Szymon Truskolaski

MIĘDZYNARODOWA DYFUZJA TECHNOLOGII A KONWERGENCJA STÓP WZROSTU GOSPODARCZEGO

1. Wprowadzenie

Postęp technologiczny jest istotnym czynnikiem wzrostu gospodarczego. Znaczenie postępu technologicznego dla procesu wzrostu ujawnia podstawowy model neoklasycznej teorii wzrostu, tj. model R. Solowa-T. Swana (1956). Głębszej analizy tego zjawiska dostarcza teoria wzrostu endogenicznego, zapoczątkowana przez P. Romera w roku 1986. Głównym wnioskiem wynikającym z obu teorii jest stwierdzenie, że im szybszy postęp technologiczny, tym wyższy jest wzrost gospodarczy w danym kraju. W najbardziej rygorystycznej wersji teorii wzrost gospodarczy nie jest możliwy w długim okresie bez postępu technologicznego.

Postęp technologiczny wpływa też na intensywność i kierunki handlu międzynarodowego. Postęp technologiczny może być przesłanką rozwoju handlu poprzez wpływ na różnice kosztów produkcji, zmianę relacji wyposażenia państw w środki produkcji, co podkreśla teoria obfitości zasobów E. Heckschera, B. Ohlina z rozwinięciami P. A. Samuelsona (1948) czy J. Vanka (1963) oraz różny stopień dysponowania dobrami powstałymi na skutek działalności badawczej, na co zwracają uwagę koncepcje neotechnologiczne – luki technologicznej M. V. Posnera (1961) i cyklu życia produktu R. Vernona (1966). Głównym wnioskiem w tych teoriach jest fakt, że na skutek handlu międzynarodowego dochodzi do zmniejszania się różnic pomiędzy uczestnikami wymiany.

Ponieważ handel międzynarodowy może być środkiem transferu technologii, zwiększenie intensywności handlu może prowadzić do zmniejszania się różnic w zakresie zaawansowania technologicznego uczestników wymiany. Oznaczać to będzie przyśpieszenie tempa postępu technologicznego w krajach słabiej zaawansowanych i obniżenie tempa postępu w krajach bardziej zaawansowanych. Tym samym będzie to prowadzić do wyrównywania się stóp wzrostu gospodarczego pomiędzy krajami.

Celem niniejszego artykułu jest rozwinięcie tej myśli, tj. wskazanie znaczenia międzynarodowej dyfuzji technologii w procesie zbieżności stóp wzrostu, dokonanej za pomocą handlu międzynarodowego. W zakresie teorii handlu międzynarodowego zwraca się uwagę na aspekty popytowe, które mogą uzupełnić opisywane przez teorię neoklasyczną aspekty podażowe[1].

Pozostałą część artykułu stanowią: punkt 2 – przedstawiający warunkową i absolutną konwergencję stóp wzrostu przewidzianą przez neoklasyczną teorię wzrostu w świetle teorii obfitości zasobów; punkt 3 – opisujący kanały oraz modele dyfuzji technologii; punkt 4 – prezentujący modele wyścigu technologicznego typu innowator–imitator z równymi i różnymi kosztami adopcji, w świetle teorii luki technologicznej; punkt 5 – uwagi końcowe.

2. Warunkowa i absolutna konwergencja

Jednym z najbardziej istotnych modeli wiążących postęp technologiczny z zagadnieniami dotyczącymi wzrostu gospodarczego jest podstawowy model neoklasycznej szkoły wzrostu gospodarczego, tj. model Ramseya(1928)-Solowa(1956)-Swana(1956)-Cassa(1965)-Koopmansa(1965) (dalej R-S-S-C-K). Model ten zakłada, inter alia, zmniejszającą się produktywność poszczególnych czynników produkcji, np. kapitału. Zmniejszająca się produktywność kapitału prowadzi, w długim okresie, do wygaśnięcia wzrostu dochodu na osobę. Podstawowym czynnikiem, który może zapobiec zamieraniu wzrostu gospodarczego, jest postęp technologiczny, który jest rozumiany jako seria egzogenicznych innowacji zwiększających produktywność kapitału.

Głównym rezultatem modelu, poza wskazaniem znaczenia postępu technologicznego, jest tzw. konwergencja (zbieżność) stóp wzrostu gospodarczego w ujęciu chronologicznym. Konwergencja taka oznacza, że im niższy jest początkowy poziom dochodu narodowego na osobę w porównaniu do poziomu dochodu w długim okresie lub do poziomu zrównoważonego wzrostu (steady-state[2]), tym wyższe tempo wzrostu. Wynika to z założenia zmniejszającej się

[1] Znaczenie aspektów popytowych w teoriach handlu międzynarodowego, ujmujących czynnik technologiczny, akcentuje Z. Wysokińska, *Konkurencyjność w międzynarodowym i globalnym handlu technologiami*, PWN, Warszawa 2001, s. 16. Na koncentrację tylko na aspektach podażowych w odniesieniu do całej teorii neoklasycznej kładzie nacisk R. Barczyk, *Główne teorie współczesnych wahań koniunkturalnych*, Poznań, 1997, s. 131.

[2] Steady-state oznacza sytuację, kiedy wszystkie zmienne opisujące gospodarkę zmieniają się w takim samym tempie. Dla procesu konwergencji największe znaczenie ma równość pomiędzy tempem wzrostu zasobu kapitału przypadającego na jednostkę siły roboczej a tempem deprecjacji kapitału. Ścieżka zrównoważonego wzrostu opisuje gospodarkę po dostosowaniach zachodzących

produktywności kapitału – jeżeli w gospodarce kapitał jest względnie rzadki, jest wykorzystywany wydajniej, jest bardziej produktywny i w efekcie wzrost gospodarczy jest stosunkowo wysoki. W miarę zwiększania się zasobu kapitału, wykorzystanie kapitału jest coraz mniej wydajne, jego produktywność obniża się tak długo, dopóki nie osiągnie pewnego określonego zasobu kapitału przypadającego na jednostkę siły roboczej w steady-state. Od tej chwili zasób kapitału przyrasta tak samo szybko jak znika na skutek deprecjacji i tempo wzrostu gospodarczego wynosi zero. Jeżeli kapitał byłby początkowo we względnym nadmiarze, wtedy wzrost gospodarczy mógłby być ujemny. Postęp technologiczny zwiększa produktywność kapitału i przesuwa gospodarkę na wyższy poziom zrównoważonego wzrostu gospodarczego. Dlatego w długim okresie tempo wzrostu PKB na osobę będzie równe tempu postępu technologicznego[3].

Idea konwergencji może być także użyta do porównania wzrostu gospodarczego w różnych państwach. Zakładając, że grupa państw jest identyczna pod względem poziomu steady-state, ale różni się ze względu na początkowy poziom kapitału na jednostkę siły roboczej, wtedy państwa słabiej wyposażone w kapitał będą wykazywać wyższe tempo wzrostu niż państwa bardziej zasobne w ten czynnik produkcji. W efekcie państwa ubogie, słabiej zaawansowane technologicznie, dogonią państwa bogate, bardziej rozwinięte. Badania empiryczne nie potwierdzają jednak takiego wniosku – np. R. Barro i X. Sala-i-Martin (1995)[4], korzystając z danych zebranych przez R. Summersa i A. Hestona (1993), wskazują, że nie ma wyraźnej ujemnej korelacji pomiędzy poziomem wzrostu PKB w latach 1960–1985 a poziomem PKB w roku 1960 w próbce 118 państw. Korelacja ta jest już jednak wyraźniejsza w próbce 20 państw OECD i znacznie bardziej wyraźna w próbce 50 stanów USA[5]. Oznacza to, że założenie dotyczące identyczności ścieżki zrównoważonego wzrostu można utrzymać tylko dla bardzo podobnych do siebie państw.

Tego typu badania stały się przyczyną wyróżnienia dwóch typów konwergencji – absolutnej, kiedy przyjmuje się identyczność wszystkich państw pod względem poziomu steady-state, oraz warunkowej, kiedy uznaje się, że państwa

---

w długim okresie i dlatego może być, do pewnego stopnia, utożsamiana z tempem długookresowego wzrostu gospodarczego.

[3] Znaczenie tego efektu osłabia fakt, że monotoniczna transformacja tempa wzrostu może trwać nawet dłużej niż 100 lat, kiedy różnica pomiędzy aktualnym poziomem zasobu kapitału a jego poziomem steady-state jest duża (por. D. Romer, *Makroekonomia dla zaawansowanych*, PWN, Warszawa 2000). Jeżeli natomiast przyjmie się, że poziom aktualnego zasobu kapitału jest zbliżony do poziomu steady-state, wtedy wzrost może być cykliczny (por. R. Barczyk, op.cit.)

Inne determinanty tempa zrównoważonego wzrostu to stopa oszczędności, tempo deprecjacji kapitału oraz, w przypadku badania PKB (a nie PKB na osobę), także tempo wzrostu ludności.

[4] R. Barro, X. Sala-i-Martin, *Economic Growth*, MCGraw-Hill, 1995, s. 25.

[5] Por. rys. 1.6, 1.7, 1.8 w: R. Barro, X. Sala-i-Martin, op.cit., s. 27–28.

mogą się w tym zakresie różnić[6]. W przypadku warunkowej konwergencji tempo wzrostu jest wyższe w tym kraju, który jest bardziej oddalony od swojej ścieżki zrównoważonego wzrostu niż inny, bez względu na to, który z nich jest bardziej zasobny w kapitał w wartościach bezwzględnych.

Rysunek 1 przedstawia różnicę pomiędzy warunkową i absolutną konwergencją. W przypadku konwergencji absolutnej, dwa państwa znajdują się na tej samej krzywej $f(k)/k$, w punktach: C – państwo uboższe i B – państwo bogatsze. Obydwa państwa dążą do tej samej ścieżki zrównoważonego wzrostu k^*_B, ale tempo konwergencji gospodarki uboższej (g_C) jest wyższe niż gospodarki bogatszej (g_B). W długim okresie tempo wzrostu gospodarczego w obydwu gospodarkach wyrówna się ($k^*_B = k^*_C$). Obydwa kraje będą się charakteryzować taką samą ilością kapitału przypadającego na jednostkę siły roboczej, oraz identycznymi poziomami cen czynników produkcji, tj. płac i stóp procentowych.

W przypadku konwergencji warunkowej państwo bogatsze znajduje się na innej krzywej $f(k)/k$ i gospodarka taka dąży do wyższego poziomu ścieżki zrównoważonego wzrostu – k^*_A. Może zaistnieć sytuacja taka, że tempo wzrostu g_A będzie wyższe niż g_C. W długim okresie tempo wzrostu państwa bogatszego będzie wyższe niż państwa uboższego ($k^*_A > k^*_B$), a ilość kapitału na jednostkę siły roboczej w dwóch państwach pozostanie na innym poziomie.

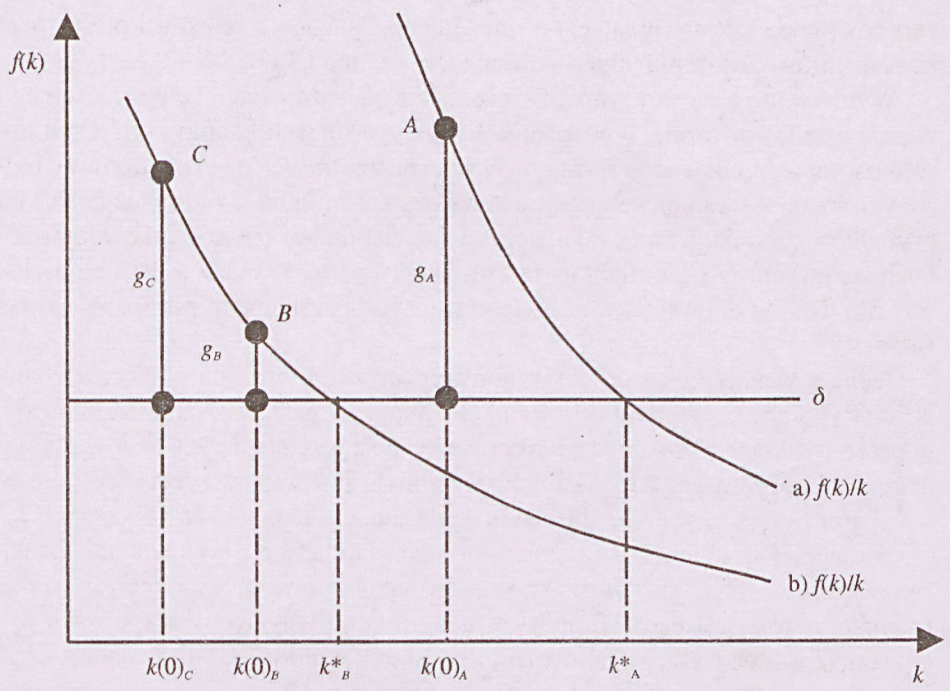
Pozioma linia na wykresie przedstawia tempo deprecjacji kapitału, więc tempo wzrostu g oznacza nadwyżkę tempa przyrostu kapitału nad tempem jego „znoszenia". Poziom ścieżki zrównoważonego wzrostu jest wyznaczony przez x – tempo postępu technologicznego.

Tak rozumiana konwergencja jest elementem teorii wzrostu gospodarczego i niewiele uwzględnia międzynarodowe interakcje pomiędzy państwami. W istocie handel zagraniczny jest nieobecny w modelu R-S-S-C-K, a konwergencja stóp wzrostu pomiędzy krajami będzie zachodzić nawet wtedy, gdy wszystkie kraje będą analizowane w warunkach autarkii. Kwestie związane z wymianą międzynarodową, takie jak handel, mobilność czynników produkcji, transfer technologii, nie mają żadnego znaczenia dla procesu konwergencji.

Niemniej jednak dodanie do modelu R-S-S-C-K kwestii związanych z wymianą międzynarodową pozwala na wzbogacenie analizy, w zakresie zbieżności (lub rozbieżności) tempa zrównoważonego wzrostu pomiędzy krajami. Wymiana międzynarodowa może mieć troiste znaczenie – (a) może wpływać na ceny czynników produkcji, (b) na względne wyposażenie krajów w czynniki produkcji, oraz (c) na poziom zaawansowania technologicznego państw[7]. Powyższe formy wpływu wymiany międzynarodowej zostaną omówione szerzej w pozostałej części niniejszego punktu.

[6] Ponadto konwergencja taka zwana jest konwergencją β, gdzie parametr β określa szybkość konwergencji.

[7] M. J. Slaughter, *International Trade and per Capita Income Convergence: A Difference-in-difference Analysis*, NBER Working Paper no 6557, NBER, Cambridge, MA, May 1998, s. 4.



Rysunek 1. Warunkowa i absolutna konwergencja
Źródło: Na podstawie R. Barro, X. Sala-i-Martin, op.cit.

Wpływ wymiany międzynarodowej na ceny czynników produkcji (punkt a) wynika z teorematu wyrównywania się cen czynników produkcji, który jest uzupełnieniem teorii obfitości zasobów E. Heckschera i B.Ohlina, dokonanym przez P. A Samuelsona. Według tego teorematu rozwój handlu międzynarodowego towarami pracochłonnymi i kapitałochłonnymi przenosi pomiędzy krajami kapitał oraz pracę, co prowadzi do względnego i absolutnego wyrównania się między krajami dochodów z tytułu zastosowania jednorodnych czynników produkcji[8]. Jeżeli jeden kraj specjalizuje się w eksportowej produkcji dóbr, przy której zużywa czynnik produkcji względnie obfity, to zwiększa się popyt na ten czynnik w danym kraju i jego cena również rośnie. Efekt ten będzie większy z powodu przeciwnej tendencji w kraju-partnerze handlowym. W ten sposób rozwój handlu międzynarodowego prowadzi nie tylko do zmniejszania się różnic w cenach dóbr, ale także cen, z założenia niemobilnych, czynników produkcji. Znaczenie wniosków teorematu osłabiają nierzeczywiste założenia teorii obfitości

[8] J. Misala, *Współczesne teorie wymiany międzynarodowej i zagranicznej polityki ekonomicznej*, Wyd. SGH, Warszawa 2003, s. 27–35.

zasobów, takie jak np. identyczne i niezmienne funkcje produkcji i preferencje konsumentów. Założenia takie są obecne także w modelu R-S-S-C-K.

Wyrównanie się cen czynników produkcji oznacza osiągnięcie tego samego poziomu zrównoważonego wzrostu w krajach-partnerach handlowych, czyli absolutną konwergencję stóp wzrostu. W ten sposób handel międzynarodowy może wyjaśniać proces konwergencji. Na wykresie 1 na skutek wyrównania się cen czynników produkcji dwa kraje (np. A i C), znajdujące się początkowo na różnych krzywych $f(k)/k$, trafiają na tę samą krzywą (np. w punkcie B) i stopy ich wzrostu dążą w długim okresie do tego samego poziomu k^*_B (por. panel (a) rysunku 2).

Jedną z ważniejszych przyczyn konwergencji stóp wzrostu na skutek zbieżności wyposażenia w czynniki produkcji (punkt b) może być zmniejszanie się, poprzez rozwój handlu międzynarodowego, postrzeganego ryzyka inwestycyjnego w uboższych krajach. Akumulacja kapitału jest wtedy szybsza, co przesuwa poziom kapitału w kraju uboższym w kierunku poziomu państw bogatych.

Niemniej jednak, na skutek efektu Stolpera-Samuelsona, wymiana międzynarodowa prowadzi w każdym z krajów do wzrostu przychodów tego czynnika produkcji, który jest bardziej obfity w danym kraju, gdyż ceny eksportowe wytwarzanych dóbr rosną w porównaniu do stanu autarkii. Z kolei spadają ceny importowanego dobra wymagającego w procesie produkcji wykorzystania drugiego, rzadkiego czynnika produkcji, co jeszcze bardziej wzmaga presję na specjalizację. W efekcie takiej specjalizacji w krajach bogatych, obficiej wyposażonych w kapitał, rośnie stopa zwrotu z kapitału, co prowadzi do wzrostu inwestycji. W krajach uboższych stopa zwrotu z kapitału spada, co prowadzi do spadku inwestycji[9]. Wynikiem takich procesów jest rozbieżność stóp wzrostu gospodarczego – wzrost w krajach bogatych jest szybszy niż w krajach ubogich. Na rysunku 1 można to przedstawić w taki sposób, że bogatszy kraj B, na skutek wzrostu produktywności kapitału, przechodzi na wyżej położoną krzywą $f(k)/k$, natomiast uboższy kraj C na niżej położoną krzywą (por. panel (b) rysunku 2).

Drugą przyczyną, która wyjaśnia, dlaczego handel międzynarodowy może powodować ograniczenie konwergencji stóp wzrostu, są wnioski wynikające z teorematu Rybczyńskiego. Według tego teorematu, wzrost zasobów jednego tylko czynnika produkcji powoduje, w warunkach stałych cen relatywnych, absolutny i zwielokrotniony przyrost rozmiarów produkcji dobra wymagającego bardziej intensywnego nakładu tego właśnie czynnika. Jednocześnie dochodzi do absolutnego i zwielokrotnionego spadku produkcji dobra wymagającego intensywnego wykorzystania czynnika, którego zasób nie ulega zmianie[10]. W po-

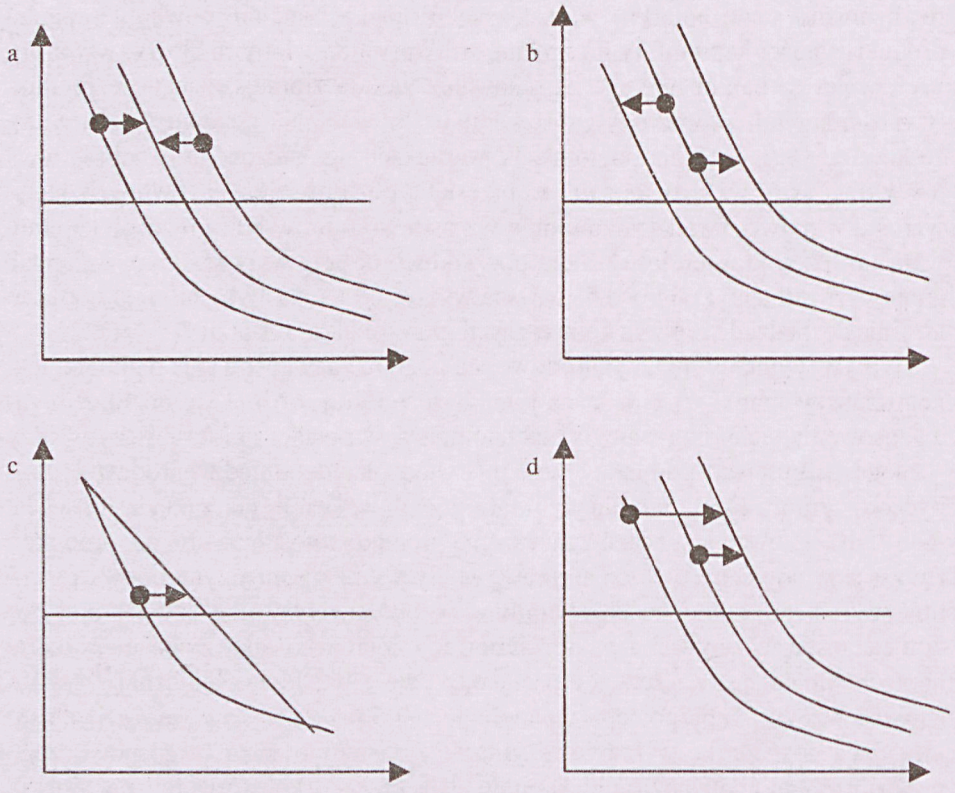
[9] A. Zielińska-Głębocka, *Wprowadzenie do ekonomii międzynarodowej*, Wyd. UG, Gdańsk 1997, s. 74–76.

[10] J. Misala, op.cit., 38–40.

równaniu do stanu autarkii, wzrost zasobu np. kapitału nie powoduje spadku produktywności kapitału, tylko zmianę struktury PKB. Innymi słowy, w warunkach wolnego handlu nie ma zastosowania zasada zmniejszającej się produktywności kapitału – produktywność kapitału jest stała. Na rysunku 1 oznacza to, że krzywa $f(k)/k$ jest linią poziomą. W warunkach ograniczonego handlu krzywa $f(k)/k$ traci swój wklęsły kształt, co przesuwa poziom ścieżki zrównoważonego wzrostu w prawo, zwiększając tempo wzrostu w kraju, w którym zasób kapitału wzrasta. Jeżeli kraj ten jest krajem początkowo obficie wyposażonym w kapitał, tempo wzrostu tego kraju będzie zawsze wyższe od tempa wzrostu kraju uboższego – nie dochodzi do procesu konwergencji (por. panel (c) rysunku 2).

Wpływ wymiany międzynarodowej na poziom zaawansowania technologicznego państw (punkt C) polega na tym, że jeżeli kraje różnią się poziomem zaawansowania technologicznego i technologie – w postaci innowacji czy wiedzy – mogą przepływać pomiędzy krajami, wtedy handel międzynarodowy może być ważnym medium ułatwiającym taki przepływ. Jeżeli, jak zakłada model R--S-S-C-K, innowacja oznacza zwiększenie produktywności czynników produkcji i wyższe realne ceny tych czynników, wtedy wymiana międzynarodowa powoduje wzrost produktywności czynników wytwórczych w uboższym kraju, bez konieczności dokonywania w nim innowacji. Zjawisko takie wyjaśniają teorie neotechnologiczne, w szczególności koncepcja „luki technologicznej". Na rysunku 1 wzrost tempa postępu technologicznego przesuwa krzywą $f(k)/k$ opisującą daną gospodarkę w prawo, czyli zwiększa tempo wzrostu gospodarczego przy niezmienionym poziomie kapitału. Dla procesu konwergencji największe znaczenie ma porównanie rozmiarów tego przesunięcia. Jeżeli, na skutek transferu technologii, tempo postępu technologicznego będzie wyższe w państwie ubogim niż w państwie bogatym, wtedy, w długim okresie, krzywa $f(k)/k$ opisująca państwo ubogie znajdzie się na tym samym poziomie co krzywa $f(k)/k$ opisująca państwo bogate i obydwie gospodarki będą dążyć do tej samej ścieżki zrównoważonego wzrostu. Takie zjawisko nosi nazwę „catching-up" (doganiania) państw bardziej zaawansowanych technologicznie przez państwa słabiej rozwinięte. W przeciwnym wypadku, państwa bardziej zaawansowane technologicznie będą ciągle uciekać (w zakresie steady-state) państwom uboższym, czego efektem będzie rozbieżność stóp wzrostu w długim okresie (tzw. divergence) (por. panel (d) rysunku 2).

Poniższy wykres przedstawia graficznie powyższe formy wpływu wymiany międzynarodowej na proces zbieżności (lub rozbieżności) stóp wzrostu gospodarczego pomiędzy państwami poprzez modyfikacje rysunku 1. Jak wyżej wspomniano, panel (a) wykresu przedstawia kwestie związane z wyrównywaniem się cen czynników produkcji – dwa kraje, różniące się początkowo produkcyjnością kapitału i znajdujące się na dwóch różnych krzywych $f(k)/k$, trafiają na tę samą krzywą $f(k)/k$. Panele (b) i (c) prezentują wpływ wymiany mię-



Rysunek 2. Wpływ wymiany międzynarodowej na zbieżność lub rozbieżność stóp wzrostu gospodarczego
Źródło: Opracowanie własne

dzynarodowej na wyposażenie krajów w czynniki produkcji – panel (b) sugeruje rozbieżność stóp wzrostu na skutek działania efektu Stolpera-Samuelsona, natomiast panel (c) ukazuje zmianę kształtu krzywej $f(k)/k$, co wynika z teorematu Rybczyńskiego. Panel (d) poniższego wykresu przedstawia zjawisko doganiania bardziej zaawansowanych państw przez słabiej rozwinięte, co pokazane jest jako „przesunięcie" obu państw – początkowo bogatszego i biedniejszego na tę samą krzywą $f(k)/k$.

3. *Dyfuzja technologii*

Dyfuzja technologii, w najszerszym ujęciu, oznacza przepływ wiedzy pomiędzy podmiotami znajdującymi się na rynku. Jako pierwszy zjawisko takie

zanalizował Z. Grilishes (1957)[11] w odniesieniu do hybrydowego ziarna kukurydzy. Z. Grilishes wykazał na podstawie badań empirycznych, że dyfuzja nie jest zjawiskiem chaotycznym, ale przebiega w sposób uporządkowany. Ponadto dyfuzja technologii nie rozprzestrzenia się równomiernie, co prowadzi do zróżnicowania w dysponowaniu dobrami pomiędzy firmami, regionami, krajami.

Dyfuzja technologii jest stosunkowo powolnym procesem[12]. Jako przyczyny niskiego tempa dyfuzji podaje się zróżnicowanie potencjalnych użytkowników technologii – technologia może bardziej odpowiadać niektórym użytkownikom niż innym – oraz ryzykowność przyjęcia technologii – podmiot nie dysponuje zazwyczaj pełnymi informacjami na temat atrybutów technologii ani możliwości pełnego jej wykorzystania. Te dwa sposoby wyjaśnienia procesu dyfuzji ujęte są w dwóch podstawowych modelach dyfuzji – modelu epidemiologicznym – Z. Grilishes (1957); P. Stoneman (1983) i rankingowym – P. David (1969)[13].

W modelu epidemiologicznym głównym czynnikiem ograniczającym dyfuzję jest informacja, a podstawowym źródłem informacji podmioty, które używają daną technologię. Dlatego technologia rozprzestrzenia się jak choroba zakaźna – poprzez kontakt „chorych" (użytkowników) i „zdrowych". Początkowo tempo dyfuzji jest powolne, gdyż liczba „chorych" jest niewielka, później w miarę wzrostu liczby „chorych" tempo dyfuzji wzrasta i wreszcie, kiedy większość populacji jest już „zarażona", tempo dyfuzji spada, gdyż nie ma już kogo „zarażać". Oznaczając liczbę użytkowników przez f, tempo dyfuzji można określić jako $df / dt = \beta \cdot f(1-f)$. Rozwiązanie tego równania daje krzywą o kształcie litery S. Parametr β opisuje tutaj „zaraźliwość choroby", związaną z kosztem technologii oraz stopniem jej technologicznego zaawansowania.

W modelu rankingowym, każdy potencjalny użytkownik jest scharakteryzowany poprzez dochód, jaki może osiągnąć dzięki zastosowaniu danej technologii. Ponieważ przyjęcie technologii oznacza poniesienie pewnych kosztów, niektórzy użytkownicy będą mogli osiągnąć zysk z tytułu użytkowania danej technologii, inni nie. W miarę jak dana technologia dojrzewa, jej cena spada, co oznacza stopniowe zmniejszenie się kosztów przyjęcia technologii i coraz większa część potencjalnych użytkowników może osiągnąć zysk z tytułu stosowania technologii. Jeżeli rozkład dochodów, możliwych do osiągnięcia dzięki stoso-

[11] W. Popławski, *Mechanizmy procesów innowacyjnych w rozwoju przemysłów wysokiej techniki*, Wyd. UMK, Toruń 1995, s. 161.

[12] Wg badań Gorta i Kleppera (1982), którzy przeanalizowali 46 produktów zaawansowanych technologicznie (od fonografu – 1887 do lasera – 1960), przeciętnie 2–3 firmy wytwarzały dany produkt w ciągu pierwszych 14 lat od komercjalizacji, a następnie liczba firm zwiększała się dramatycznie (średnio o 6 rocznie w ciągu kolejnych 10 lat). Za: J. Greenwood, B. Jovanovic, *Accounting For Growth*, NBER Working Paper No 6647, NBER Cambridge, MA, July 1998, s. 20.

[13] A. Jaffe, R. Newell, R. Stavins, *Technological CHange And The Environment*, NBER Working Paper No 7970, NBER Cambridge, MA, Oct., 2000, s.19–20.

waniu technologii, w populacji potencjalnych użytkowników jest normalny, wtedy liczba użytkowników będzie zwiększać się w tempie opisanym przez dystrybuantę rozkładu normalnego. Dystrybuanta ta ma kształt litery S.

Najważniejszym rezultatem modelu rankingowego jest rozpoznanie znaczenia kosztów przyjęcia technologii, a dokładniej, znaczenia różnicy w kosztach przyjęcia technologii pomiędzy poszczególnymi użytkownikami. Różnice te mają zasadnicze znaczenie w przypadku międzynarodowej dyfuzji technologii, ponieważ zróżnicowanie potrzeb, możliwości stosowania technologii są znacznie większe pomiędzy podmiotami znajdującymi się w różnych krajach (na zasadniczo odmiennym poziomie rozwoju cywilizacyjnego) niż pomiędzy podmiotami znajdującymi się w tym samym kraju. Model epidemiologiczny też daje podobne rezultaty – przepływ informacji jest słabszy pomiędzy krajami niż wewnątrz państwa, a dodatkowo, w przypadku barier wymiany międzynarodowej, mniejsze są też potencjalne możliwości kontaktu z „chorymi".

Wiedza technologiczna może przepływać różnymi kanałami transmisji, w zależności od sposobu zdefiniowania innowacji technologicznych, których istotą jest zwiększanie zasobu wiedzy. Np. innowacje mogą mieć charakter „czystej" wiedzy technologicznej o charakterze publicznym, która podlega dyfuzji w postaci efektu spillover. W takim ujęciu podmioty, obserwując zachowanie lidera technologicznego, mogą po prostu imitować jego zachowanie, tzn. zacząć stosować używaną przez lidera technologię. Innowacje mogą mieć też charakter „wiedzy prywatnej", co oznacza, że lider technologiczny może zachować kontrolę nad opracowaną przez siebie wiedzą. Zakres kontroli zależy od siły ochrony patentowej, możliwości ochrony tajemnicy know-how, etc. Dyfuzja technologii może się w takim przypadku odbyć na drodze nabycia praw autorskich w postaci licencji, jeżeli lider zgodzi się na utratę całości lub części kontroli nad innowacją, lub w postaci inwestycji bezpośrednich, jeżeli nie zgadza się na utratę kontroli. Innowacje mogą być też zawarte w dobrach inwestycyjnych wytwarzanych przez lidera (tzw. product-embodied technology). Dyfuzja oznacza w takim przypadku nabycie przez inne podmioty zaawansowanych technologicznie dóbr produkcyjnych i kontynuowanie produkcji dóbr np. konsumpcyjnych. Wreszcie, innowacje mogą być zawarte w kapitale ludzkim, tj. w naukowcach lub wykwalifikowanych pracownikach. Dyfuzja odbywa się wtedy poprzez przepływ kapitału ludzkiego, na skutek „podkupienia" pracownika przez inne podmioty lub na skutek zakładania przez nich konkurencyjnych przedsiębiorstw (tzw. efekt spin-over)[14].

[14] Efekt spin-over jest w zasadzie podobny do efektu spillover, chociaż jest uznawany za negatywny dla innowatora, w odróżnieniu od efektu spillover. Różnica polega na tym, że w przypadku spin-over innowator traci część swojego potencjału innowacyjnego. W przypadku spillover do tego nie dochodzi.

4. Wyścig technologiczny typu innowator – imitator

4.1. Luka technologiczna – równe koszty przyjęcia technologii pomiędzy imitatorami

Najczęściej spotykane w teorii ujęcie zjawiska dyfuzji technologii polega na tym, że lider technologiczny dokonuje innowacji, natomiast inne podmioty adaptują tę technologię do swoich potrzeb[15]. Ten proces może być rozumiany jako imitacja innowacji. Zgodnie z koncepcją luki technologicznej, stworzonej przez M. V. Posnera i rozwiniętej przez G. C. Hubauera (1965, 1970) i P. Krugmana (1979), imitacja najpierw dokonywana jest przez podmioty wewnętrzne – krajowych imitatorów, a następnie przez zagranicznych imitatorów. Podjęcie imitacji na zewnątrz kraju prowadzi do uruchomienia strumieni handlu międzynarodowego niezależnych od innych czynników, takich jak np. wyposażenie w czynniki produkcji. Takie strumienie handlu mogą prowadzić do zamknięcia luki technologicznej przez opóźnione państwa oraz do relatywnie szybszego wzrostu gospodarczego w takich państwach (w porównaniu do lidera technologicznego), czyli do konwergencji stóp wzrostu pomiędzy imitatorami i liderem.

Dla procesu konwergencji kluczowe znaczenie mają kwestie związane z porównaniem kosztów innowacji i imitacji oraz tempem, w jakim technologia przepływa z kraju-lidera do kraju-imitatora. Włączenie procesu konwergencji do modelu luki technologicznej wymaga analizy modeli wyścigu technologicznego typu lider-imitator. Modele takie zakładają, że koszt imitacji jest niższy od kosztu innowacji[16]. Z tego powodu państwa-imitatorzy w długim okresie doganiają liderów, gdyż tempo wzrostu imitatorów jest wyższe niż tempo wzrostu lidera, dopóki zaawansowanie technologiczne tych państw się nie wyrówna.

Kluczowym założeniem modeli typu lider-imitator, poza niższym kosztem imitacji niż innowacji, są równe ceny czynników produkcji (bądź równe wyposażenie państw w czynniki produkcji). Zakładając, że istnieją dwa państwa: 1 – lider technologiczny i 2 – imitator oraz że produkcja obu państw odzwierciedla rozszerzenie asortymentu (expanding variety) Spence'a (1976) – Dixita-Stiglitza (1977), funkcje produkcji tych państw dane są wzorem[17]:

---

[15] Najczęściej przyjmuje się, że odbywa się to na skutek wspomnianego wyżej efektu spillover, chociaż teorie takie nie definiują bezpośrednio konkretnych kanałów dyfuzji – Romer (1990),Grossman-Helpman (1991), Aghion-Howitt (1992), Coe-Helpman (1995), Eaton-Kortum (1996,1998), Keller (1997) – por. np. A. Bucci, *Market Power, Human Capital and Growth*, Univ. catholique de Louvain, Louvain 2002, s. 10.

[16] Np. R. Barro, X.Sala-i-Martin, op.cit, s. 266; R. Barro, *Technological Diffusion, Convergence and Growth*, NBER Working Paper No 5151, NBER Cambridge, MA, June 1995.

[17] Wynika z tego, że innowacja oznacza opracowanie dóbr innych niż te dotychczas produkowane – np. zegarki elektroniczne i analogowe. Najważniejszym efektem jest fakt, że nowe dobra

$$Y = AL^{1-\alpha} \cdot \sum_{j=1}^{N} (x_{ij})^{\alpha}. \tag{1}$$

Porównanie produktu marginalnego j-tego dobra pośredniego do jego ceny monopolowej P = $1/\alpha$ pozwala określić wysokość produkcji każdego dobra pośredniego. Wielkość ta wynosi:

$$X_{ij} = X_i = A^{1/(1-\alpha)} \cdot \alpha^{2/(1-\alpha)} \cdot L = X. \tag{2}$$

Oznaczenie wielkości produkcji dobra pośredniego X bez subskryptu i oznacza, że wielkość ta jest równa dla obu państw (podobnie wielkości A i L). Monopolista produkujący dobro pośrednie X maksymalizuje swój zysk, tj. wielkość $\pi = (P-1)X$, gdzie 1 oznacza wysokość kosztów monopolisty. Wartość bieżąca zysków monopolisty, przy upraszczającym założeniu permanentności monopolu, wynosi:

$$PV_{\pi} = \frac{\pi}{r_i} = \zeta_i, \tag{3}$$

gdzie r_i oznacza stopę procentową, a ζ_1 koszt innowacji (w przypadku lidera) lub imitacji (w przypadku imitatora). Zgodnie z założeniem $\zeta_1 > \zeta_2$ wartość bieżąca zysku monopolisty jest zrównana z ζ, co oznacza, że w przypadku braku barier wejścia na rynek każdy podmiot może osiągnąć zysk opisany przez (3), ponosząc koszt w takiej wysokości, tj. dokonując prac badawczo-rozwojowych bądź adaptacyjnych.

Wzrost w długim okresie będzie równy tempu wzrostu na ścieżce zrównoważonego wzrostu (steady-state), w którym wszystkie zmienne rosną w tym samym tempie. Jeżeli gospodarstwa domowe maksymalizują użyteczność według specyfikacji Ramseya, wtedy tempo wzrostu konsumpcji, równe tempu wzrostu gospodarczego, wynosi:

---

nie powodują konieczności wycofania z rynku dóbr starszych – P. Romer, *Endogenous Technological Change*, „The Journal of Political Economy", Vol. 98, Issue 5, Part 2, Oct. 1990. Identyczne rezultaty można osiągną zakładając, że innowacja oznacza opracowanie dobra, które wypiera z rynku starsze produkty (np. płyta kompaktowa i kasety audio), czyli innowacja jest kolejnym szczeblem „drabiny jakości" – G. M. Grossman, E. Helpman, *Innovation and Growth in The Global Economy*, The MIT Press, Cambridge, MA 1991, rozdz. 4. Modele „drabiny jakości" stworzyli także Feenstra (1990), Sergerstrom et al. (1990). Równania 1–4 na podstawie R. Barro, X. Sala-i-Martin, op.cit.

$$\gamma_{C_i} = \gamma_{Y_i} = \frac{1}{\theta} \cdot (r_i - \rho) = \frac{1}{\theta} \cdot \left(\frac{\pi}{\zeta_i} - \rho \right) \Rightarrow \gamma_{Y_i} \cong \frac{1}{\zeta_i}. \qquad (4)$$

Skoro $\zeta_1 > \zeta_2$, wtedy tempo wzrostu $\gamma_{Y1} < \gamma_{Y2}$. W ten sposób modele typu lider-innowator wskazują na istnienie konwergencji – państwa słabiej rozwinięte muszą rozwijać się szybciej niż rozwinięte. Jeżeli dodatkowo założy się, że im bardziej zacofany imitator, tym koszty imitacji są niższe (ponieważ imituje starsze, a więc tańsze technologie), wtedy tempo konwergencji będzie odwrotnie proporcjonalne do rozmiaru luki technologicznej. W wielonarodowym modelu bardziej zacofany imitator będzie rozwijał się szybciej niż mniej zacofany imitator i w rezultacie wszyscy imitatorzy dogonią lidera w tym samym momencie.

Wniosek dotyczący spadku kosztów imitacji wraz ze wzrostem zacofania można wyprowadzić także z rankingowego modelu dyfuzji Davida. W takim przypadku równanie (3) należy zmodyfikować o parametr p, oznaczający prawdopodobieństwo utraty renty monopolistycznej wynikającej z tytułu opracowanie danej innowacji, na rzecz kolejnej innowacji. Oczekiwana wartość bieżąca zysku monopolisty będzie wtedy wynosić:

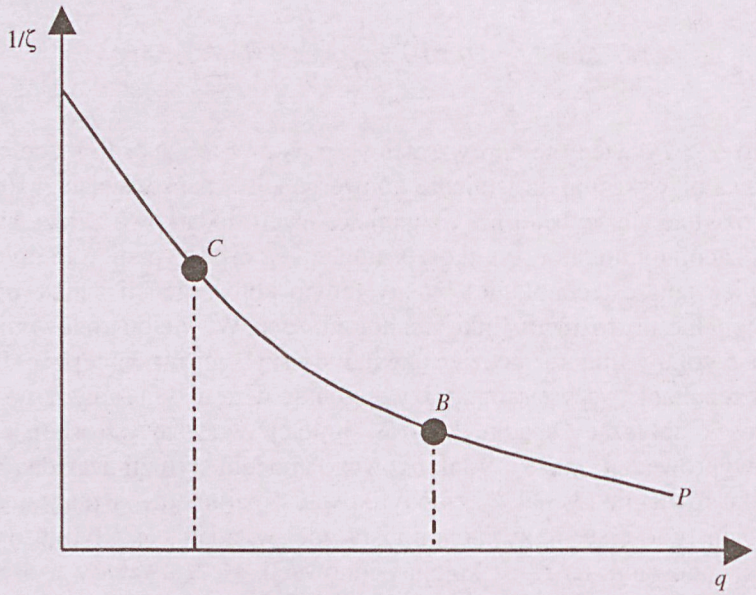
$$E(PV)_\pi = \frac{\pi}{r_i + p} = \zeta_i. \qquad (3')$$

Im starsza innowacja, tym większe będzie prawdopodobieństwo utraty renty monopolistycznej (pojawienia się kolejnej innowacji) i tym samym niższe koszty imitacji.

Rysunek 3 przedstawia graficznie zmniejszające się tempo wzrostu gospodarczego na skutek rosnących kosztów imitacji w dwóch krajach-imitatorach B i C, w zależności od stopnia zaawansowania imitatorów, mierzonego za pomocą jakości produkowanych dóbr (q). Na osi pionowej wyrażenie $1/\zeta$, zgodnie z równaniem (4) przedstawia tempo wzrostu gospodarczego.

Wklęsły kształt krzywej P na rysunku 3 odzwierciedla krzywą opisująca rozkład Pareto. Rozkład ten jest wykorzystywany do określenia zmniejszającego się prawdopodobieństwa, że kolejna innowacja będzie bardziej oddalona w sensie jakości q od obecnie stosowanej technologii, tzn. prawdopodobieństwo, że kolejna innowacja będzie np. o 10% lepsza od obecnie stosowanej, jest większe niż prawdopodobieństwo, że kolejna innowacja będzie lepsza o np. 25%[18]. Im niższe będzie to prawdopodobieństwo, tym więcej zasobów trzeba będzie poświęcić na opracowanie kolejnej innowacji, poprawiającej obecnie stosowaną o daną

[18] Więcej na temat rozkładu Pareto w: W. Ostasiewicz, *Propedeutyka probabilityki*, AE Wrocław, Wrocław 2000, s. 80.



Rysunek 3. Zależność pomiędzy tempem wzrostu gospodarczego a zaawansowaniem technologicznym imitatora
Źródło: Opracowanie własne

wielkość[19]. Wynikiem tego będą wyższe ceny technologii. Z punktu widzenia imitatora, krzywa ta przedstawia rosnące koszty imitacji związane właśnie ze wzrostem cen nowych technologii. Innymi słowy, krzywa ta obrazuje prawdopodobieństwo dokonania korzystnej imitacji, które zmniejsza się w zależności od wzrostu jakości technologii q. Podobieństwo do rys. 1 jest związane z tym, że rosnące koszty imitacji są analogiczne do zmniejszającej się produktywności kapitału[20].

Na rysunku 3 kraj C osiąga wyższe tempo wzrostu gospodarczego, ponieważ na skutek większego opóźnienia wyższe jest prawdopodobieństwo dokonania pomyślnej imitacji, oraz w konsekwencji niższe są koszty imitacji w tym kraju. Popyt na technologię w kraju C jest wyższy niż w B, co prowadzi do intensywniejszego transferu. Wymiana międzynarodowa oznacza eksport technologii z kraju lidera (np. A) do imitatora. Sytuacja taka nie oznacza eksportu dóbr, chyba że innowacja zawarta jest w dobrach – por. kanał dyfuzji (3) w części 3. Wraz z zamykaniem luki technologicznej, prawdopodobieństwo to zmniejsza się

[19] Wynika to z przyjęcia, za pracami z nurtu wzrostu endogenicznego, że nowe innowacje pojawiają się zgodnie z procesem Poissona, np. λn, gdzie λ oznacza prawdopodobieństwo pojawienia się nowej technologii, a n oznacza liczbę poświęconych zasobów na prace badawczo-rozwojowe.

[20] R. Barro, op.cit., s. 4.

i kraj C dogania kraj B. Ponieważ kraj B równocześnie zamyka własną lukę technologiczną w stosunku do lidera, C dogania B w tym momencie, w którym B dogania A. Dokonanie innowacji przez lidera przesuwa obydwa państwa-imitatorów w lewo, zwiększając w nich tempo wzrostu. Dokonanie innowacji przez lidera jest więc dla imitatorów korzystne, chociaż kraje takie nigdy nie uzyskują dostępu do najnowszych technologii, a konwergencja odbywa się poprzez imitację technologii poprzedniej generacji.

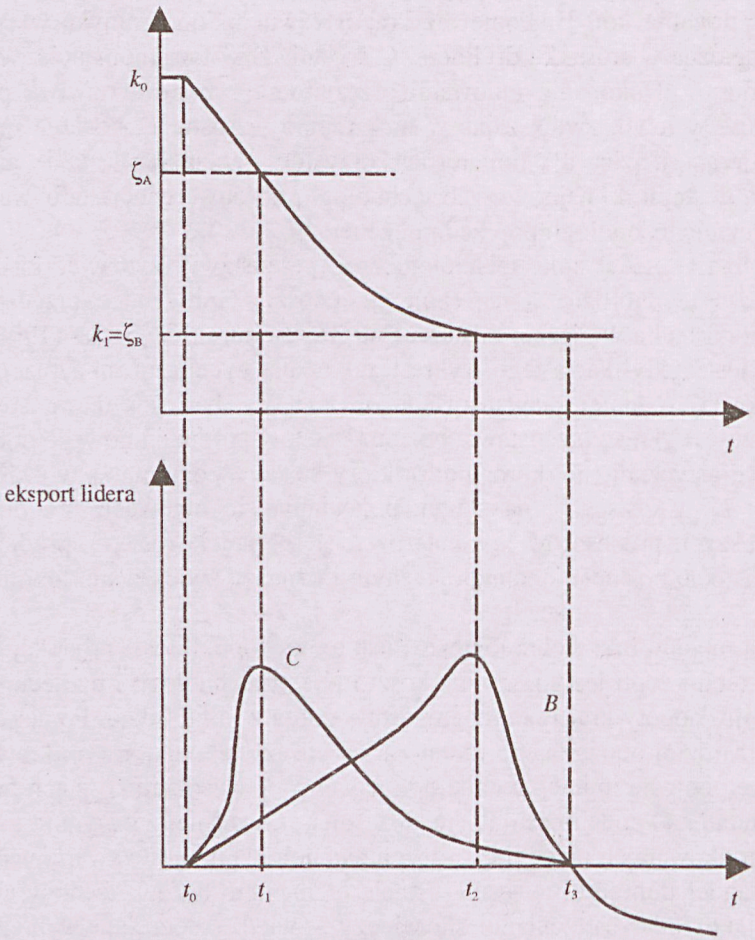
Natomiast model luki technologicznej przedstawia sytuację, kiedy lider wprowadza technologię, a następnie ją ulepsza. Graficznego przedstawienia modelu luki technologicznej dostarcza np. A. Zielińska-Głębocka (1996)[21]. Rysunek 4 jest modyfikacją tego wykresu dokonaną w celu ujęcia sytuacji dwóch imitatorów C – mniej zaawansowanego, oraz B – bardziej zaawansowanego. Górna część wykresu przedstawia poziom kosztów produkcji nowego dobra – innowacji drastycznej (np. komputera), który spada z poziomu k_0 w czasie t_0 do poziomu k_1 w czasie t_2, na skutek pojawiania się innowacji drugorzędnych (np. szybszych procesorów komputerowych)[22]. Spadek kosztów produkcji jest więc w istocie postępem technologicznym i oznacza zwiększenie luki technologicznej.

Istotą modelu luki technologicznej jest to, że dopóki koszt produkcji dóbr za pomocą technologii jest niższy niż koszt imitacji technologii i podjęcia produkcji w kraju, dopóty kraj-imitator importuje dobra z kraju lidera. Ponieważ koszt imitacji bardziej opóźnionego imitatora jest niższy, dlatego w tym kraju będzie opłacalne podjęcie imitacji technologii nawet przy wysokich kosztach produkcji dóbr. Imitator C podejmie imitację wcześniej i wcześniej zrezygnuje z importu dóbr produkowanych przez lidera. Jeżeli technologia nie jest zawarta w dobrach, wtedy handel dobrami nie jest w istocie elementem dyfuzji technologii, rozumianej jako rozprzestrzenianie się wiedzy – wiedza pozostaje w kraju lidera bądź przenosi się do kraju imitatora w niewyjaśniony w modelu sposób. Dyfuzja technologii nastąpi dopiero wtedy, kiedy rozpocznie się imitacja.

Innowator B importuje dobra do momentu t_2, w którym rozpoczyna imitację. Na skutek produkcji dóbr w kraju B eksport lidera spada, aż w pewnym momencie t_3 może nastąpić odwrócenie strumienia handlu i lider technologiczny stanie się importerem dóbr. To odwrócenie kierunku handlu może się dokonać na skutek np. niższych kosztów produkcji w kraju B. Niemniej jednak nie jest to już handel spowodowany luką technologiczną, który istnieje tylko w okresie t_0t_3. Handel taki może mieć charakter handlu wewnątrzgałęziowego, czyli ma nadal

[21] A. Zielińska-Głębocka, *Handel krajów uprzemysłowionych w świetle teorii handlu zagranicznego*, Wyd. UG, Gdańsk 1996, s. 128.

[22] Alternatywnie, wykres może przedstawiać koszt produkcji dobra zaawansowanego technologicznie, który spada np. na skutek efektu learning-by-doing – por. A. Zielińska-Głębocka, op.cit., s. 129.



Rysunek 4. Luka technologiczna

Źródło: A. Zielińska-Głębocka, *Handel krajów uprzemysłowionych w świetle teorii handlu zagranicznego*, s. 128

związek z „czynnikiem technologicznym". Sytuacja imitatora C jest o tyle inna, że na skutek niższego zaawansowania tego kraju, koszt produkcji dóbr, przy którym opłacalne jest podjęcie korzystnej imitacji, jest wyższy niż w przypadku kraju B. Oznacza to, że kraj ten szybciej rozpocznie imitację (w t_1), ale imitacja zostanie zakończona dokładnie w tym samym momencie (t_3). W efekcie handel wzbudzony luką technologiczną będzie początkowo bardziej intensywny pomiędzy krajami o większym zróżnicowaniu poziomu technologicznego, a później większa intensywność handlu będzie dotyczyła państw o mniejszym rozmiarze luki technologicznej.

Wniosek taki jest sprzeczny z modelem cyklu życia produktu Vernona (1966), który wskazał, że na wczesnym etapie cyklu rozwoju produktu handel

międzynarodowy będzie intensywniejszy pomiędzy podobnymi partnerami, a kraje z większą luką technologiczną będą importować towary o wysokim stopniu standaryzacji. Model Vernona zakłada jednak, chociaż nie explicite, zróżnicowanie kosztów adopcji pomiędzy imitatorami. Ponadto wniosek wynikający z rysunku 4 jest spójny z koncepcją tzw. lock-in rozwiniętą przez Reddinga (1996)[23]. W myśl tej koncepcji, bardziej zaawansowany kraj nie będzie przyjmował technologii nieco lepszej od obecnie stosowanej. Technologia ta będzie jednak z korzyścią przyjmowana w kraju słabiej rozwiniętym (por. część 4.2).

W przypadku dyfuzji technologii na skutek międzynarodowego efektu spillover, koszty imitacji, obejmujące głównie koszty dostosowania (adaptacji) technologii do warunków kraju-imitatora, są ponoszone przez imitatorów. Jeżeli efekty spillover nie są zupełne, a wiedza może być w całości lub części chroniona np. prawem patentowym, wtedy koszty imitacji należy zwiększyć o koszty nabycia licencji, patentu, know-how. Nie zmienia to jednak rezultatów modelu lider-imitator, ponieważ w przypadku założonej równości w wyposażeniu w czynniki produkcji, imitacja musi być tańsza niż innowacja w kategoriach bezwzględnych, gdyż w przeciwnym przypadku imitator sam zaangażowałby się w prace badawczo-rozwojowe.

Lider technologiczny może jednak sam zaadaptować produkt do potrzeb państwa-imitatora i dokonać transferu technologii w postaci inwestycji bezpośredniej na terytorium imitatora. Przy założeniu, że innowator lepiej zna swój produkt, koszty adaptacji dokonanej przez innowatora powinny być niższe niż w przypadku adaptacji dokonywanej przez imitatorów. Jeżeli koszt takiej adaptacji będzie niższy niż ζ_2, wtedy tempo konwergencji zwiększy się[24].

4.2. Różne koszty przyjęcia technologii pomiędzy imitatorami

Dotychczasowe rozważania oparte są na założeniu, że koszty adaptacji-imitacji są równe we wszystkich państwach-imitatorach. Podobieństwo wykresu 2 do sytuacji (a) na rysunku 1 wskazuje, że opisana wyżej konwergencja ma charakter absolutny[25]. Badania empiryczne dotyczące konwergencji nie potwierdzają jednak zbieżności stóp wzrostu wszystkich państw.

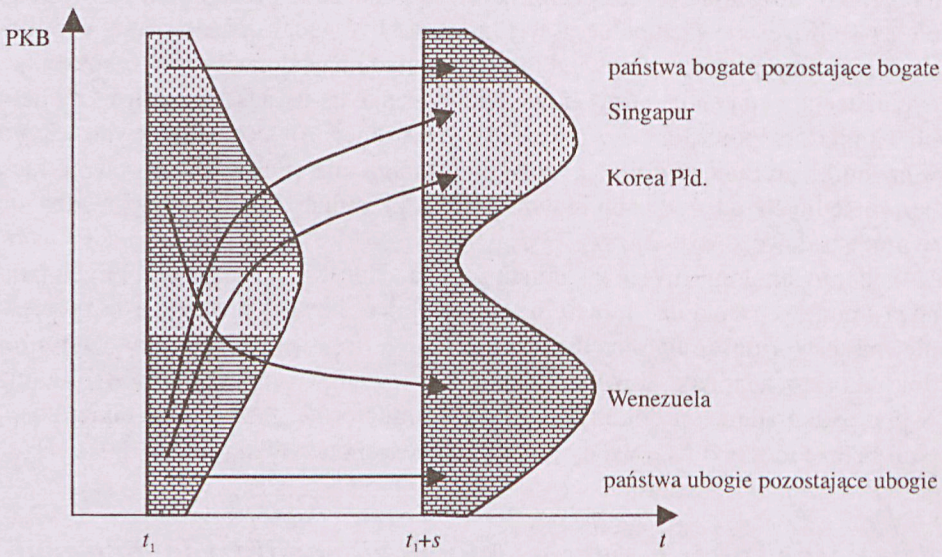
---

[23] P. Aghion, P. Howitt, *Endogenous Growth Theory*, The MIT Press, Cambridge, MA, s. 120.

[24] W. Nowara wskazuje, że transfer technologii za pośrednictwem zagranicznych inwestycji bezpośrednich jest najczęściej szybszy i tańszy – W. Nowara, *Wpływ zagranicznych inwestycji bezpośrednich na transfer technologii do kraju goszczącego*, w: *Teoretyczne i empiryczne aspekty współczesnych międzynarodowych stosunków gospodarczych*, red. T. Rynarzewski, Wyd. AE w Poznaniu, Poznań 2001, s. 31.

[25] Ewentualnie może mieć charakter warunkowy, jeśli założy się, że rezultat zależy od polityki rządu i innych zmiennych, które wpływają na dochód z tytułu innowacji.

Rysunek 5 przedstawia stylizowany rozkład stóp wzrostu gospodarczego w dwóch różnych momentach. Wykres ukazuje wzrost zróżnicowania stóp wzrostu pomiędzy wszystkimi państwami i jednocześnie zmniejszenie zróżnicowania stóp wzrostu wewnątrz pewnych grup państw, poprzez ujawnienie się dwóch oddzielnych „szczytów" rozkładu[26]. Utworzone w ten sposób dwie części rozkładu symbolizują tzw. kluby państw: bogatych i biednych. Dodatkowo wykres pokazuje, że niektóre państwa (Singapur, Korea Płd.) wykazywały wyższy wzrost gospodarczy niż pozostałe państwa, co pozwoliło im na przejście do „klubu państw bogatych". Przypadek Wenezueli jest odwrotny.



Rysunek 5. Tworzenie się „klubów konwergencji"
Źródło: S. Darlauf, D. Quah, *The New Empirics Of Economic Growth*, NBER Working Paper No 6422, NBER Cambridge, MA, Feb. 1998, s. 99

Dlatego rozwinięcie modeli dyfuzji typu lider-imitator oraz modeli luki technologicznej polega na zróżnicowaniu kosztów imitacji pomiędzy poszczególnymi imitatorami. Prace takie noszą ogólną nazwę „klubowej konwergencji" (club convergence). Modele tego typu tworzyli np. Azariadis-Drazen (1990), Galor-Zeira (1993)[27]. Według J. Sachsa i A. Wernera (1995) „klubowa konwergencja

[26] Stąd nazwa takich prac – „twin peaks".

[27] P. Howitt, D. Mayer-Foulkes, R&D, *Implementation and Stagnation: A Schumpeterian Theory of Convergence Clubs*, NBER Working Paper No 9104, NBER, Cambridge, MA, Aug. 2002, s. 8.

oznacza konwergencję pomiędzy krajami połączonymi ze sobą handlem międzynarodowym"[28]. Na gruncie teorii rozwoju przestrzennego obserwacja podobnego zjawiska zaowocowała teorią aglomeracji. W myśl tej koncepcji następuje koncentracja prowadzenia różnych typów działalności wewnątrz pewnych regionów geograficznych. W zakresie działalności innowacyjnej takie regiony noszą nazwę „biegunów technologicznych" czy „technopolii"[29]. W szerszym ujęciu teoria aglomeracji może oznaczać koncentrację działalności innowacyjnej w krajach bogatszych. Powodami takiego skupiania się działalności może być, zaakcentowane przez E. Helpmana i P. R. Krugmana (1985), zróżnicowanie dostępu do rynku oraz niemobilność kapitału ludzkiego. Przy założeniu mobilności kapitału ludzkiego, zakładając, że wykwalifikowani pracownicy przepływają raczej z państw biedniejszych do bogatszych (np. na skutek „drenażu mózgów") niż odwrotnie, powstanie aglomeracji jest nawet bardziej prawdopodobne.

Przyczynami zróżnicowania kosztów przyjęcia technologii w różnych krajach mogą być: (a) odmienne wyposażenie w czynniki produkcji, tak jak w modelach S. Basu i D. N. Weila (1998) czy D. Acemoglu i F. Zilibotti'ego (2001)[30]; (b) odmienne struktury popytu – S. B. Linder (1961)[31]; oraz (c) konieczność spełnienia określonych warunków związanych z możliwościami absorpcji technologii, takich jak „nowoczesne R&D" w modelu P. Howitta i D. Meyera-Foulkesa (2002)[32].

W przypadku (a) najważniejszy jest udział wykwalifikowanych pracowników w ogólnym zasobie siły roboczej. Jeżeli, jak jest ogólnie przyjmowane[33], innowacje pozwalają lepiej wykorzystać kwalifikacje pracowników, wtedy postęp technologiczny przynosi lepsze efekty w krajach, w których udział wykwalifikowanych pracowników w ogólnym zasobie siły roboczej jest wyższy. Myśl ta nawiązuje do modelu Nelsona-Phelpsa (1966), którzy podkreślają znaczenie

[28] Cytat za: M. J. Slaughter, *Per Capita Income Convergence and The Role Of International Trade*, NBER Working Paper No 5897, NBER, Cambridge, MA, Jan. 1997, s. 4.

[29] Szerzej na ten temat – G. Benko, *Geografia technopolii*, PWN, Warszawa 1993.

[30] D. Acemoglu, *Directed Technical Change*, NBER Working Paper No 8287, NBER, Cambridge, MA, May 2001.

[31] Z. Wysokińska, op.cit., s.17–20.

[32] „Nowoczesne R&D" oznacza w pracy P. Howitta i D. Mayer-Foulkesa takie elementy, jak wyposażenie laboratoriów, uczelni i szkół, liczbę pracowników naukowych znających najnowsze technologie, ogólnie pojęte środowisko sprzyjające wykorzystywaniu technologii, etc.

[33] Przyjmuje tak np. Grilishes (1969), który stwierdził, że skoro postęp technologiczny zwiększa produktywność kapitału i wymaga wyższych kwalifikacji pracowników, to wtedy kapitał i kwalifikacje są komplementarne w stosunku do siebie. Ideę tą wspierają Tinbergen (1975), Goldin-Katz (1998). Jest to bliskie pracy Nelsona-Phelpsa (1966), którzy podkreślają jednak znaczenie kwalifikacji w procesie przyjęcia technologii. Jednakże Mokyr (1990) stwierdza, że postęp może obniżać kwalifikacje potrzebne do wytworzenia dóbr wysoko przetworzonych – tak jak linie montażowe zastąpiły rzemieślników.

kwalifikacji siły roboczej w procesie przyjmowania technologii[34]. Wynika z tego, że nowoczesne technologie mogą być zupełnie niedostosowane do potrzeb słabiej rozwiniętych państw.

Przypadek (b) wskazuje, że handel międzynarodowy jest tym intensywniejszy, im bardziej są do siebie podobne struktury popytu w różnych państwach. Podobieństwo struktury popytu może wynikać z podobnego zaawansowania technologicznego firm w różnych państwach[35]. Jeżeli nowego produktu nie trzeba dostosowywać do innych potrzeb konsumentów, koszty przyjęcia technologii są niższe. Jeżeli dodatkowo handel międzynarodowy jest medium transferu technologii, to im mniejsze zróżnicowanie poziomu technologicznego (mniejsza luka technologiczna), tym szybsza dyfuzja technologii i luka technologiczna zamyka się szybciej. Model Lindera nie oznacza jednak, że handel pomiędzy zróżnicowanymi krajami nie jest możliwy – w każdym kraju firmy są zróżnicowane pod względem poziomu technologicznego, więc zarówno w kraju słabiej rozwiniętym istnieją też bardzo nowoczesne firmy, jak i firmy słabo rozwinięte istnieją w kraju bardziej zaawansowanym. Pomimo że w ujęciu globalnym intensywność handlu będzie odwrotnie proporcjonalna do rozmiarów luki technologicznej, handel międzynarodowy pomiędzy podobnymi firmami może być nawet intensywny. Model Lindera posłużył rozwojowi koncepcji handlu wewnątrzgałęziowego – firmy z państw bogatszych prowadzą intensywną wymianę z firmami z państw uboższych w zakresie np. dóbr zaawansowanych technologicznie. Wymiana taka nie sprowadza się tylko do lidera-eksportera i imitatora-importera. Część firm krajowych eksportuje, a część importuje dobra w ramach tej samej gałęzi, co oznacza, że większość państw jest jednocześnie importerem i eksporterem w tych samych gałęziach. Niemniej jednak handel wewnątrzgałęziowy jest intensywniejszy pomiędzy krajami podobnymi, tak jak handel dobrami Lindera.

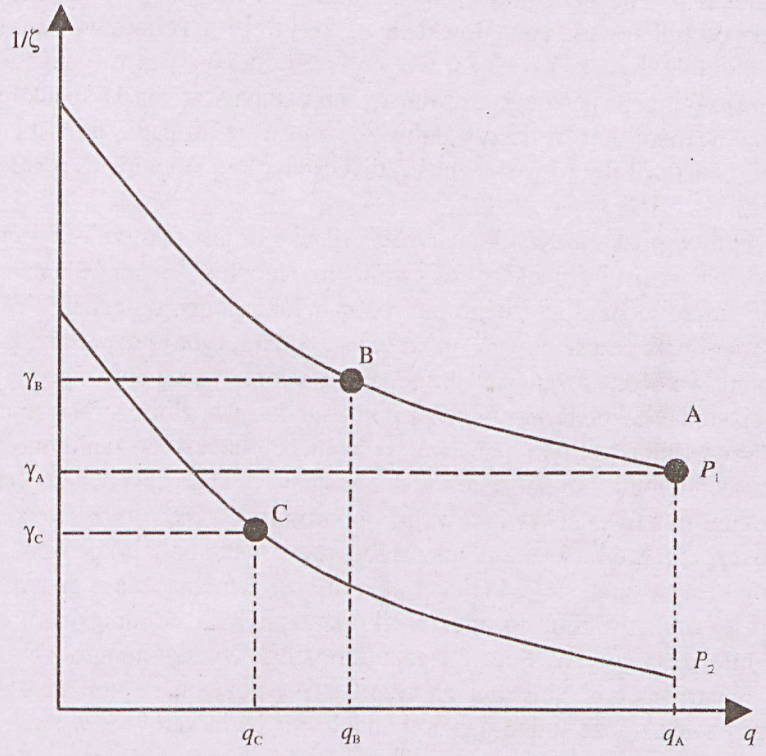
Przypadek (c) pozwala dodatkowo wskazać graniczne warunki procesu konwergencji – kraje spełniające odpowiednie wymogi będą wykazywać tempo wzrostu zbieżne z tempem wzrostu lidera, inne nie. Dodatkowo przypadek taki pokazuje, że niewielkie początkowo różnice w zaawansowaniu technologicznym mogą mieć zasadnicze znaczenie w długookresowym rozwoju państw. Jest to, notabene, uważane za wadę modeli „klubowej konwergencji", gdyż modele takie traktują spełnienie odpowiednich warunków jako zmienną egzogeniczną (niewyjaśnioną).

Rysunek 6 pokazuje sytuację trzech państw – lidera technologicznego A oraz dwóch imitatorów – B i C. Imitator B jest bardziej zaawansowany niż imitator C

[34] Y. J. Kim, J. W. Lee, *Technological Change, Investment in Human Capital, and Economic Growth*, CID Working Paper No. 29, Harvard Univ, Nov. 1999, s. 7.

[35] W oryginalnej wersji teorii Lindera podobieństwo struktury popytu wynika z podobnego poziomu PKB per capita.

– różnica pomiędzy q_A i q_B jest większa od różnicy pomiędzy q_A i q_C, a ponadto imitator B spełnia warunki à la Howitt-Meyer-Foulkes, np. należy do grupy państw rozwiniętych – znajduje się na tej samej krzywej P_1, opisującej prawdopodobieństwo dokonania korzystnej imitacji/innowacji co lider. Z tego powodu, pomimo mniejszej luki technologicznej, koszty imitacji są niższe w kraju B niż C. W efekcie wyższego prawdopodobieństwa dokonania pomyślnej imitacji kraj B będzie imitował innowacje lidera szybciej i handel wzbudzony istnieniem luki technologicznej będzie trwał krócej.



Rysunek 6. Zależność pomiędzy tempem wzrostu gospodarczego a zaawansowaniem technologicznym imitatora

Źródło: Opracowanie własne

Dodatkowo imitator B wykazuje wyższe tempo wzrostu niż imitator C, na skutek niższych kosztów przyjęcia technologii, spowodowanej podobieństwem gospodarek, oraz wyższe tempo wzrostu niż lider A, gdyż imitacja jest tańsza od innowacji, jak wskazano w części 4.1. W długim okresie tempo wzrostu tych dwóch państw wyrówna się. Tempo wzrostu imitatora C jest wolniejsze od tempa wzrostu lidera i w efekcie kraj ten będzie pozostawał coraz bardziej za krajami A i B. Ostatecznie kraje A i B uformują grupę państw bogatych (w świetle

rysunku 5), a państwo C pozostanie w grupie państw biednych i w efekcie rozkład stóp wzrostu będzie przypominał „twin peaks". Na rysunku 4 taka sytuacja państw znalazłaby odzwierciedlenie w spadku ζ_A na skutek niemożności wykorzystania w pełni wszystkich zalet (cech) nowej technologii oraz jednoczesnym wzroście wartości ζ_B na skutek spadku kosztów przyjęcia technologii. Intensywność handlu międzynarodowego odzwierciedla wtedy wnioski modelu Vernona – lider technologiczny najpierw eksportuje nowe technologie do państw bardziej rozwiniętych i dopiero później do państw słabiej rozwiniętych.

Rysunek 6 można uzupełnić o np. imitatora D, który byłby jeszcze słabiej rozwinięty od imitatora C i znajdował się na krzywej P_2. Tempo wzrostu takiego państwa mogłoby być, krótkookresowo, wyższe od tempa wzrostu państw A czy B, ale po osiągnięciu pewnego zaawansowania stopa wzrostu D spadłaby poniżej tempa wzrostu A i wykazywałaby zbieżność ze stopami wzrostu państw biednych. Oznaczałoby to rozbieżność (divergence) ze stopami wzrostu państw bogatych.

Głównym wnioskiem, wynikającym z rysunku 6, jest fakt, że dla długookresowej pozycji państwa większe znaczenie ma możliwość „przeskoczenia" na krzywą P lidera technologicznego niż rozmiar luki technologicznej[36]. W istocie imitator nie musi „przeskakiwać" na krzywą P lidera, tylko prowadzić działania, które stopniowo będą „przenosić" gospodarkę na coraz wyżej położone krzywe P.

Przeniesienie gospodarki na wyżej położoną krzywą P może nastąpić w wyniku odpowiedniej polityki państwa, polegającej na zwiększaniu możliwości przyjęcia technologii, lub na skutek wykorzystania otwierających się od czasu do czasu „okien możliwości" (windows of opportunity). „Okno możliwości" oznacza sytuację, w której kraj ogólnie słabo rozwinięty podejmuje specjalizację technologiczną w zakresie jednej technologii o dużym znaczeniu gospodarczym zaraz po jej opracowaniu, np. niektóre kraje azjatyckie w odniesieniu do technologii informatycznych. Specjalizacja umożliwi wyższe tempo wzrostu niż średnia światowa (por. Singapur na rysunku 5) i pozwoli na zmianę „klubu"[37]. Duże znaczenie może mieć także handel międzynarodowy, zwłaszcza wewnątrzgałęziowy, zarówno w zakresie dóbr zaawansowanych technologicznie, jak i innych, jeżeli prowadzić będzie do upodabniania się gospodarek. Podobne gospodarki będą charakteryzować się niższymi kosztami adaptacji innowacji, wyższym popytem na innowacje, większą intensywnością wymiany, wyższym tempem dyfuzji technologii i w efekcie szybszą konwergencją.

---

[36] Wniosek taki jest jednak bardzo wrażliwy na przyjęte tempo konwergencji. Tempo konwergencji (wyznaczona np. przez parametr β – por. przyp.6) jest powszechnie uznawane za bardzo powolne, co łączy się z powolnym tempem dyfuzji technologii (por. przyp. 2).

[37] Takie technologie noszą angielską nazwę „general purpose technology" – szerzej na ten temat E. Helpman, M. Trajtenberg, *Diffusion of General Purpose Technologies*, w: *General Purpose Technologies and Economic Growth*, red. E. Helpman, The MIT Press, Cambridge, MA 1998.

5. *Uwagi końcowe*

Zjawisko międzynarodowej dyfuzji technologii poszerza wnioski neoklasycznej teorii wzrostu – postęp technologiczny wpływa na tempo wzrostu gospodarczego nie tylko w kraju, w którym dokonano innowacji, ale we wszystkich państwach, do których innowacja może zostać transferowana. Ponieważ głównym kanałem transferu technologii jest wymiana międzynarodowa, istnieje związek pomiędzy intensywnością wymiany, intensywnością dyfuzji technologii i wzrostem gospodarczym. Niemniej jednak zjawiska te są często rozpatrywane rozłącznie[38]. Z jednej strony, teorie wzrostu gospodarczego ujmujące czynnik technologiczny „nie dostrzegają" wymiany międzynarodowej – nawet jeżeli przewidują możliwość konwergencji stóp wzrostu gospodarczego, a więc dopuszczają możliwość wpływu innowacji na wzrost gospodarczy innych państw. Wprowadzenie handlu międzynarodowego ani nie przyspiesza, ani nie opóźnia konwergencji. Z drugiej strony, teorie handlu międzynarodowego, które ujmują czynnik technologiczny, nie odnoszą się do kwestii źródeł postępu technologicznego ani nie „dostrzegają" wzrostu gospodarczego.

Dyfuzja międzynarodowa jest pewnym spójnikiem tych dwóch rodzajów teorii, ale ani jedna, ani druga grupa teorii nie wyjaśnia, dlaczego innowacja rozprzestrzenia się pomiędzy krajami. Ponadto teorie te nie precyzują kanałów dyfuzji – teorie handlu zagranicznego (np. teoria luki technologicznej) podkreślają różnicę pomiędzy handlem dobrami stworzonymi za pomocą innowacji a imitacją innowacji, co powoduje ograniczenie handlu. Jeżeli dyfuzja technologii oznacza proces rozpowszechniania się innowacji, to handel międzynarodowy nie jest medium dyfuzji technologii – w istocie substytuuje dyfuzję i występuje tylko wtedy, kiedy dyfuzja (imitacja) jest nieopłacalna. Chyba najlepiej zbadanym kanałem dyfuzji jest dokonanie zagranicznej inwestycji bezpośredniej. Z kolei teorie wzrostu gospodarczego (np. typu innowator-imitator) zakładają, że innowacje przenoszone są pomiędzy krajami w „cudowny" sposób na skutek efektu spillover.

Celem niniejszego artykułu było zbadanie, w jaki sposób dyfuzja technologii może powodować zbieżność stóp wzrostu gospodarczego różnych państw, a nie

[38] Tym niemniej istnieje wiele prac łączących handel (stopień otwartości gospodarki) ze wzrostem gospodarczym, zarówno empirycznych (Levine-Renelt (1992), Harrison (1996), Frankel-Romer-Cyrus (1996)) oraz teoretycznych (Grossman-Helpman (1991), Rivera-Batiz-Romer (1991)). Wspomniane prace teoretyczne skupiają się niemal wyłącznie na kwestiach korzyści skali – większa liczba naukowców generuje więcej innowacji i szybszy wzrost. Tego typu korzyści skali zostały jednak skrytykowane przez Jonesa (1995). Por. np. A. T. Goh, J. Oliver, *Learning by Doing, Trade in Capital Goods and Growth*, National Univ. of Singapore, Working Paper No 2001–2, Singapore 2001, s. 1.

stworzenie spójnej teorii łączącej z jednej strony postęp technologiczny i wzrost gospodarczy oraz postęp technologiczny i handel międzynarodowy z drugiej strony. W punkcie 2 przedstawiano próbę powiązania modelu R-S-S-C-K z teorematem H-O, ale ponieważ są to podstawowe teorie sprzed 50 lat, ma ona charakter jedynie sprawozdawczy.

Istotą rozważań zaprezentowanych w punkcie 4, dotyczących rozkładu Pareto i kosztów przyjęcia technologii, jest próba wskazania znaczenia aspektów popytowych w procesie dyfuzji technologii i konwergencji. Modele neoklasyczne (zarówno te dotyczące wzrostu, jak i te dotyczące handlu zagranicznego) skupiają się głównie na aspektach podażowych. Aspekty popytowe uzupełniają więc analizę neoklasyczną. Jeżeli słabiej rozwinięty imitator ma niższe koszty przyjęcia innowacji na skutek wyższego prawdopodobieństwa pomyślnej imitacji, wtedy popyt na innowację w tym kraju będzie wyższy niż w kraju bardziej rozwiniętego imitatora. Wyższy popyt doprowadzi do intensywniejszej wymiany międzynarodowej i szybszej dyfuzji innowacji. Szybsze tempo dyfuzji oznacza szybsze tempo postępu technologicznego, co prowadzi do szybszego wzrostu gospodarczego. Gospodarki państw upodabniają się, co intensyfikuje wymianę handlową i tworzenie się „klubów konwergencji". Jeżeli jednak słabiej rozwinięty imitator będzie się cechował wysokimi kosztami przyjęcia technologii (na skutek np. niepodobieństwa gospodarek), wtedy popyt na innowację jest niski w tym kraju, dyfuzja technologii jest ograniczona i gospodarka pozostanie na niższej ścieżce wzrostu gospodarczego. Innymi słowy, znajdzie się w „klubie" państw ubogich.

Priorytetowym czynnikiem długookresowego wzrostu państw uboższych – potencjalnych imitatorów – stają się wszelkie działania zmierzające w kierunku zwiększenia rozmiarów dyfuzji nowych technologii. Można to osiągnąć poprzez działania, których celem jest upodobnienie gospodarek takich państw do gospodarek państw zaawansowanych technologicznie, co zmniejszy koszty przyjęcia technologii i wprowadzi kraj do „klubu" państw rozwiniętych. Jak przewiduje podstawowy model neoklasyczny z licznymi rozwinięciami, jest to warunkiem wystarczającym do osiągnięcia zbieżności wzrostu z najbardziej rozwiniętymi państwami. Wydaje się jednak, że ze względu na długość procesu konwergencji oraz możliwą zmianę stanu gospodarek zaawansowanych państw, działania takie należy prowadzić sekwencyjnie. Rodzaj takich działań powinien być sprecyzowany w ramach polityki innowacyjnej państwa. Celem niniejszego artykułu nie było tworzenie rekomendacji dla polityki innowacyjnej, ale warto podkreślić, że jakkolwiek taka polityka akcentuje głównie kwestie opracowywania i wdrażania własnych innowacji, to w świetle powyższych rozważań kluczowego znaczenia nabierają działania dotyczące dyfuzji i przyjęcia zagranicznych technologii. Szczególnie dotyczy to państw uboższych.

Wśród celów polityki innowacyjnej, zmierzającej do zwiększenia możliwości państwa dotyczących możliwości przyjęcia zaawansowanych technologii, powinny się więc znaleźć typowe dla takiej polityki: zachęty dla firm lokujących się w sektorach zaawansowanych technologii, rozwój wymiany międzynarodowej, tworzenie korzystnych warunków dla importu inwestycji bezpośrednich, szczególnie w zakresie sektorów innowacyjnych, ale także: rozwój uczelni technicznych czy wzmaganie popytu restytucyjnego ludności i przedsiębiorstw. W istocie polityka innowacyjna zakłada więc dokładnie takie same cele jak postulowana polityka przyjmowania technologii, która różniłaby się od niej głównie zakresem – tylko nieliczne firmy, nawet w państwach rozwiniętych, prowadzą prace badawczo-rozwojowe, podobnie niewiele przedsiębiorstw będzie zajmować się imitacją technologii, natomiast niemal wszystkie są potencjalnymi użytkownikami technologii. Stąd wśród wyżej wymienionych takie działania, których celem jest „stworzenie" dużej liczby zaawansowanych użytkowników technologii.

Poważnym brakiem dotychczasowych modeli jest: 1) pominięcie handlu pomiędzy imitatorami – handel taki też może mieć cechy handlu wzbudzonego luką technologiczną, jeżeli jeden z imitatorów jest bardziej zaawansowany; pominięcie możliwości przeskoczenia kilku „szczebli drabiny jakości" za jednym razem – tj. imitator nie musi imitować po kolei poszczególnych generacji innowacji; 2) nierealistyczny model postępu technologicznego, tj. najpierw dokonywana jest innowacja, później następuje jej transfer do innych państw, a kiedy dyfuzja się zakończy, dokonuje się kolejnej innowacji – w rzeczywistości procesy te zachodzą równocześnie. Ujęcie tego typu problemów powinno znaleźć się w przyszłych badaniach.

Bibliografia

Acemoglu D., *Directed Technical Change*, NBER Working Paper No 8287, NBER, Cambridge, MA, May 2001

Aghion, P., Howitt P., *Endogenous Growth Theory*, The MIT Press, Cambridge, MA

Barczyk R., *Główne teorie współczesnych wahań koniunkturalnych*, Poznań, 1997

Barro R., *Technological Diffusion, Convergence and Growth*, NBER Working Paper No 5151, NBER Cambridge, MA, June 1995

Barro R., Sala-i-Martin X., *Economic Growth*, MCGraw-Hill, 1995

Benko G., *Geografia technopolii*, PWN, Warszawa 1993

Bucci A., *Market Power, Human Capital and Growth*, Universite Catholique de Louvain, Louvain 2002

Goh A.T., Oliver J., *Learning by Doing, Trade in Capital Goods and Growth*, National University of Singapore, Working Paper No 2001–2, Singapore 2001

Greenwood J., Jovanovic B., *Accounting For Growth*, NBER Working Paper No 6647, NBER Cambridge, MA, July 1998

Grossman G.M., Helpman E., *Innovation and Growth in The Global Economy*, The MIT Press, Cambridge, MA 1991

Helpman E., Trajtenberg M., *Diffusion Of General Purpose Technologies*, w: *General Purpose Technologies And Economic Growth*, red. E. Helpman, The MIT Press, Cambridge, MA 1998

Howitt P., Mayer-Foulkes D., *R&D, Implementation And Stagnation: A Schumpeterian Theory Of Convergence Clubs*, NBER Working Paper No 9104, NBER, Cambridge, MA, Aug. 2002

Jaffe A., Newell R., Stavins R., *Technological Change and the Environment*, NBER Working Paper No 7970, NBER Cambridge, MA, Oct. 2000

Kim Y. J., Lee J. W., *Technological Change, Investment in Human Capital, and Economic Growth*, CID Working Paper No.29, Harvard University, Nov. 1999

Misala J., *Współczesne teorie wymiany międzynarodowej i zagranicznej polityki ekonomicznej*, Wyd. SGH, Warszawa 2003

Nowara W., *Wpływ zagranicznych inwestycji bezpośrednich na transfer technologii do kraju goszczącego*, w: *Teoretyczne i empiryczne aspekty współczesnych międzynarodowych stosunków gospodarczych*, red. T. Rynarzewski, Wyd. AE w Poznaniu, Poznań 2001

Ostasiewicz W., *Propedeutyka probabilityki*, AE Wrocław, Wrocław 2000

Popławski W., *Mechanizmy procesów innowacyjnych w rozwoju przemysłów wysokiej techniki*, Wyd. UMK, Toruń 1995

Posner, H.V., *Technical Change and International Trade*, „Oxford Economic Papers", Vol. 13, 1961

Romer D., *Makroekonomia dla zaawansowanych*, PWN, Warszawa 2000

Romer P., *Endogenous Technological Change*, „The Journal of Political Economy", Vol. 98, Issue 5, Part 2, Oct. 1990

Slaughter M.J., *Per Capita Income Convergence and The Role Of International Trade*, NBER Working Paper No 5897, NBER, Cambridge, MA, Jan. 1997

Slaughter M. J., *International Trade And Per Capita Income Convergence: A Difference-in-difference Analysis*, NBER Working Paper No 6557, NBER, Cambridge, MA, May 1998

Vernon, R., *International Investment and International Trade in the Product Cycle*, „Quarterly Journal of Economics", Vol. 80, 1966, s. 190–207

Wysokińska Z., *Konkurencyjność w międzynarodowym i globalnym handlu technologiami*, PWN, Warszawa 2001

Zielińska-Głębocka A., *Handel krajów uprzemysłowionych w świetle teorii handlu zagranicznego*, Wyd. UG, Gdańsk 1996

Zielińska-Głębocka A., *Wprowadzenie do ekonomii międzynarodowej*, Wyd. UG, Gdańsk 1997

Szymon Truskolaski

INTERNATIONAL DIFFUSION OF TECHNOLOGY VS CONVERGENCE OF RATES OF ECONOMIC GROWTH

Summary

Convergence of the rates of economic growth is a key conclusion of the primary neo-classical model. Similarly to exogenous technological progress, which in this model is "manna from

heaven", convergence is also carried out without any costs, delays or extra activities on the part of countries, regions or entities. Moreover, a "miraculous" way of transferring innovations between countries does not require modelling of international exchange and can also take place under autarchy. On the other hand the models of international exchange, such as neo-technological models, "technological gap " models and inter-branch trade models do not provide for the convergence of the rates of growth of the participants of the exchange or gradual catching up of the less technologically advanced countries with those more advanced – e.g. Linder's theory anticipates more intensive trade between similar countries.

It seems that the issues related to international diffusion of technology and the models presenting interactions between the technological leader and its imitators can be a kind of conjunction between those two different approaches. A probability of successful imitation (adoption of innovation) is higher for the less developed imitator which is translated into lower costs of imitation and a higher demand for innovation in such a country. The higher demand will mean a more intensive international exchange and a faster diffusion of technology which, in turn, will be translated into a higher rate of technological progress in the imitator's country and a higher rate of economic growth. As a result the rate of growth of the imitator will be convergent with the rate of growth of the leader as long as the imitator catches up with the leader. If, however, the costs of adoption of technology in the imitator's country are high due to e.g. dissimilarity of economies, then the diffusion of technology and international exchange will be restricted and the process of convergence will not occur.

Therefore all kinds of activities the aim of which is getting similar to the economy of technological leader are of key importance for imitators. Such activities should aim, above all, at the development of adoption abilities of a country through increasing the number of potential users of the technology.

BIBLIOTEKA AE