

Maciej Malaczewski

Uniwersytet Łódzki

ZASOBY NATURALNE, POSTĘP TECHNICZNY A DŁUGOOKRESOWY WZROST GOSPODARCZY

Streszczenie: Badania empiryczne pokazują niejednoznaczny kierunek wpływu bogactwa zasobów naturalnych na stopę wzrostu produkcji *per capita*. Z uzasadnień teoretycznych takich rezultatów wynika, że spowolniony rozwój technologiczny sektora wydobywczego stanowi główne źródło obniżenia tempa wzrostu gospodarczego. Jest to bardziej widoczne w gospodarkach, w których wydobycie zasobów naturalnych stanowi dużą część łącznej produkcji.

Celem niniejszego artykułu jest dostarczenie uzasadnienia, poprzez konstrukcję teoretycznego modelu wzrostu, wyników badań empirycznych związanych z zależnością pomiędzy wielkością zasobów naturalnych a tempem wzrostu gospodarczego. Stworzony model zostanie zanalizowany teoretycznie, po czym zostaną dokonane jego symulacje celem przetestowania, czy w istocie spełnia on wymagane własności.

Słowa kluczowe: wzrost gospodarczy, zasoby naturalne, choroba holenderska, modele wzrostu.

Wprowadzenie

Zagadnienie granic wzrostu gospodarczego od wielu już lat jest obiektem zainteresowania ekonomistów. Jako jeden z czynników mogących obniżyć tempo wzrostu gospodarczego, rozumianego jako zwiększanie się poziomu PKB *per capita* w czasie, wymieniane są ograniczenia związane z nieodnawialnymi zasobami naturalnymi. Oczywiście złoża takich zasobów naturalnych jak ropa naftowa, gaz ziemny czy węgiel są skończone, przy dalszym zatem utrzymaniu ich wydobycia na dzisiejszym poziomie musi nastąpić ich wyczerpanie.

Nie jest odosobnione twierdzenie, że dokonujący się na naszych oczach postęp techniczny oraz dalszy rozwój badań naukowych w dziedzinach związanych z po-

szukiwaniem alternatywnych źródeł energii ostatecznie rozwiąże wszystkie te problemy. Póki co w sferze marzeń pozostają samochody napędzane silnikami atomowymi, lecz nie są to już wynalazki niewyobrażalne dla współczesnego człowieka.

Wyczerpywanie się zasobów naturalnych musi spowodować podwyższenie ich ceny, a co za tym idzie, podwyższenie kosztów każdej produkcji, w której są one wykorzystywane. Wraz z podnoszeniem się tych kosztów pojawiają się naturalne zachęty do prowadzenia działalności badawczo-rozwojowej, której celem jest wyrugowanie zasobów naturalnych z procesu produkcyjnego. Towarzyszące temu odkrycia technologiczne mogą być różnej postaci – możliwe jest odkrycie na przykład alternatywnych i tanich sposobów uzyskiwania energii, możliwe jest znalezienie wystarczająco dobrych substytutów dla zasobów naturalnych lub odkrycie rewolucyjnych metod pozyskiwania tych zasobów. W każdym z tych przypadków układ gospodarczy powinien powrócić do równowagi, a ograniczenia wzrostu pływające z ograniczoności zasobów naturalnych zostałyby przewyżczone. Analiza powyższego rozumowania pozwala jednakże dostrzec wiele problemów i niejasności, na przykład jaka jest szansa na to, że rozpoczęte w ten sposób badania naukowe rzeczywiście będą prowadzić do uzyskania pożądaných rezultatów.

Otwartych pozostaje też wiele innych pytań, w tym także: Jaka jest zależność pomiędzy wielkością złóż zasobów naturalnych a poziomem wzrostu gospodarczego? Czy ubogie kraje powinny być zachęcane do wydobywania złóż zasobów naturalnych, czy też nie? Czy prawdą jest stwierdzenie, że gospodarki, których położenie pozwala im na wydobywanie większej ilości rozmaitych zasobów naturalnych są przez to bogatsze i rozwijają się szybciej? Okazuje się, że różne badania pokazują odmienne kierunki tych zależności.

Celem niniejszego opracowania jest próba teoretycznego wyjaśnienia, poprzez konstrukcję prostego modelu, wyników badań empirycznych związanych z zależnością pomiędzy wielkością zasobów naturalnych a tempem wzrostu gospodarczego. Układ pracy jest następujący. W pierwszym punkcie dokonano przeglądu literatury. W drugim zaprezentowano model i przeprowadzono jego analizę. Trzeci punkt zawiera dyskretną wersję modelu, której symulacje zostaną dokonane i omówione. Całość została podsumowana.

Niniejsze opracowanie jest finansowane ze środków na naukę w latach 2010–2012 jako projekt badawczy własny nr N N112 553138.

1. Przegląd literatury

Intuicja prowadzi do wniosku, że gospodarki lepiej wyposażone w zasoby naturalne powinny być gospodarkami bogatszymi. Dotychczasowe badania pokazują jednakże niejednoznaczne wyniki w analizie tej zależności.

Przeprowadzone w pracy [Sachs i Warner 1995] badania empiryczne prowadzą do zaskakującego na pierwszy rzut oka wniosku, że wyższe wyposażenie gospodarki w zasoby naturalne wpływa ujemnie na tempo wzrostu gospodarczego. Kierunek tej zależności jest, zdaniem autorów, wynikiem wpływu, jaki zasoby naturalne mają na politykę handlu zagranicznego oraz stopień biurokratyzacji (choć autorzy przyznają, że to akurat połączenie wydaje się niezbyt silne), co ma być związane z niechęcią danych krajów do wolnorynkowych zachowań. Wynikać ma to z dużej wagi, jaką przypisują podmioty rządzące do zasobów naturalnych - większy stan ich posiadania prowadzi z reguły do bardziej protekcyjnistycznej polityki gospodarczej, co naturalnie ogranicza rozwój. Opierając się na rozważaniach zawartych we wspomnianej pracy, można wskazać jeszcze jeden kanał wpływu, wprost związany z neoklasyczną teorią wzrostu. Brak bowiem zachęt do rozwoju przemysłowego, rozwoju sektora dóbr i usług, oraz ogólnie brak zachęt do prowadzenia aktywności badawczo-rozwojowych, będących głównym motorem postępu technicznego, prowadzi do zmniejszenia się jego tempa wzrostu, co na przykład na mocy modelu Solowa z egzogenicznym postępow technicznym neutralnym w sensie Harroda [Romer 2000, s. 25–33], prowadzi także do niższego tempa wzrostu PKB *per capita*. W późniejszej pracy Sachs i Warner [1997] wzmacniają argumentację poprzez poszerzenie dowodów empirycznych wiążących wysoki poziom bogactw naturalnych z niskim tempem wzrostu PKB *per capita*. Komentując w tejże pracy artykuł Gylfasona [2001], dodają, że wnioski tam zawarte można rozszerzyć nie tylko na edukację (akumulację kapitału ludzkiego), ale też na wszelkie formy zachowań przedsiębiorczych, których zakres zmniejsza się wraz z odkryciem złóż zasobów naturalnych.

W pracy Gylfasona [2001] wymienione są aż cztery kanały oddziaływania, przez które bogactwo zasobów naturalnych może mieć negatywny wpływ na rozwój gospodarczy. Po pierwsze, jest to „holenderska choroba” (*Dutch disease*), której jednym z objawów jest przewartościowanie krajowej waluty. Nagłe odkrycie złóż zasobów naturalnych prowadzi do szybkiego i gwałtownego wzrostu eksportu tychże surowców, co umacnia walutę i obniża wszelki pozostały eksport, w tym przemysłowy. Po drugie, rządy krajów bogatych w złoża mają tendencje protekcyjnistyczne, co także wzmacnia korupcję i wpływa ujemnie na tempo wzrostu¹. Po trzecie, Gylfason [2001, s. 850] pisze, że „bogaci rodzice czasem rozpuszczają swoje dzieci. Matka Natura nie jest wyjątkiem”. Bogactwa naturalne mają tendencję do wywoływania fałszywego poczucia bezpieczeństwa, co powoduje, że rządy tracą z pola widzenia tak istotne dla wzrostu gospodarczego efekty, jak: jakość instytucjonalna, wolny handel, racjonalne zarządzanie ekono-

¹ Teza o negatywnym wpływie korupcji oraz ogólnie, niskiej efektywności administracji państwowej jest przedmiotem wielu badań między innymi [Mauro 1995].

miczne². Po czwarte, powołując się na odwrotną zależność pomiędzy bogactwem naturalnym a udziałem dzieci w szkołach, Gylfason pisze, że nacje, które żyją w przekonaniu, że zasoby naturalne są ich najważniejszym aktywem, świadomie odsuwają na dalszy plan rozwój kapitału ludzkiego. Na dowód swoich rozważań, prezentuje wyniki własnych badań empirycznych świadczących o ujemnej, istotnej statystycznie korelacji pomiędzy wszelkimi wskaźnikami kapitału ludzkiego a wartością zasobów naturalnych w ponad 80 krajach. Ponieważ kapitał ludzki jest oczywiście silnie pozytywnie skorelowany z tempem wzrostu gospodarczego, zatem badania te wskazują na ujemną zależność pomiędzy wzrostem PKB a stopniem wyposażenia gospodarki w zasoby naturalne. Jest to, zdaniem Gylfasona, spowodowane nie tylko osłabieniem instytucjonalnym, ale też innymi czynnikami, głównie drastycznym zmniejszeniem publicznych i prywatnych zachęt do akumulacji kapitału ludzkiego. Przemysł wydobywczy, z samej swojej natury, nie wymaga wykształconych pracowników, stąd rozrost tego sektora obniża wspomniane zachęty.

Jednakże w badaniach empirycznych Sachs i Warner używają jako zmiennej odzwierciedlającej wyposażenie gospodarek w bogactwa naturalne relacji wielkości eksportu zasobów naturalnych do PKB. Stijns [2005] podważa ten wybór, twierdząc, że czym innym jest wyposażenie gospodarki w zasoby naturalne, a czym innym ich eksport. Przyjęcie w regresjach – takich jak w [Sachs i Warner 1995] – innych reprezentantów wyposażenia gospodarki w zasoby naturalne prowadzi do wniosków, że wszelkie zasoby naturalne (z wyjątkiem arealu ziemi traktowanego jako zasób naturalny *per se*) mają zarówno dodatnie, jak i ujemne kanały wpływu na tempo wzrostu gospodarczego, a ich łączny kierunek wpływu nie jest ściśle określony. Zatem podaje to w wątpliwość wyniki Sachsa i Warnera, wskazując na niejednoznaczność tego wpływu w przypadku różnych rodzajów zasobów³.

Oprócz tego Stijns [2006], odpowiadając na krytykę Gylfasona, potwierdza, że bogactwo naturalne prowadzi do fałszywego poczucia bezpieczeństwa, lecz pomimo to dodatkowy dochód otrzymany z działalności wydobywczej zasobów naturalnych jest, choć w niewielkiej części, także przeznaczany na akumulację kapitału ludzkiego. W pracy tej zawarte są badania empiryczne, które częściowo zaprzeczają wywodom teoretycznym Gylfasona. Różnicę w wynikach empirycznych Stijns tłumaczy przyjęciem innych mierników jako mierników bogactwa

² W pracy Gylfasona [2001, s. 848], podane są słowa króla Arabii Saudyjskiej, Faisala, który w trakcie rozmowy ze swoim ministrem powiedział: „W ciągu jednego pokolenia przesiedliśmy się z wielbłądów do Cadillaców. Jeżeli dalej będziemy tak marnotrawić pieniądze, to obawiam się, że następane pokolenie znów będzie jeździć na wielbłądach”.

³ Wspomnieć w tym miejscu należy, że słynna praca Sala-i-Martina [1997] wskazuje wykorzystywaną przez Sachsa i Warnera zmienną jako zmienną z wysokim prawdopodobieństwem skorelowaną z poziomem wzrostu gospodarczego i odporną w tej korelacji na specyfikację równania.

naturalnego. Gylfason przyjmuje stosunek kapitału „naturalnego” do całkowitego zasobu bogactwa, a Stijns – wielkość tego kapitału *per capita*. Tłumaczy on swój wybór zbyt szerokim zakresem miernika użytego przez Gylfasona – w jego skład wchodziły też lasy, tereny uprawne itp. Z pracy Stijnsa [2006] wynika, że polityka gospodarcza powinna zachęcać do wydobywania zasobów naturalnych, zwłaszcza wtedy, gdy zasoby kapitału ludzkiego nie są duże.

Wyniki Sachsa i Warnera potwierdza praca [Ding i Field 2005], lecz uzyskane oszacowania autorzy interpretują w inny sposób. Ich zdaniem, zmienna używana przez Sachsa i Warnera jako zmienna odzwierciedlająca wyposażenie gospodarki w zasoby naturalne nie ma takiej interpretacji, jest natomiast miarą uzależnienia jej od zasobów naturalnych. Jako przykład podają słynące z bogactwa złóż naturalnych Stany Zjednoczone, których produkcja nie jest jednak od tych złóż uzależniona w stopniu tak dużym, jak bywa to w innych krajach, które tak dużych złóż nie posiadają, na przykład Tanzania. Wprowadzają zatem dwie zmienne – zarówno używaną przez Sachsa i Warnera, jak i drugą odzwierciedlającą wielkość zasobów naturalnych w całości. Ich wyniki pokazują, że wyposażenie w zasoby naturalne ma dodatni wpływ na tempo wzrostu gospodarczego.

Badania empiryczne wskazują zatem na pozytywny wpływ bogactwa w zasoby naturalne na poziom PKB *per capita*, lecz na ujemny wpływ wielkości sektora wydobywczego na tempo wzrostu tej zmiennej. Jako przyczyna wskazywana jest niewielka rola postępu technicznego w wydobywaniu złóż. W następnym punkcie przedstawiono model, którego zadaniem jest odwzorowanie tych zależności.

2. Model

Rozważamy model gospodarki zamkniętej, dwusektorowej, z egzogenicznym postępowaniem technicznym. Pierwszy z sektorów to sektor wydobywczy, jego produkcja polega na eksploatacji złóż zasobów naturalnych i ich sprzedaży. Drugi z sektorów to sektor produkcji przemysłowej. Rozwiązania technologiczne są dostarczane do gospodarki z zewnątrz i mają wpływ na wielkość produkcji w drugim sektorze⁴. Czynniki produkcji pomiędzy pierwszym a drugim sektorem są do-

⁴ Oczywiście jest mocno dyskusyjne założenie, że produkcja sektora wydobywczego nie wykorzystuje zdobyczy technologicznych. Założenie to osiągamy poprzez wymaganie, aby TFP w sektorze przemysłowym rosło (np. w stałym, egzogenicznym tempie), a w sektorze wydobywczym nie. Wystarczy założyć, że produkcja w sektorze wydobywczym jest słabiej uzależniona od poziomu technologicznego niż produkcja w sektorze przemysłowym i że różnica tempa wzrostu postępu technicznego w obu sektorach jest w przybliżeniu równa założonej w modelu stopie wzrostu TFP w drugim sektorze.

skonale substytucyjne – mogą swobodnie przepływać, bez strat na efektywności i konieczności dostosowania.

Mamy zatem pewną ilość zasobów sił pracy L , która rośnie w stałym tempie n . Pewna część tych zasobów, L_1 , pracuje w sektorze pierwszym, $L_2 = L - L_1$ pracuje w drugim. Mamy też K kapitału fizycznego, z czego K_1 jest używane w pierwszym sektorze, $K_2 = K - K_1$ w drugim sektorze. Ewolucja kapitału przebiega w zgodzie ze standardowymi założeniami teorii wzrostu

$$\dot{K} = s\dot{Y} - \lambda K,$$

gdzie s jest stopą oszczędności/inwestycji, λ – stopą deprecjacji kapitału. Wielkość produkcji Y składa się z produkcji pierwszego sektora Y_1 i z produkcji drugiego sektora Y_2 . W pierwszym sektorze

$$Y_1 = BK_1^\alpha L_1^{1-\alpha},$$

gdzie B jest pewną stałą, odzwierciedlającą poziom technologiczny przemysłu wydobywczego, a $\alpha > 0$. Ponieważ wielkość ta nie zmienia się w czasie, pierwszy sektor jest uważany za sektor, na który postęp techniczny nie ma wpływu, rozwiązania technologiczne nie podnoszą wielkości produkcji w tym sektorze. Jest to zgodne z teoriami Sachsa i Warnera. Funkcja produkcji w drugim sektorze jest postaci

$$Y_2 = K_2^\beta (AL_2)^{1-\beta},$$

gdzie A jest zmienną określającą poziom technologii używanej w produkcji w sektorze przemysłowym, a $\beta > 0$. Załóżmy, że występuje stały wzrost A o stopie g :

$$\dot{A} = gA.$$

Łączna wielkość produkcji jest zatem dana wzorem

$$Y = Y_1 + Y_2 = BK_1^\alpha L_1^{1-\alpha} + K_2^\beta (AL_2)^{1-\beta}.$$

Nietrudno zauważyć, że tak skonstruowana funkcja produkcji jest jednorodna stopnia pierwszego względem K i L tylko wtedy, gdy udziały czynników produkcji kierowanych do poszczególnych gałęzi pozostają niezmiennione, w innym wypadku podwojenie nakładów czynników produkcji i użycie ich w nieproporcjonalny sposób zmieni wielkość produkcji w inny sposób niż dwukrotnie. Oczywiście mamy też

$$\begin{aligned}
 y &= \frac{Y}{L} = \frac{Y_1 + Y_2}{L_1 + L_2} = \frac{Y_1}{L_1 + L_2} + \frac{Y_2}{L_1 + L_2} = \frac{Y_1}{L_1} \cdot \frac{L_1}{L_1 + L_2} + \frac{Y_2}{L_2} \cdot \frac{L_2}{L_1 + L_2} = \\
 &= y_1 \cdot \frac{L_1}{L_1 + L_2} + y_2 \cdot \frac{L_2}{L_1 + L_2},
 \end{aligned}$$

czyli wielkość produkcji *per capita* jest średnią ważoną wydajności pracy w obu sektorach, gdzie wagami są udziały sił pracy skierowanych do poszczególnych sektorów w łącznych zasobach L . Stopa wzrostu produktu na jednostkę pracy dana jest wzorem

$$\frac{\dot{y}}{y} = \frac{\dot{y}_1}{y_1} \cdot \frac{Y_1}{Y_1 + Y_2} + \frac{\dot{y}_2}{y_2} \cdot \frac{Y_2}{Y_1 + Y_2} + \frac{\dot{L}_1}{L_1} \cdot \frac{Y_1}{Y_1 + Y_2} + \frac{\dot{L}_2}{L_2} \cdot \frac{Y_2}{Y_1 + Y_2} - n,$$

czyli tempo wzrostu y jest tempem wzrostu w obu gałęziach ważonym ich udziałami w całej produkcji. Jeżeli zasoby sił pracy w obu sektorach rozwijają się w tempie n , to ostatnie trzy składniki sumy redukują się.

Zauważmy, że jeżeli w gospodarce nie ma złóż zasobów naturalnych, to $L_1 = K_1 = Y_1 = 0$, a zatem cały model sprowadza się, do równań:

$$\dot{L} = \dot{L}_2 = nL_2,$$

$$\dot{K} = \dot{K}_2 = sY_2 - \lambda K_2,$$

$$\dot{A} = gA,$$

$$Y = Y_2 = K_2^\beta (AL_2)^{1-\beta},$$

czyli do modelu Solowa z postępowem technicznym neutralnym w sensie Harroda. Rozwiązanie takiego modelu jest znane, w długim okresie produkcja *per capita* rośnie w stałym tempie g .

Załóżmy teraz, że w gospodarce następuje odkrycie złóż oraz uruchomienie pierwszego sektora. Następuje wówczas przepływ części czynników produkcji z sektora przemysłowego do sektora wydobywczego. Przemieszczanie się zasobów czynników produkcji pomiędzy sektorami trwa tak długo, aż wyrównają się krańcowe produktywności w obu gałęziach – ceny czynników produkcji.

Oznacza to, że

$$\frac{\partial Y_1}{\partial K_1} = \frac{\partial Y_2}{\partial K_2},$$

$$\frac{\partial Y_1}{\partial L_1} = \frac{\partial Y_2}{\partial L_2},$$

$$\alpha BK_1^{\alpha-1} L_1^{1-\alpha} = \beta K_2^{\beta-1} (AL_2)^{1-\beta}$$

$$(1-\alpha)BK_1^\alpha L_1^{-\alpha} = (1-\beta)K_2^\beta A^{1-\beta} L_2^{-\beta}$$

Rozwiązanie powyższego układu równań pozwala wyznaczyć równowagowe wielkości K_1 i L_1 , pamiętając, że przed uruchomieniem sektora wydobywczego całe zasoby czynników produkcji były zatrudnione w drugim sektorze. Suma zatem poszczególnych zasobów czynników produkcji zatrudnionych w obu sektorach musi równać się łącznym zasobom.

Zauważmy, że

$$BK_1^\alpha L_1^{1-\alpha} + K_2^\beta (AL_2)^{1-\beta} \geq K^\beta (AL)^{1-\beta},$$

gdzie K i L są stałe. Istotnie, załóżmy

$$f(K_1, L_1) = BK_1^\alpha L_1^{1-\alpha} + (K - K_1)^\beta (A(L - L_1))^{1-\beta}$$

i zauważmy, że $f(0,0) = K^\beta (AL)^{1-\beta}$. Mamy

$$\frac{\partial f}{\partial K_1} = \alpha BK_1^{\alpha-1} L_1^{1-\alpha} - \beta (K - K_1)^{\beta-1} (A(L - L_1))^{1-\beta},$$

$$\frac{\partial f}{\partial L_1} = (1-\alpha)BK_1^\alpha L_1^{-\alpha} - (1-\beta)(K - K_1)^\beta A^{1-\beta} (L - L_1)^{-\beta}.$$

Obie pochodne cząstkowe wyznaczają punkt stacjonarny dokładnie w punkcie, w którym zrównują się krańcowe produktywności w obu sektorach. Można wykazać⁵, że Hessian jest określony ujemnie. Oznacza to, że f osiąga maksimum

⁵ Obliczenia te, dość proste, choć wymagające posługiwania się skomplikowanymi wzorami, są dostępne od autora na żądanie. W niniejszym artykule, dla oszczędności miejsca i przejrzystości tekstu, zostały pominięte.

w punkcie, w którym zrównują się produktywności. To z kolei prowadzi do wniosku, że wzrost łącznej produkcji uzyskany dzięki uruchomieniu pierwszego sektora jest większy niż spadek produkcji w drugim sektorze płynący z obniżenia nakładów obu czynników. Rośnie zatem całkowity Y .

Rozważmy pierwszą gałąź gospodarki. Gdyby całe nakłady czynników produkcji były kierowane do tej gałęzi (a zatem produkcja przemysłowa byłaby równa zero), równania opisujące ją miałyby następującą postać:

$$\dot{L}_1 = nL_1,$$

$$\dot{K}_1 = sY_1 - \lambda K_1,$$

$$Y_1 = BK_1^\alpha L_1^{1-\alpha}.$$

Równania te opisują klasyczny model Solowa, bez postępu technicznego. Oznacza to zatem, że w długim okresie produkcja *per capita* jest stała, jej tempo wzrostu wynosi zero. Przy proporcjonalnym wzroście zasobów czynników produkcji w obu sektorach, poziom wzrostu produkcji *per capita* w całej gospodarce jest średnią ważoną tempa wzrostu produkcji w obu sektorach, gdzie wagami są udziały zasobów sił pracy zatrudnionych w poszczególnych sektorach. W krótkim okresie tempo wzrostu może przyjmować dowolne wartości, zależne od zmian w zasobach czynników produkcji, w długim okresie jednak tempo wzrostu y jest niższe niż g . Wraz ze zmniejszaniem się jednak udziału produkcji sektora wydobywczego w łącznej wielkości produkcji (co będzie następować ze względu na postęp techniczny i rosnącą produktywność czynników produkcji w drugim sektorze, a więc także i ze względu na przepływ tych czynników do produkcji przemysłowej), tempo wzrostu produkcji *per capita* rośnie, aby w nieskończoności osiągnąć poziom g .

W uzyskanej równowadze zatem łączne długookresowe tempo wzrostu jest niższe niż byłoby, gdyby sektor wydobywczy nie funkcjonował. Mamy zatem dodatni wpływ zasobów na bogactwo (zwiększony poziom PKB *per capita*), ale ujemny na stopę wzrostu w długim okresie. To wyjaśnia wyniki uzyskane przez Sachsa i Warnera. Większy udział produkcji sektora wydobywczego w całym produkcie daje także większy udział eksportu zasobów naturalnych w łącznym eksporcie, co oznacza duże uzależnienie gospodarki od tego sektora (jak sugeruje Stijns).

Oczywiście niski stopień zaawansowania technologicznego powoduje, że udział sektora wydobywczego w takich gospodarkach jest relatywnie duży, co również w istotny sposób ogranicza tempo wzrostu gospodarczego. Przykłady krajów, które są bogate w złoża i mają niemałe tempo wzrostu, jak Stany

Zjednoczone, pokazują, że zaawansowanie technologiczne sektora przemysłowego ogranicza negatywną rolę sektora wydobywczego. W takich wypadkach złoża nie mają negatywnego wpływu na wzrost gospodarczy. Podobnie tłumaczy to przypadek Holandii, która dość szybko podniosła się z *Dutch disease*. Inne kraje, na przykład Wenezuela, mające duże złoża zasobów naturalnych, ale relatywnie niski poziom technologii, są bardziej podatne na jej symptomy.

Stijns [2005] sugeruje, że istnieje także dodatni kanał oddziaływania wielkości zasobów naturalnych na wzrost gospodarczy, a obie formy wpływu wzajemnie się znoszą, przez co badania empiryczne pokazują różne kierunki wpływu. Zdaniem Stijnsa, dodatni kanał wpływu bierze się stąd, że przyrost produkcji, płynący z zaangażowania części czynników produkcji w pracę w nowym sektorze gospodarki, w części przynajmniej jest przeznaczany na akumulację kapitału ludzkiego, co ma oczywiście, uzasadnione w literaturze działanie zwiększające długookresową stopę wzrostu gospodarczego. Uwzględnienie kapitału ludzkiego bądź zbytnia rozbudowa w modelu sektora badawczo-rozwojowego prowadziłyby jednak do komplikacji matematycznych, które dla osiągnięcia celu zarysowanego w niniejszym artykule nie są potrzebne. Należy jednak zwrócić uwagę na możliwość i konieczność dalszej rozbudowy modelu w tym kierunku.

3. Symulacje

Próba analitycznego rozwiązania modelu opisanego we wcześniejszym punkcie napotyka znaczące problemy. O ile znana jest dynamika każdego z sektorów osobno, o tyle problematyczne jest efektywne wyznaczenie wielkości przepływów poszczególnych zasobów czynników produkcji pomiędzy sektorami. Rozwiązanie układu równań, składającego się z produktywności krańcowych, nie jest możliwe analitycznie, ze względu na nieliniowość. Co więcej, dla wielu zestawów parametrów, nawet akceptowalnych ekonomicznie, wspomniany układ równań jest sprzeczny⁶. Podjęta zatem została próba numerycznego rozwiązania modelu oraz przeprowadzenia symulacji, których celem byłoby wykazanie, że model generuje pożądane zachowania zmiennych. Aby tego dokonać, konieczna jest dyskretyzacja opisanego wcześniej modelu.

⁶ Autor w tym miejscu chciałby gorąco podziękować profesorowi Andrzejowi Cieślukowi z Uniwersytetu Warszawskiego oraz doktorowi Jakubowi Growcowi ze Szkoły Głównej Handlowej za zwrócenie uwagi na konieczność uwzględnienia w modelu cen produktów obu sektorów. Wprowadzenie funkcji popytu na dobra poszczególnych gałęzi mogłoby umożliwić domknięcie modelu oraz rozwiązanie analityczne równań przepływów czynników produkcji pomiędzy sektorami, co wyeliminowałoby potrzebę badań symulacyjnych, a także, być może, zmianę wysnuwanych wniosków. Dalsza rozbudowa opisywanego modelu będzie przebiegać właśnie we wskazanym przez obu panów kierunku. Niestety, wymaga to większego nakładu pracy niż zakres niniejszego artykułu.

Model w czasie dyskretnym jest zatem opisywany zestawem równań:

$$\Delta L_{t+1} = nL_t,$$

$$\Delta K_{t+1} = sY_t - \lambda K_t,$$

$$Y_{1,t} = BK_{1,t}^\alpha L_{1,t}^{1-\alpha},$$

$$\Delta A_{t+1} = gA_t,$$

$$Y_{2,t} = K_{2,t}^\beta (A_t L_{2,t})^{1-\beta},$$

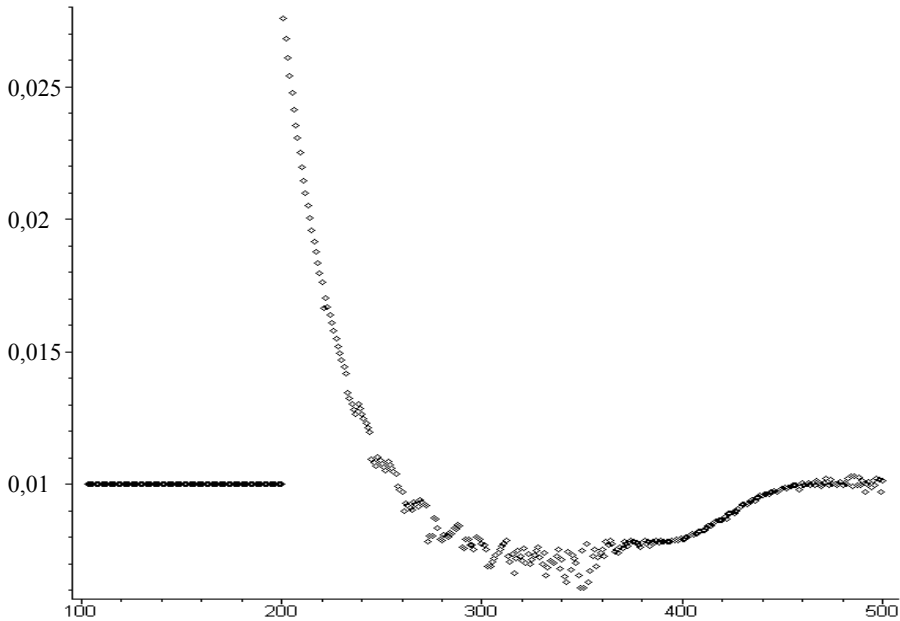
$$L_t = L_{1,t} + L_{2,t},$$

$$K_t = K_{1,t} + K_{2,t}.$$

Symulacje dokonujemy w horyzoncie 500 okresów. Przez pierwsze 200 okresów działa wyłącznie sektor przemysłowy, gospodarka dochodzi do stanu równowagi długookresowej niezależnie od dobranych (być może nieostrożnie) warunków początkowych. Stabilność rozwiązania modelu Solowa gwarantuje zbieżność w tym okresie. W okresie 201 rozpoczyna swoją działalność sektor wydobywczy. Poziom technologii sektora wydobywczego zostaje ustalony na wysokości ogólnego poziomu technologicznego w gospodarce wyznaczonego przez wielkość A . Przepływ kapitału i pracy z drugiego sektora, który do tej pory zatrudniał całe zasoby obu czynników produkcji, następuje z powodu większej ich produktywności w gałęzi wydobywczej w porównaniu z przemysłem. Jeżeli możliwe jest osiągnięcie takiego stanu, aby produktywności w obu sektorach były równe, to taki podział zasobów poszczególnych czynników produkcji zostaje przyjęty, jeśli nie jest możliwe wyznaczenie takich poziomów – wybrane zostaje rozwiązanie minimalizujące sumę kwadratów odchyłeń lewych stron od prawych w równaniach produktywności w obu sektorach. Minimum wspomnianej funkcji odchyłeń jest wyznaczane metodą poszukiwań po kracie, a wielkość zasobów kierowanych do drugiego sektora wyznaczana jest rezydualnie. Wybrana do minimalizacji procedura numeryczna okazała się jednak mało stabilna – przejście od jednej iteracji do drugiej owocowało częstymi i znaczącymi zmianami wielkości zasobów czynników produkcji kierowanych do pierwszego sektora. Ze względu na niestabilność procedury numerycznej została założona pewna sztywność przepływu czynników produkcji. Wielkość zasobów danego czynnika produkcji w okresie t

była równa średniej ważonej z wielkości tego zasobu w okresie $t - 1$ oraz wartości wyznaczonej za pomocą procedury, która minimalizuje funkcję straty. Waga dla zasobu czynnika z poprzedniego okresu została przyjęta na poziomie 0,99. Symulacji dokonano przy użyciu procedury utworzonej w programie *Maple*⁷. Dla potrzeb symulacji przyjęto następujące wartości parametrów: $\alpha = 0,5$, $\beta = 0,3$, $n = 0,02$, $\lambda = 0,05$, $g = 0,01$, $s = 0,1$. Jako wartości startowe dla wszystkich zmiennych (kapitału, pracy, produkcji, poziomu technologii) przyjęto jedną jednostkę.

Wyniki symulacji wskazują, że zaproponowany model potwierdza zaobserwowane wcześniej empirycznie efekty. Na rysunku 1 widoczny jest poziom stopy



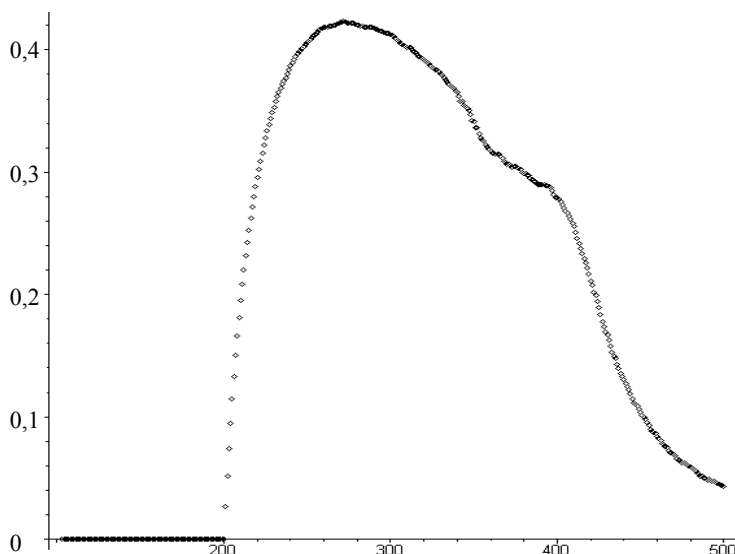
Rys. 1. Wyniki symulacji dla stopy wzrostu produkcji *per capita*

Źródło: Opracowanie własne – za pomocą programu *Maple*

wzrostu łącznej produkcji *per capita*. W okresie, w którym proces produkcyjny trwa jedynie w sektorze przemysłowym, gospodarka zachowuje się zgodnie ze standardowymi wynikami dla modelu Solowa z postępowem technicznym neutralnym w sensie Harroda. W długim okresie występuje zatem zbieżność stopy wzrostu produkcji *per capita* do poziomu stopy wzrostu postępu technicznego. W momencie odkrycia złóż zasobów naturalnych i uruchomienia wydobywania następuje przesunięcie części zasobów czynników produkcji do sektora wydobywczego, co

⁷ Wydruk procedury dostępny jest na życzenie u autora niniejszego artykułu.

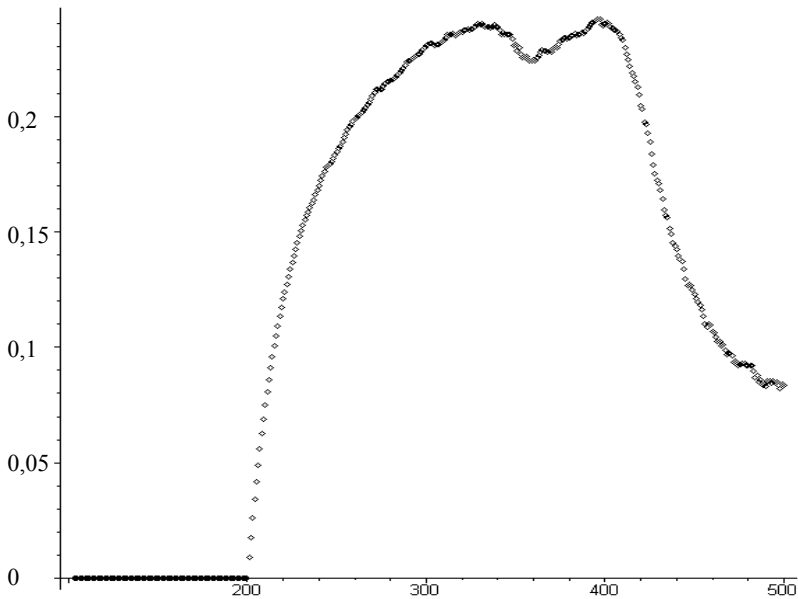
prowadzi, zgodnie z wcześniejszymi wyliczeniami, do podniesienia się łącznej wielkości produkcji. Jest to oczywiście spowodowane efektywniejszą alokacją czynników produkcji. Po tym krótkim okresie przepływu K i L , który pozwala na uzyskanie wyższego poziomu produkcji, a zatem krótkookresowo także i wyższej stopy wzrostu, następuje okres, w którym stopa wzrostu produkcji *per capita* stanowi średnią ważoną odpowiednich stóp wzrostu w obu sektorach. Zerowa długookresowa stopa wzrostu sektora wydobywczego powoduje ustalanie się stopy wzrostu na poziomie niższym niż g . Jednakże rosnący poziom zaawansowania technologicznego w branży przemysłowej prowadzi do zwiększenia w niej krajowej produktywności. To oczywiście powoduje powrotne przepływy czynników produkcji, z sektora wydobywczego do przemysłowego. Konsekwencją tego jest zmniejszanie się udziału produkcji sektora wydobywczego w całej produkcji w tym także zmniejszanie się udziału poszczególnych czynników produkcji zaangażowanych w tym sektorze.



Rys. 2. Wyniki symulacji dla udziału produkcji sektora wydobywczego w łącznej produkcji

Źródło: Opracowanie własne – za pomocą programu *Maple*

Na rysunku 2 widzimy zmianę udziału produkcji pierwszego sektora w łącznej produkcji, a na rysunku 3 – zmianę udziału zasobów kapitału fizycznego zaangażowanego w procesie produkcyjnym w pierwszej gałęzi w łącznych zasobach kapitału. Zmniejszanie się tego udziału, co także asymptotycznie prowadzi do całkowitego zaniknięcia sektora wydobywczego, powoduje, że długookresowa



Rys. 3. Wyniki symulacji dla udziału zasobów kapitału zaangażowanego w sektorze pierwszym w łącznych zasobach kapitału

Źródło: Opracowanie własne – za pomocą programu *Maple*

stopa wzrostu całej gospodarki podnosi się, osiągając asymptotycznie wartość g . Jest to jednak, co warto podkreślić, spowodowane rozwojem technologicznym branży przemysłowej.

Podsumowanie i wnioski

Z symulacji przeprowadzonych na skonstruowanym modelu teoretycznym płyną następujące wnioski:

- Przy przyjętych założeniach odnośnie do postaci modelu istnieje negatywna zależność pomiędzy wielkością sektora wydobywczego a stopą wzrostu produkcji *per capita*.
- Odkrycie złóż zasobów naturalnych powoduje przesunięcie czynników produkcji z sektora przemysłowego do wydobywczego.
- W krótkim okresie następuje wzrost łącznej produkcji *per capita* spowodowany przemieszczeniem czynników produkcji na bardziej produktywną aktywność, co świadczy o pozytywnej zależności pomiędzy bogactwem zasobów naturalnych a poziomem produkcji *per capita*.

- W następnych okresach stopa wzrostu produkcji *per capita* znajduje się na poziomie niższym niż stopa wzrostu postępu technicznego.
- Postęp techniczny w sektorze przemysłowym prowadzi do zwiększania produktywności w tym sektorze, co powoduje po pewnym czasie powrót czynników produkcji do tej gałęzi, a w rezultacie – powrót gospodarki do długookresowej stopy wzrostu wyznaczonej przez egzogeniczny postęp techniczny.

Wnioski płynące z symulacji opisanego modelu pokrywają się z przesłankami wynikającymi z rozważań i prac empirycznych omawianych w pierwszym punkcie. Można zatem uznać zaprezentowany model teoretyczny za aproksymację rzeczywistości. Oczywiście jest wciąż wiele aspektów badanego zjawiska i wiele przesłanek, których omawiany model nie uwzględnia, na przykład procesu ewolucji zasobu kapitału ludzkiego bądź endogenicznego postępu technicznego, różnic w wycenie produktów obu sektorów czy też wyczerpywalności pewnych zasobów naturalnych. Może on jednak stanowić punkt wyjścia do dalszych rozważań.

Bibliografia

- Ding, N., Field, B.C., 2005, *Natural resource abundance and economic growth*, Land Economics vol. 81, s. 496–502.
- Gylfason, T., 2001, *Natural resources, education and economic development*, European Economic Review vol. 45, s. 847–859.
- Mauro, P., 1995, *Corruption and growth*, Quarterly Journal of Economics vol. 110, s. 681–712.
- Romer, D., 2000, *Makroekonomia dla zaawansowanych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Sachs, J., Warner, A., 1995, *Natural resource Abundance and Economic Growth*, NBER, Working Paper No. 5398.
- Sachs, J., Warner, A., 1997, *Sources of slow growth in African economies*, Journal of African Economies vol. 6, No. 3, s. 335–376.
- Sachs, J., Warner, A., 2001, *Natural resources and economic development: the curse of natural resources*, European Economic Review vol. 45, s. 827–838.
- Sala-i-Martin, X., 1997, *I just ran two million regressions*, American Economic Review vol. 87, s. 178–183.
- Stijns, J.P.C., 2005, *Natural resource abundance and economic growth revisited*, Resources Policy vol. 30, s. 107–130.
- Stijns, J.P.C., 2006, *Natural resource abundance and human capital accumulation*, World Development vol. 34, s. 1060–1083.

NATURAL RESOURCES, TECHNOLOGICAL PROGRESS AND LONG-RUN GROWTH

Summary: Empirical studies show ambiguous direction of causality between natural resources abundance and production *per capita* growth rate. Theoretical justifications for such results lead to the conclusion that a lower level of technological progress in the mining sector is responsible for reduction of the long-run growth rate of the whole economy. This fact is even more evident in economies where natural resources extraction delivers a large part of total production.

The aim of this paper is to provide a theoretical explanation, through economic growth model, for empirical findings related to the relationship between natural resources abundance and growth. The constructed model is analyzed and simulations are made to test if it actually meets the required properties.