефективністю використання природних ресурсів. Зокрема, перший закон Пільцера сформульовано так: «*Використовуючи продуктивно ту чи іншу сировину, саме технологія визначає, що є природним ресурсом*» [11]. Наприклад, ще в 1859 році нафті не знаходили кращого застосування, ніж використовувати її як мастильний матеріал і чадне пальне для ламп. У 1885 Готтліб Даймлер і Карл Бенц створили легкі двигуни внутрішнього згоряння, що працювали на продукті перероблення нафти, відомому як бензин (до того часу вважався непотрібним відходом).

Нове застосування бензину стало джерелом флуктуацій у використанні нафти, яка стала розглядатися як найважливіший стратегічний ресурс. Радіоактивний уран тривалий час застосовували як ресурс для виготовлення жовтої глазурі для кераміки, аж поки у 1934 р. не був відкритий поділ ядра урану. Знову ж таки, технологічні зрушення у застосуванні урану стали джерелом флуктуацій у використанні цього виду ресурсу. Набір стратегічних ресурсів для кожного історичного моменту є унікальним, у середньовіччі стратегічним ресурсом могли стати орна земля, худоба, запаси дорогоцінних та рудних металів та ін., в індустріальну епоху 20-го століття ключовими стратегічними ресурсами були боксити, мідь, вугілля, залізо, золото, природний газ, нафта, кремній, деревина, олово, уран і т. д. Проте економічні флуктуації можуть бути не лише позитивними, але й негативними. Завдяки американській економічній історії можна навести чудовий приклад негативної ресурсної флуктуації. Так, картель, що поставляв олово на початку 80-х років ХХ століття, накрутив ціни до рекордної цифри у 12 тис. дол. за одну тонну. У відповідь на зростання ціни споживачі олова перейшли на використання його субститутів (алюмінію, скла, картону, пластмаси). Ресурсні флуктуації цінового характеру часто включають механізми позитивного зворотного зв'язку перебудовуючи економічну систему виходячи з обмеженості ресурсів.

Другий закон Пільцера сформульовано так: «Технологія формує запаси існуючих природних ресурсів, зумовлюючи як ефективність, з якою ми ці ресурси використовуємо, так і здатність знаходити, добувати, розподіляти і зберігати їх» [11]. Таким чином, розміри запасів нафти, що знаходяться в надрах землі (в барелях або галонах), майже не мають значення, важливіше, наскільки ефективно ми використовуємо ті запаси, які нам відомі. Переважна більшість автомобілів на планеті все ще використовують двигун внутрішнього згоряння, винайдений у ХІХ столітті. ККД перших двигунів внутрішнього згоряння із чотиритактним циклом, який покладено в основу більшості сучасних двигунів становив менше 15%. Кращі серійні німецькі автомобілі 30–40-х років минулого століття (за розробками інженера Фердинанда Порше) споживали в середньому 20–25 літрів пального на 100 кілометрів. В 2013 р. німецький концерн Volkswagen презентував серійну версію «однолітрового» автомобіля XL1. Таким чином, існуючі запаси палива порівняно з технологіями минулого століття зросли в розрахунку на 1 автомобіль у більш ніж 15–20 разів. Відкритим залишається питання, у скільки разів зросла кількість автомобілів у кожній країні. Ресурсне багатство, на думку П. Пільцера, визначається не лише наявністю ресурсів, але і розвитком та досконалістю технологій їх використання. Саме нові знання і технології є джерелом флуктуацій у використанні ресурсів, що прямо пов'язано з економічним зростанням.

У цілому ефект «рикошету» розглядається з позиції прямої та непрямой дій підвищення ефективності використання ресурсу. Пряма дія підвищення ефективності використання ресурсів пов'язана з ефектами доходу та ефектами заміщення. Ефект заміщення спрацьовує від зростання ефективності використання ресурсу і робить його доступним для більш інтенсивного використання у багатьох галузях (на більш ефективний ресурс починають замінювати менш ефективні чи дорогі ресурси). Ефект заміщення у результаті позитивної ресурсної флуктуації завжди спрацьовує у напрямку зростання використання відповідних ресурсів. Ефект доходу пов'язаний з тим, що за ті самі кошти можна одержати більше ресурсів, або умовно вивільнені кошти (від зростання ефективності використання ресурсів) можна використати, зокрема на ще більше споживання даного ресурсу. Непряма дія ефекту

«рикошету» пов'язана зі зростанням ефективності використання ресурсів і діє як ефект зниження ціни, в результаті споживачі та виробники стають відносно багатшими. Більші доходи стимулюють економічне зростання і споживання ресурсів також збільшується. Проте в деяких працях [3–6] непряму дію технологічних покращань та ефекту «рикошету» прийнято розділяти на окремі складові, останні, у свою чергу, є джерелом флуктуацій в економічних системах:

– *вторинний ефект* виникає, коли зростає споживання товарів та послуг в інших секторах унаслідок технологічного покращання від використання певного виду ресурсу. Так, більш зручні автомобілі можуть посприяти більш тривалим і далеким подорожам, стимулюючи розвиток туристичної галузі;

– *ефект матеріалізації* виникає в умовах, коли розроблення, впровадження й експлуатація засобів виробництва, що забезпечують підвищення ефективності використання ресурсу, потребують збільшення використання усіх видів ресурсів (зокрема і того, на який спрямовані технологічні заходи);

– *технологічне проникнення* виникає в умовах, за яких нові ресурсо- та енергозберіжні технології знаходять застосування не лише в індустріях, для яких вони первісно розроблялися, але і в інших галузях;

– *ефект падіння попиту* виникає в умовах, коли покращання технологій використання певного ресурсу призводить до зниження попиту на нього і може ініціювати падіння його ціни, в результаті чого можливе збільшення попиту на цей ресурс та інші види ресурсів.

Більш ефективні технології використання ресурсів діють так само, як і зменшення ціни на відповідні ресурси, сприяючи економічному зростанню. Проте можлива і зворотна ситуація, коли на початку 70-х років ХХ ст. зростання цін на енергоносії призвело до стагфляції економічної системи у розвинених країнах світу. Загалом можливі сценарії реалізації ефекту протидії наведені на рис. 2.

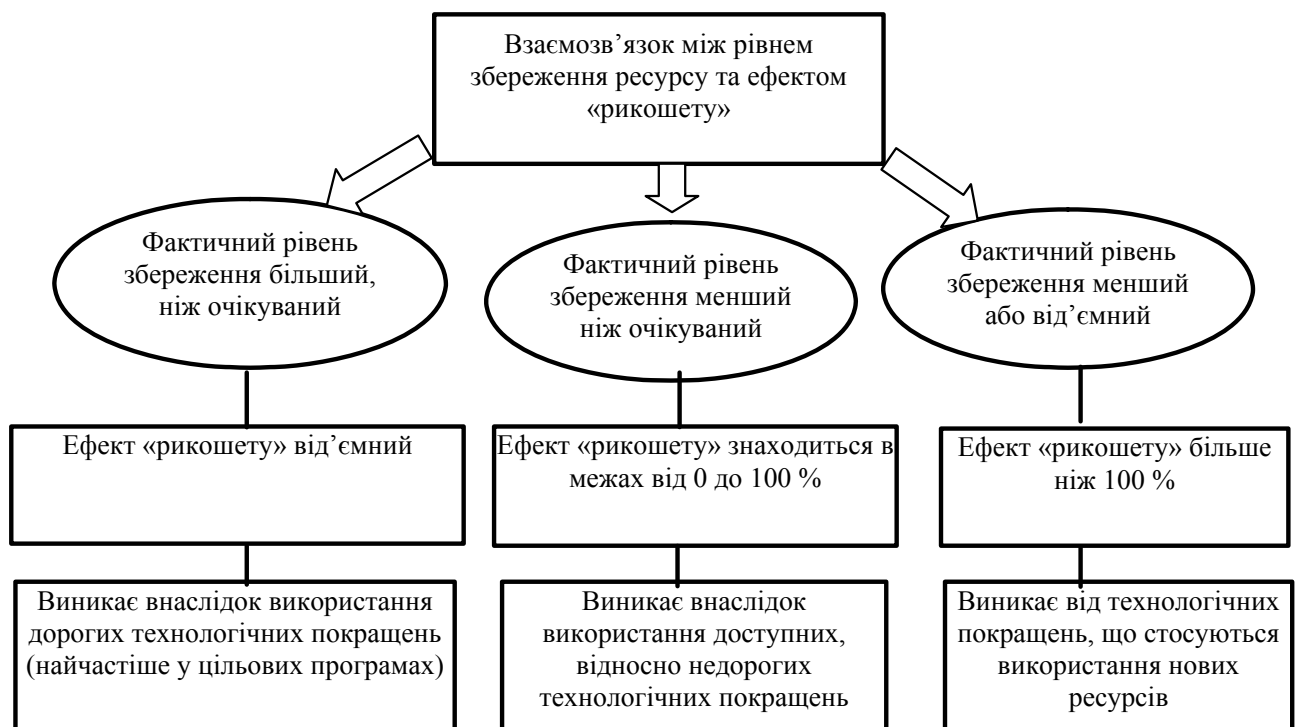


Рис. 2. Фактичний рівень збереження ресурсу та ефект «рикошету»

В емпіричних дослідженнях ефект «рикошету» від впровадження технологічних зрушень чи програм оцінюється на рівні до 50 %, тобто в будь-якому випадку досягаються цілі енерго- чи ресурсозбереження. Найкращих результатів можна досягти завдяки технологічним покращанням використання ресурсів, що супроводжуються також

підвищеними податками на використання подібних ресурсів. В праці [9] рекомендується, щоб зекономлені кошти були спрямовані на зростання використання відновлюваних джерел енергії та реінвестування у відновлюваний природний капітал. Крім того, як підкреслюється у праці (den Bergh, 2011), потрібно більше уваги приділяти саме екологічним зворотним зв'язкам від можливих технологічних покращань, оскільки у решті-решт найбільшого впливу від впровадження будь-яких технологічних нововведень зазнає саме довкілля.

Висновки та перспективи подальших досліджень. При впровадженні будь-яких енергозбережних заходів чи технологічних покращань обов'язково потрібно враховувати зворотні зв'язки відповідних заходів, так же само, як і будь-який великий інвестиційний проект потребує оцінювання його впливу на довкілля.

Досягнення економії природних ресурсів (чи зменшення викидів парникових газів) завдяки технологічним покращанням може не відбутися за умови кардинальних зворотних ефектів. Таким чином, дія ефекту «рикошету» може повністю нівелювати дії стратегії ресурсощадних та інноваційних технологій обробки та використання ресурсів. Розроблення нових методів застосування ресурсів спрацьовує як макроекономічна флуктуація, перебудовуючи з часом усю економічну систему.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні економічних механізмів, заходів та умов, за яких більш ефективні технології використання ресурсів були б пов'язані з процесами зменшення кількості використання ресурсів.

Список використаних джерел

1. Jevons William Stanley. The Coal Question An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-Mines by William Stanley Jevons. Edition Used: London: Macmillan and Co., 1866. (Second edition, revised).
2. Addressing the rebound effect. Final report. European Commission DG ENV. A project under the Framework contract ENV.G.4/FRA/2008/0112. April 2011.
3. Sorrell S. The Rebound Effect : an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency / S. Sorrell. – London: UK Energy Research Centre, 2007. – 123 p.
4. Горобченко Д. В. Теоретико-методологічні основи концепції ефекту рикошету / Д. В. Горобченко // Вісник КНУТД. – 2012. – № 5. – С. 152–157.
5. Schettkat Ronald. Analyzing Rebound Effects. SCHUMPETER DISCUSSION PAPERS 2009–002. – P. 45.
6. Hertwich Edgar G. Consumption and the Rebound Effect / Edgar G. Hertwich // Journal of Industrial Ecology. – 2005. – № 9 (1). – P. 85–98.
7. Мельник Л. Г. Теория самоорганизации экономических систем : монография / Л. Г. Мельник. – Сумы : Университетская книга, 2012. – 439 с.
8. Nadel Steven. The Rebound effect: large or small. An ACEEE White paper. August 2012. – 13 p.
9. Wackernagel Mathis. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective / Wackernagel Mathis; Rees William // Ecological Economics – 1997. – Vol.20 (3). – P. 3–24.
10. Jeroen van den Bergh. Industrial energy conservation, rebound effects and public policy. Development policy, statistics and research branch ICREA, Barcelona. Working paper 12/2011. – P. 20.
11. Пильцер П. Безграничное богатство. Теория и практика «экономической алхимии». Новая постиндустриальная волна на Западе. Антология / под ред. В. Л. Иноземцева. – М. : Academia, 1999. – С. 401–431.