

Branża biotechnologii – globalne tendencje i perspektywy strategiczne dla polskich firm

Krzysztof Klincewicz

Autor artykułu omawia globalne tendencje i perspektywy strategiczne dla polskich przedsiębiorstw branży biotechnologicznej, prezentując charakterystykę biotechnologii oraz role uczelni, publicznych instytutów badawczych, koncernów farmaceutycznych, specjalistycznych firm biotechnologicznych i rządu w rozwoju sektora. W oparciu o badania literaturowe autor przeprowadził analizę przyjmowanych przez firmy w tej branży strategii, proponując typologię możliwych modeli biznesowych dla nowopowstających spółek. Artykuł zawiera rekomendacje opcji strategicznych wydających się najlepiej wspierać rozwój polskich uczestników rynku: działalności w obszarach bioodpowiedników, platform technologicznych oraz specjalistycznych, opartych na wiedzy usług.

1. Wstęp

Rozwój rynku ochrony zdrowia jest bezpośrednio związany z funkcjonowaniem lokalnej branży farmaceutycznej. Jej przemiany wraz z pojawieniem się biotechnologii stanowią z kolei wyzwanie dla tradycyjnych przedsiębiorstw farmaceutycznych, jak również szanse dla nowych firm i instytucji badawczych. Niniejszy artykuł wyjaśni specyfikę biotechnologii w ujęciu technologiczno-biznesowym, wskazując na znaczenie współpracy pomiędzy poszczególnymi podmiotami w sektorze oraz źródła przewagi konkurencyjnej. Zaprezentowana typologia strategii firm działających na rynku biotechnologicznym ułatwi ocenę perspektyw rozwoju polskich przedsiębiorstw oraz umożliwi dokonywanie świadomych wyborów odpowiednich kierunków strategicznych.

Globalny rynek biotechnologii osiągnął w 2002 roku wartość ponad 77 miliardów dolarów, charakteryzując się znaczącą dynamiką wzrostu (Datamonitor 2003a: 3), podczas gdy polski sektor biotechnologii generuje około 100 milionów dolarów rocznych przychodów (MNiI 2003), stanowiąc 0,13% rynku globalnego. Dwie najstarsze spółki biotechnologiczne, Amgen i Genentech, wspólnie utrzymywały ponad 10% udziałów w rynku, osiągając w 2002 roku przychody odpowiednio na poziomie 2,3 i 5,5 miliardów dolarów (Datamonitor 2003a: 12). Ich europejscy odpowiednicy byli znacznie mniejsi, a spośród krajów kontynentu jedynie rynki Wielkiej Brytanii, Niemiec, Francji i Szwajcarii odgrywały

znaczącą rolę w międzynarodowych statystykach (Datamonitor 2003b: 11). Europejski sektor biotechnologii obejmuje prawie 1 900 firm, w tym 102 spółki giełdowe, łącznie zatrudniając ponad 82 000 pracowników (Ernst & Young 2003: 2). Większość firm biotechnologicznych ulokowanych jest w regionalnych skupiskach wokół znaczących uczelni lub koncernów farmaceutycznych – najważniejsze europejskie klastry biotechnologiczne to angielski Cambridge, niemiecki Heidelberg, szwedzka Upsala i francusko-niemiecko-szwajcarska Biovalley (Chiaroni, Chiesa 2006).

Dla krajów członkowskich OECD nadal brakuje porównywalnych, szczegółowych danych statystycznych, dotyczących rozwoju biotechnologii (Beuzekom 2004), zaś Unia Europejska dopiero rozpoczęła wprowadzanie ujednoczonego systemu raportowania inwestycji i innowacji w tym obszarze. Dostępne dane pozwalają przypuszczać, że polskie przedsiębiorstwa odgrywają obecnie znikomą rolę na globalnym i regionalnym rynku. Pierwszy polski lek biotechnologiczny to Gensulin, rekombinowana insulina, oferowana przez firmę Bioton – ale oryginalna metoda otrzymywania tego specyfiku została wypracowana w Stanach Zjednoczonych już w 1978 roku. Polska w 1992 znowelizowała ustawę o wynalazczości, umożliwiając patentowanie związków chemicznych, środków farmaceutycznych i mikroorganizmów, do dzisiaj jednak liczba krajowych zgłoszeń patentowych związanych z biotechnologiami jest niewielka, a kilkadziesiąt funkcjonujących w Polsce podmiotów farmaceutycznych i biotechnologicznych to firmy rozdrobnione i skoncentrowane na względnie mało innowacyjnej produkcji (MNiI 2003).

Zgodnie z analizami Ministerstwa Nauki i Informatyzacji, rocznie polskie uczelnie opuszcza około 1 700 absolwentów kierunku biotechnologia wykładowego na 21 uczelniach wyższych, podczas gdy pojawia się jedynie minimalna liczba dedykowanych ofert pracy, co sugeruje ograniczony rozwój sektora (MNiI 2003). Pod względem liczby publikacji biotechnologicznych zarejestrowanych w bazie Compendex, Polska zajmowała w 1999 roku 20 miejsce na świecie (Porter, Rossner 2002: 7), nieznacznie wyprzedzając Singapur (postrzegany jako obiecujące centrum biotechnologii) oraz pozostałe kraje Europy Środkowo-Wschodniej, pozostając jednak znacznie w tyle za wiodącymi gospodarkami zachodnimi. Wybitne autorytety w obszarze biochemii i biologii molekularnej, jak choćby Wacław Szybalski i Piotr Chomczyński, prowadzą działalność naukową i uczestniczą w komercjalizacji technologii w Stanach Zjednoczonych, a decyzje o emigracji podejmują co roku kolejni adepci omawianej dyscypliny. Przeciętne wynagrodzenie polskich pracowników sektora biotech jest kilkakrotnie niższe niż płace w firmach indyjskich (Rynek Chemiczny 2003; Economist 2005b) – paradoksalnie, ta dysproporcja płac stwarza możliwości rozwoju polskiej branży biotechnologii pod warunkiem przyjęcia przez firmy odpowiednich strategii, pozwalających na wykorzystanie lokalnych przewag kosztowych i łatwej dostępności wykwalifikowanych pracowników.

Chociaż biotechnologie zostały uznane w dokumentach rządowych za strategiczny obszar polskiej gospodarki, rządowe analizy i plany rozwoju branży nie

wydają się wynikać z dogłębnego zrozumienia ich specyfiki, dostępnych modeli biznesowych, obecnych i możliwych do zbudowania kompetencji czy konkurencyjnych przewag rodzimych naukowców, przez co podejmowane dotąd próby sterowania jej wzrostem są ograniczone zarówno w porównaniu z krajami zachodnimi, jak również z rozwijającymi się gospodarkami azjatyckimi. Niniejszy artykuł pokaże mnogość opcji strategicznych dostępnych dla firm biotechnologicznych, podkreślając możliwości dynamicznego rozwoju sektora przez optymalizację nawet niewielkich inwestycji, a jednocześnie oferując wskazówki dla tworzonych firm i polityk rządowych. Artykuł opiera się na badaniach literaturowych i studiach przypadków zagranicznych i polskich firm biotechnologicznych.

2. Charakterystyka biotechnologii i ich komercyjnych zastosowań

Biotechnologie to zastosowanie procesów biologicznych do projektowania i budowy produktów technologicznych (Viardot 2004: 17–18). Omawiany termin nie dotyczy pojedynczej innowacyjnej technologii – opisuje raczej hybrydę dyscyplin naukowych oraz długofalowe przemiany różnych obszarów wiedzy i praktyk (Pisano 2002: 347). Analizy bibliometryczne wskazują, że wśród różnorodnych obszarów tematycznych biotechnologii, dominujące pozycje zajmują publikacje związane z inżynierią genetyczną i farmakologią (Dalpé 2002: 202). W branży biotechnologicznej strategię firm są bezpośrednio oparte na osiągnięciach naukowych, a nowe odkrycia badaczy wpływają na ofertę produktową uczestników rynku (*science-based industry*).

Źródłem rewolucji biotechnologicznej stało się kilka odkryć naukowych, posiadających istotne implikacje przemysłowe. W 1973 roku Herbert Boyer i Stanley Cohen odkryli rDNA (*recombinant DNA*) – technikę, pozwalającą na transfer genów z jednego organizmu do komórek innego, a przez to produkcję w warunkach laboratoryjnych dużych ilości pożądanego białka. Dwa lata później Brytyjczycy Georges Kohler i Cesar Millstein wyprodukowali przeciwciała monoklonalne (*monoclonal antibodies, mAb*) przy zastosowaniu metody umożliwiającej z kolei otrzymywanie praktycznie nieograniczonych ilości przeciwciał o określonych cechach. W kolejnych latach stworzono też teoretyczne podstawy terapii genowej (opartej na identyfikacji uszkodzonego genu i jego naprawie przez dostarczanie komórek ze zdrowymi genetycznie odpowiednikami – alternatywnej metodzie leczenia, skuteczniejszej i znacząco tańszej niż długotrwałe stosowanie leków), chemii kombinatorycznej (umożliwiającej fizyczną rekombinację „modułów” organicznych bez odwoływania się do tradycyjnych metod syntezy w chemii organicznej) oraz wysokosprawnego przesiewowego badania kandydatów na leki (*high throughput screening, HTS* – pozwalającego zautomatyzować i znacznie przyspieszyć procesy poszukiwania leków) (Pisano 2002: 355–357).

Tradycyjnie, odkrycia leków były wynikiem długotrwałych analiz naturalnych substancji i poszukiwania środków przynoszących pożądane efekty. Zgodnie ze

statystykami branży farmaceutycznej tylko około 0,1% potencjalnych leków zostaje po przejściu analiz *in vitro* zatwierdzonych do dalszych testów klinicznych, a same testy kliniczne pochłaniają co najmniej 75% budżetu na rozwój danego leku (Bergeron, Chan 2004: 13). Nieoczekiwane efekty uboczne, ujawniające się często dopiero w ostatniej fazie testów klinicznych, mają poważne negatywne konsekwencje finansowe dla firm farmaceutycznych.

Metody biotechnologiczne umożliwiają lepszą kontrolę nad opisanym powyżej procesem. Podstawową korzyścią biotechnologii jest możliwość „racjonalnego projektowania” pożądanych substancji (*rational drug design*) w oparciu o znajomość biochemicznej specyfiki chorób i struktury molekularnej związków chemicznych (Pisano 2002: 354–355). Odwrócenie kolejności procesu badawczego i ukierunkowanie poszukiwań na precyzyjnie zdefiniowany w kategoriach biochemicznych cel stwarza perspektywę istotnych oszczędności, redukując ryzyko i czas rozwoju nowych leków.

Drugą popularną metodą badawczą jest projektowanie leków w oparciu o kombinatorykę (*combinatorial drug design*) – wykorzystywanie mocy przetwórczej komputerów i zautomatyzowanych linii testowych do tworzenia obszernych „bibliotek” syntetycznych odmian substancji, z których następnie selekcjonowane są leki-kandydaci (Bergeron, Chan 2004: 15). W tym przypadku działania celowe zastąpione zostają metodami probabilistycznymi, kompleksową analizą różnorodnych biotechnologicznych modyfikacji i ich możliwych zastosowań.

Procesy racjonalnego i kombinatorycznego projektowania leków pozostają jedynie idealnymi, podręcznikowymi przykładami – nie istnieje jeszcze żaden lek wytworzony wyłącznie przy ich pomocy, a firmy nadal doskonałą specjalistyczne oprogramowanie komputerowe i biblioteki syntetycznych substancji (Bergeron, Chan 2004: 15). Komercyjny fenomen biotechnologii rozpoczął się jednak wraz z założeniem w 1976 roku przez odkrywców rDNA firmy Genentech – metoda rDNA oferowała oczywiste korzyści biznesowe, pozwalając na laboratoryjną produkcję białek dla celów leczniczych. W dwa lata później Genentech zsyntetyzował hormon insulinę (niezbędny w leczeniu cukrzycy) i podpisał umowę na wyłączność sprzedaży leku z firmą farmaceutyczną Eli Lilly, która po przejściu procesów zatwierdzeń, w 1982 roku wprowadziła na rynek Humulin, pierwszy lek biotechnologiczny (Eli Lilly była wcześniej głównym dostawcą otrzymywanej metodami naturalnymi insuliny). Komercyjny sukces Genentechu stymulował tworzenie i rozwój podobnych spółek, a sama firma rozpoczęła samodzielnie docierać do końcowych użytkowników leków, w 1985 roku wprowadzając własny produkt Protropin, syntetyczny hormon wzrostu. Obecnie metody biotechnologiczne stosuje się w produkcji antybiotyków, witamin, złożonych enzymów i hormonów, a najbardziej znanymi przykładami pozostają insulina i interferony (Viardot 2004: 18). Stopniowo wygasają też patenty najlepiej sprzedających się leków biotechnologicznych, co stwarza okazję do rozwoju rynku ich tanich odpowiedników i szanse na udział w nim mniejszych firm, nie posiadających środków na B&R, pozwalających na samodzielne poszukiwania nowych leków.

Spółki biotechnologiczne interesują się także coraz bardziej złożonymi, „spersonalizowanymi” lekami, przeznaczonymi dla osób cierpiących na określoną chorobę i jednocześnie wykazujących specyficzne cechy genetyczne – dogłębną segmentacja rynku pozwala tworzyć bardziej skuteczne leki, jak choćby Herceptin Genentechu, przeznaczony dla pacjentek z rakiem piersi, wykazujących nadmiar białka HER-2 (Pisano 2002: 366). Strategie niszwowe są obiecujące także dzięki możliwości uzyskania dla niektórych środków statusu tzw. leków sierocych (*orphan drugs*) – jeśli ich rozwój i produkcja nie są opłacalne ze względu na wielkość populacji cierpiącej na leczone schorzenia, firmy mogą korzystać z dodatkowego wsparcia rządowego.

Popularne obszary medycznych biotechnologii to również:

- inżynieria tkanek, pozwalająca na regenerację organów (Klefenz 2002: 50),
- klonowanie organizmów, po raz pierwszy przeprowadzone w 1996 roku, do dziś stanowiące przedmiot burzliwej debaty publicznej w wielu krajach,
- bionanotechnologie, umożliwiające modyfikację właściwości substancji przez manipulację na poziomie pojedynczych atomów i przeprojektowywanie „biomolekularnej maszynerii komórek”, tak by pracowały w pożądanym sposób (Goodsell 2004: 4–5),
- tworzenie biologicznych mikrochipów, wspierających diagnostykę chorób (Klefenz 2002: 62).

Biotechnologie znajdują również zastosowania poza tradycyjną domeną medycyny, przykładowo przy wytwarzaniu piwa, wina, sera i chleba (Viardot 2004: 18). Monsanto Corporation, zajmująca się przetwórstwem rolno-spożywczym, jest prawdopodobnie największą firmą biotechnologiczną, a zarazem jednym z pierwszych dostawców genetycznie modyfikowanej żywności. Obok podnoszenia wydajności plonów i ich odporności na zróżnicowane warunki naturalne, biotechnologie pozwalają także oczyszczać pokarmy takie jak np. orzeszki ziemne z alergenów (Exxell 2003).

Rozwój biotechnologii nie byłby możliwy bez równoczesnego doskonalenia zastosowań komputerów do celów badawczych – bioinformatyki. Specjalistyczne oprogramowanie pozwala na systematyzację procesów poszukiwania kandydatów leku, symulację procesów, przewidywanie funkcji i struktury genów lub sekwencji białek (Klefenz 2002: 146). Dostęp do specjalistycznych baz w formie elektronicznej umożliwia dodatkowo syntezę wiedzy i wyników badań z różnych źródeł oraz weryfikowanie hipotez badawczych przy użyciu metod predykcyjnych, zamiast projektowania i przeprowadzania własnych eksperymentów (Bergeron, Chan 2004: 33). Paradoksalnie, zastosowanie komputerów w metodach takich jak wymieniane wcześniej wysokosprawne przesiewowe badanie kandydatów na leki (*HTS*) ogranicza zapotrzebowanie na osoby, posiadające specjalistyczną wiedzę medyczną i biologiczną (Klefenz 2002: 117).

Wymierny dowód korzyści z zastosowania komputerów do badań biotechnologicznych oferuje Projekt Poznania Ludzkiego Genomu (*Human Genome Project, HUGO*) – dokumentacja poszczególnych genów rozpoczęta przez publiczne instytuty badawcze w 1990 roku. W 1998 roku firma Celera Genomics

włączyła się do procesu opisywania genomu jako podmiot prywatny, licząc na korzyści z opatentowania przyszłych odkryć. Korzystając z sieci 800 komputerów i specjalnego programu do sekwencjonowania genów, Celera radykalnie zwiększyła prędkość analiz i gromadzenie informacji o ludzkim materiale genetycznym ukończono po dwóch latach, na 5 lat przed pierwotnie planowanym zakończeniem projektu finansowanego ze środków publicznych (Bergeron, Chan 2004: 32).

Działalność na rynku biotechnologii wiąże się ze znaczącym ryzykiem. Nowy lek to przykład *dobra informacyjnego*, którego stworzenie wymaga potężnych nakładów finansowych, tania jest za to dalsza reprodukcja (Shapiro, Varian 1999: 3). Rachunek ekonomiczny nie oferuje więc jednoznacznych wskazówek dotyczących poziomu ceny wprowadzanego na rynek medykamentu. Procedury testów klinicznych i zatwierdzeń przez organy regulujące rynek farmaceutyczny są kosztowne i długotrwałe – firmy nie mogą samodzielnie kształtować swojej strategii produktowej. Nakłady na badania i rozwój mogą być dodatkowo zaprzepaszczone, w przypadku gdy konkurent uprzedzi firmę w rejestracji patentu i leku lub gdy ochrona własności intelektualnej okaże się niewystarczająca.

Specyfik może okazać się nieskuteczny – jak lek Antril stworzony przez firmę Synergen, która w wyniku jego negatywnej oceny straciła ponad 90% wartości rynkowej i została przejęta przez głównego konkurenta Amgen (Viardot 2004: 99). Terapia genowej, stosowana w leczeniu zespołu ciężkiego złożonego niedoboru odporności (*severe combined immunodeficiency, SCID*), mimo obiecujących początkowych efektów, wywołała masowe zgony większości pacjentów w latach 90. (Bergeron, Chan 2004: 90) i wzmogła obawy przed biotechnologiami, utrzymujące się niezależnie od późniejszego udoskonalenia technik terapii genowej SCID.

Wprowadzone na rynek środki wzbudzają często krytykę określonych grup nacisku. Przykładowo, holenderski producent pokarmów dla dzieci Nutricia wspólnie z GenPharm International przygotował genetycznie zmodyfikowane mleko krowie, zawierające zwiększoną dawkę podnoszącej odporność organizmu laktoferyny, jednak organizacje ochrony zwierząt skłoniły rząd holenderski do wycofania wcześniejszego poparcia dla projektu, a nawet do wprowadzenia zakazu komercjalizacji produktu, co przyniosło potężne straty dla Nutricii i zniechęciło lokalne firmy do dalszych inwestycji w biotechnologie (Kotler, Armstrong 1999: 152). Jeszcze więcej kontrowersji dotyczy organizmów modyfikowanych genetycznie, klonowania oraz badań komórek macierzystych. W Stanach Zjednoczonych te ostatnie nie mogą być finansowane ze środków publicznych, pozostając domeną nielicznych inwestorów prywatnych, takich jak Geron Corporation lub Advanced Cell Technologies, podczas gdy wiele krajów całkowicie wykluczyło możliwość ich prowadzenia.

Biotechnologie stwarzają również potencjalną groźbę wykorzystania nauki do celów zagrażających przetrwaniu ludzkiego gatunku. Bakterie genetycznie odporne na szczepionki i antybiotyki mogą stanowić o wiele groźniejsze od dotychczasowych formy broni mikrobiologicznej (Cole 1996). Leki mogą mieć

nie tylko skutki uboczne, ale też alternatywne zastosowania – od działania psychotropowego po doping, jak w przypadku EPO (białka erytropoetyna, pod zastrzeżoną nazwą Epogen), wprowadzonego na rynek w 1985 roku przez Amgen i stosowanego nielegalnie jako jedna z najpopularniejszych środków wspomagających sportowców (Zorpette 2000).

3. System innowacji w sektorze biotechnologii

Sektory gospodarki są tradycyjnym obiektem analiz ekonomistów i badaczy zarządzania technologiami (por. Malerba 2002; Carlsson, Jacobsson 2002). Sektorowy system innowacji i produkcji (*sectoral system of innovation and production, SSI*) definiowany jest jako zespół aktorów, pomiędzy którymi dochodzi do rynkowych i pozarynkowych interakcji, doprowadzających do wytwarzania i sprzedaży określonych produktów (Malerba 2002: 250). Analizy SSI przywiązują szczególną wagę do powiązań instytucjonalnych – w tym relacji z organizacjami niekomercyjnymi, takimi jak uczelnie i publiczne instytuty badawcze, organy rządowe i grupy interesów – oraz do specyficznych procesów tworzenia wiedzy i uczenia się, które przebiegają w tych międzyorganizacyjnych sieciach (Malerba 2002: 250). Analiza w oparciu o model SSI jest szczególnie przydatna w przypadku biotechnologii – sektora, w którym istotną rolę odgrywają instytucje pozarynkowe, uczelnie i rządy, a uczestniczące w nim firmy prywatne obejmują nie tylko innowacyjne spółki biotechnologiczne, ale też działające w oparciu o odmienną orientację strategiczną koncerny farmaceutyczne. Przedstawiona w dalszej części artykułu analiza istoty ich wzajemnych relacji ułatwi zrozumienie specyfiki branżowej i uwarunkowań rozwoju strategii firm.

3.1. Uczelnie i publiczne instytuty badawcze

Rozwój biotechnologii opiera się na sieciach zależności pomiędzy przemysłem i placówkami akademickimi. Uczelnie i instytuty badawcze dostarczają wiedzę naukową i unikalne zasoby, podczas gdy firmy korzystają z doświadczeń pracowników naukowych i rezultatów badań (Liebeskind, Oliver 1999: 432). Osiągnięcia biotechnologicznych badań podstawowych są często bezpośrednio komercjalizowane w postaci nowych produktów, w innych przypadkach odkrycia laboratoryjne pozwalają firmom ukierunkować własne programy badawczo-rozwojowe. Analiza patentów rejestrowanych przez amerykańskie giełdowe spółki biotechnologiczne pokazała, że ponad 70% referencji cytowanych w patentach to artykuły naukowe tworzone przez publiczne instytuty badawcze (McMillan, Narin 2000: 5). Wiedza akademicka ma więc ogromne znaczenie w rozwoju tego sektora, w przeciwieństwie do niektórych branż zaawansowanych technologii, jak choćby informatyki, w której istnieje wyraźna odrębność obszarów zainteresowań badaczy naukowych i praktyków. W wielu systemach edukacyjno-badawczych istnieje utrwalony w świadomości ich uczestników podział na publiczną i prywatną produkcję wiedzy, odrębne domeny naukowców i wynalazców, podczas gdy w biotechnologiach ich granice są zatarte, a każde

odkrycie naukowe ma bezpośrednie implikacje medyczne i przemysłowe (Lehrer, Asakawa 2004: 57–58).

Amerykańskie uczelnie pokrywają znaczącą część nakładów na badania biotechnologiczne ze środków własnych – ale jednocześnie osiągają istotne przychody z rejestrowanych patentów. Przykładowo, najbardziej dochodowym wynalazkiem Uniwersytetu Columbia była technika kotransformacji, stosowana w rDNA, opracowana w latach 70. przez późniejszego laureata Nagrody Nobla Richarda Axela i opatentowana w 1983 roku. Przychody Columbii z licencjonowania „patentów Axela” dochodziły rocznie do poziomu 100 milionów dolarów, dopóki ich ochrona patentowa nie wygasła w 2000 roku. Udział uniwersytetów w Stanach Zjednoczonych w komercyjnym rynku biotechnologii wiąże się z uchwaleniem w 1980 roku ustawy Bayh-Dole, gwarantującej prywatnym placówkom możliwość zachowania intelektualnych praw własności do wynalazków, których badania były dofinansowywane ze środków publicznych. Akt prawny okazał się silną motywacją do komercjalizacji i transferu technologii uniwersyteckich, a aktywność amerykańskich uczelni pozostaje do dzisiaj nieodścignionym wzorem dla innych krajów.

Spółki biotechnologiczne chętnie dofinansowują badania prowadzone przez uczelnie, a także zatrudniają badaczy uniwersyteckich. Analiza rozwoju karier założycieli nowych firm biotechnologicznych z początku lat 90-tych pokazała, że około 50% spośród nich przeszło do branży z placówek akademickich, a znaczna część kontynuowała równocześnie pracę na macierzystych uczelniach (Audretsch, Stephan 1999: 103–104). W ostatnim dziesięcioleciu wypracowano też innowacyjne modele współpracy pomiędzy uczelniami i sektorem prywatnym w oparciu o doświadczenia Uniwersytetu Berkeley i firmy Novartis z 1996 roku: zgodnie z umową partnerską Novartis finansował w znaczącym stopniu badania uczelni, otrzymując prawo pierwszeństwa zakupu na komercyjnych warunkach wynalazków, wytworzonych w wyniku tych badań (Evenson 2002: 371), zmniejszając tym samym ryzyko działalności uniwersytetu i motywując do bardziej ambitnych przedsięwzięć badawczych.

3.2. Firmy farmaceutyczne

W latach 80. rozwój biotechnologii zaczął podważać znaczenie istniejącej bazy kompetencji firm farmaceutycznych, zmuszając je do tworzenia aliansów strategicznych z wyspecjalizowanymi mniejszymi spółkami oraz do inwestycji we własne badania w nowym obszarze (Liebeskind, Oliver 1999: 428–429). Biotechnologie są jednak przykładem radykalnej innowacji, która nie niszczy istniejącego rynku i graczy rynkowych, jedynie uzupełniając ich ofertę i pozwalając na współegzystowanie różnych generacji technologii stosowanych do produkcji leków (Rothaermel 2001: 1235–1236).

Początkowo istniała wyraźna różnica kultur organizacyjnych i podejść badawczych pomiędzy tradycyjnymi koncernami i dynamicznymi spółkami biotechnologicznymi – duże firmy farmaceutyczne w przeszłości nie zachęcały swoich pracowników do publikowania artykułów naukowych, preferując tworzenie wie-

dzy do wyłącznie wewnętrznego użytku, nie miały one też doświadczeń z uczestnictwem w sieciach aliansów, internalizując najważniejsze elementy procesów badawczo-rozwojowych (Liebeskind, Oliver 1999: 440), a wewnętrzna organizacja i metody pracy pionów B&R przypominały tradycyjne, zbiurokratyzowane wydziały uniwersyteckie (Lim 2004: 290–291). Koncerny farmaceutyczne mogły jednak wykorzystać własne przewagi w obszarach marketingu i sprzedaży, szczególnie sieci handlowców i dystrybutorów, umożliwiające szybkie i relatywnie tanie wprowadzenie na rynek nowych produktów – na inwestycje w tych obszarach nie mogły z kolei pozwolić sobie innowacyjne spółki biotechnologiczne, decydując się raczej na licencjonowanie i sprzedaż wynalazków pod markami największych graczy rynkowych. Outsourcing procesów badawczo-rozwojowych i alianse strategiczne z wyspecjalizowanymi spółkami pozwoliły koncernom farmaceutycznym zdobyć udział w rodzącym się rynku biotechnologii (por. analiza decyzji firm farmaceutycznych o wewnętrznym rozwoju produktów lub zleceniu projektów badawczych zewnętrznym partnerom, Pisano 1990), a jednocześnie w długim okresie zbudować własne kompetencje i dokonać strategicznej reorientacji (Pisano 2002: 359).

Branża farmaceutyczna charakteryzuje się obecnie największą aktywnością w tworzeniu aliansów strategicznych spośród wszystkich przemysłów (Hagedoorn 2002: 484), a branżowe sieci powiązań są silnie zinternacjonalizowane, niezależne od granic i fizycznych lokalizacji firm (Hagedoorn 2002: 488). Firma biotechnologiczna miała na początku lat 90. średnio około 10 formalnych partnerów (Powell, Koput 1996: 134), jednak zgodnie ze słowami prezesa jednej z firm był to jedynie „wierzchołek góry lodowej”, nie uwzględniający licznych przypadków nieformalnej współpracy i małych projektów badawczych, formalizowanych dopiero w obliczu widocznych postępów i perspektyw komercjalizacji ich wyników (Powell, Koput 1996: 120). Koncerny farmaceutyczne odgrywają obecnie w biotechnologiach rolę analogiczną do Microsoftu na rynku informatycznym, funkcjonując jako centralne ośrodki w sieciach aliansów i oddziałując na strategię produktowe mniejszych graczy (Gulati, Gargiulo 1999: 1478).

W drugiej połowie lat 90. zakończył się okres budowy kompetencji w obszarze biotechnologii przez firmy farmaceutyczne. Nie potrzebują one już pomocy mniejszych wyspecjalizowanych spółek (Senker, Sharp 1997: 49), co najwyżej wykorzystując alianse i akwizycje do nabycia gotowych do wprowadzania na rynek produktów. Mimo rewolucji biotechnologicznej w farmakologii, firmy farmaceutyczne utrzymują swoje tradycyjne pozycje rynkowe, a do grona największych graczy rynkowych nie udało się dołączyć żadnej firmie biotechnologicznej (Gans, Stern 2003: 343). W 2004 roku, około 30% przychodów wielkich firm farmaceutycznych pochodziła z leków, które zostały zakupione od małych firm biotechnologicznych, a globalna wartość zawartych aliansów biotechnologicznych wynosiła 11 miliardów dolarów (Red Herring 2005: 7).

3.3. Firmy biotechnologiczne

Nowe przedsięwzięcia na rynku biotechnologii były początkowo tworzone w celu praktycznego wykorzystania i komercjalizacji konkretnych odkryć naukowych – były zorientowane na ściśle określoną działalność badawczo-rozwojową, nie miały długookresowych celów strategicznych, a ich menedżerowie zwykle przewidywali przyszłą sprzedaż biznesu dużym firmom farmaceutycznym (Arora, Gambardella 1990: 362). Opisywane wcześniej spektakularne sukcesy rynkowe Genentechu oraz stworzenie przez Amgen leku Epogen zademonstrowały jednak korzyści z samodzielnej sprzedaży leków typu *blockbuster* (szczególnie dochodowych i popularnych leków, adresowanych do rynku masowego) i skłoniły wiele firm do podjęcia prób konkurowania z koncernami farmaceutycznymi. Samodzielne opracowanie leku to jednak wydatek rzędu 250 milionów dolarów, wymagający 10–12 lat prac badawczych oraz dodatkowych inwestycji marketingowych przy jego wprowadzaniu na rynek (Senker, Sharp 1997: 37). W celu dywersyfikacji ryzyka, spółki biotechnologiczne stopniowo ewoluowały w kierunku przedsiębiorstw wieloproduktowych, samodzielnie sprzedających własne leki, konkurujących i zorganizowanych w sposób analogiczny do tradycyjnych koncernów farmaceutycznych. Przykładowo, w 2002 roku Amgen wprowadził na rynek 4 nowe leki, a w 2004 roku dokonał wartej ponad miliard dolarów akwizycji firmy Tularik dla zwiększenia możliwości tworzenia nowych leków.

Nie wszyscy uczestnicy rynku mieli jednak takie same możliwości jak najstarsi i najwięksi specjaliści. W latach 2000–2001 rynek kapitałowy zweryfikował wycenę spółek zaawansowanych technologii, co doprowadziło do narodzin drugiego pokolenia firm biotechnologicznych: w obliczu ograniczonych możliwości zdobywania funduszy porzuciły one plany budowy firm wieloproduktowych, koncentrując się na ściśle określonych niszach (Bergeron, Chan 2004: 73). Jednocześnie spadła liczba nowych produktów biotechnologii i wzrosło ryzyko pojedynczych projektów badawczo-rozwojowych, w wyniku czego firmy biotechnologiczne odchodzą od prowadzonych na wielką skalę poszukiwań radykalnych innowacji i reorientują swoje strategie badawcze w kierunku systematyzacji wiedzy i stopniowego jej uzupełniania. Coraz większe znaczenie odgrywają też innowacje procesowe, racjonalizacja procesów laboratoryjnych przez tworzenie biotechnologicznych „zestawów do wielokrotnego użytku”, platform technologicznych i dedykowanych rozwiązań informatycznych (Casper, Whitley 2002: 10).

Istotnym źródłem przewagi konkurencyjnej małych firm biotechnologicznych jest własność intelektualna, która podlega restrykcyjnej ochronie w większości krajów. Dzięki sprawnie funkcjonującym systemom patentowym w omawianym obszarze, nawet najmniejsi gracze stają się poważnymi partnerami w negocjacjach dla wielkich koncernów farmaceutycznych, które nie mogą uniknąć współpracy i samodzielnie produkować odpowiedników ich rozwiązań.

Patentowalność odkryć biotechnologicznych jest jednak często krytykowana jako szkodliwa dla społeczeństwa. Obecnie w Stanach Zjednoczonych możliwe

jest patentowanie genów oraz żywych wielokomórkowych organizmów, a kontrola kluczowych patentów ogranicza perspektywy zwalczania niektórych chorób i podnosi koszty terapii. Przykładowo, firma Myriad Genetics posiada patent na dwa geny wywołujące raka piersi, osiągając znaczące przychody z licencji udzielanych producentom testów wykrywających genetyczne predyspozycje do rozwoju tej choroby (Bergeron, Chan 2004: 75), a Human Genomics Services kontroluje patent na receptor CCR5, odgrywający kluczową rolę podczas ataku organizmu przez wirus HIV, udzielając kosztownych licencji na jego „użycie” w procesach poszukiwania leków przez inne firmy (Bergeron, Chan 2004: 75–76). Głośna publikacja czasopisma „Science” z 1998 roku zarzucała firmom biotechnologicznym sprywatyzowanie publicznej dotychczas wiedzy medycznej, które ogranicza innowacyjność w obszarze ratowania ludzkiego życia (Heller, Eisenberg 1998: 698). Perspektywy wystąpienia pandemii ptasiej grypy uświadomiły realne zagrożenia obecnego modelu ochrony praw własności w branży farmaceutycznej pojawiające się, gdy firma kontrolująca odpowiednie patenty nie jest w stanie sprostać zapotrzebowaniu rynku, a instytucje rządowe nie mogą zmusić jej do udzielenia licencji na produkcję innym podmiotom. Rozpoczyna się też dyskusja nad możliwościami stosowania modelu *open source* i uwolnienia praw własności intelektualnej do odkryć biotechnologicznych w sposób analogiczny do kodu programów komputerowych (Hope 2004), co mogłoby podważyć działalność wielu wyspecjalizowanych firm, jednocześnie tworząc jednak perspektywy rozwoju dla nowych uczestników rynku.

W obszarze biotechnologii, poszukującej syntetycznych odpowiedników naturalnych substancji lub środków o jasno sprecyzowanych charakterystykach biochemicznych, patenty stanowią jedynie pozorną ochronę. Genentech w 1985 roku zatwierdził produkt Protropin, biosyntetyczny hormon wzrostu, odpowiadający ludzkiemu, lecz rok później Eli Lilly wprowadziła na rynek konkurencyjny produkt Humantrope, różniący się nieznacznie składem i metodą otrzymywania, a sprawa sądowa o naruszenie praw własności została przegrana przez Genentech, co zachęciło inne firmy do oferowania własnych odmian tego hormonu (US Congress 1993: 230). Produkty biotechnologiczne konkurują dodatkowo z analogicznymi związkami otrzymywanymi z naturalnych, występujących w przyrodzie substancji. Amgen dokonał syntezy i opatentował otrzymywanie glikoproteiny EPO, podczas gdy Genetics Institute uzyskał równolegle patent na metodę oczyszczania ludzkiego EPO, oferując identyczny produkt końcowy (US Congress 1993: 292).

3.4. Rząd

Rządy krajów europejskich i Japonii dość późno uświadomiły sobie rozmiary przepaści dzielącej lokalne sektory biotechnologiczne od amerykańskich konkurentów i konieczność stworzenia „zinstytucjonalizowanej przedsiębiorczości” wobec braku oddolnych inicjatyw sektora prywatnego (Lehrer, Asakawa 2004: 71). Początkowo jedynie brytyjski rządowy Biotechnology Directorate był efektywnie funkcjonującą instytucją, stymulującą rozwój firm, transfer uniwersyte-

ckich technologii i tworzenie sieci partnerskich; Wielka Brytania pozostaje najlepiej rozwiniętym europejskim rynkiem biotechnologii. W Niemczech, Szwajcarii i Francji duże koncerny farmaceutyczne zmonopolizowały współpracę z uczelniami, preferując jednocześnie alianse z amerykańskimi spółkami biotechnologicznymi (Senker, Sharp 1997: 38). Przykładowo, najwięksi niemieccy uczestnicy rynku, tacy jak Hoechst, Bayer i Siemens, są jednocześnie udziałowcami zagranicznych, głównie amerykańskich, spółek biotechnologicznych, relatywnie niewiele inwestując w rozwój rodzimego sektora (Harding 2002: 475).

Dopiero bezpośrednia interwencja rządów w latach 90. pozwoliła na dynamiczny rozwój lokalnych firm, jednak Europa nadal pozostaje daleko w tyle za Stanami Zjednoczonymi, borykając się z dodatkowym problemem: odpływem najlepiej wykształconych kadr do pracy w amerykańskim sektorze biotechnologicznym (Bergeron, Chan 2004: 239). Polityka rządu niemieckiego jest szczególnie interesującym przykładem wspierania rozwoju rodzimego przemysłu: w latach 90. rozpoczęto dofinansowywanie inicjatyw sektora prywatnego i tworzenia firm przez uczelnie, uciekając się nawet do metod takich jak bezpośrednie dopłaty do rejestrowanych przez niemieckie podmioty patentów w obszarze biotechnologii i konkursy stymulujące konkurencję między poszczególnymi regionami (Lehrer, Asakawa 2004: 65–66). Badania wykazują wyraźne pozytywne skutki tej polityki, jednak niemiecka branża biotechnologii jest nadal słabiej rozwinięta niż krajowe przemysły informatyczny i elektroniczny (Egeln, Gottschalk 2002: 14). Większość firm stanowią spółki małe, zorientowane na systematyzację wiedzy i innowacje procesowe, a nie rozwój nowych produktów terapeutycznych (Lehrer, Asakawa 2004: 66), a publiczne instytuty badawcze dopiero ostatnio rozpoczęły własne badania w omawianym obszarze (Harding 2002: 476).

W latach 90. europejskie giełdy uprościły zasady wprowadzania nowych firm na rynek, ułatwiając małym, zwykle niedochodowym spółkom biotechnologicznym gromadzenie kapitału na przedsięwzięcia badawcze i dopiero wówczas dynamika powstawania nowych firm zaczęła przypominać analogiczne tendencje na rynku amerykańskim (Senker, Sharp 1997: 38). Wspólnota Europejska wprowadziła też jednolitą procedurę zatwierdzania nowych leków, obowiązującą wszystkie kraje członkowskie, co znacząco zmniejszyło koszty komercjalizacji europejskich biotechnologii. Rządy poszczególnych krajów finansują dodatkowo rozwój i bezpłatne upublicznianie specjalistycznych baz informacji genetycznych (Bergeron, Chan 2004: 30), obniżając koszty działalności placówek badawczych i firm.

Działalność badawczo-rozwojowa w obszarze biotechnologii jest równocześnie coraz częściej przenoszona do lokalizacji *offshore*, co ogranicza możliwości rozwoju sektorów w krajach zachodnich, jednak stanowi szansę dla gospodarek krajów rozwijających się. Przykładowo, Uniwersytet Utah przeznaczył przyznany w 1998 roku przez rząd amerykański wielomilionowy grant badawczy na prowadzenie badań biotechnologicznych w Panamie, a nie we własnym kraju, ze względu na znacząco niższe koszty i dostępność wykwalifikowanych pracow-

ników. Stworzone w ten sposób panamskie laboratoria dziś samodzielnie udzielają licencji na opracowane technologie firmom amerykańskim (Labrador 2003: 38–39). Indyjski przemysł farmaceutyczny rozwijał się od lat 70. dzięki ułatwieniom patentowym dla lokalnych przedsiębiorstw, które obecnie – po dostosowaniu lokalnych standardów ochrony praw własności intelektualnej do wymogów międzynarodowych – korzystają ze zdobytych doświadczeń i pozycji rynkowych (Economist 2005b). Chińska branża biotechnologii powstała dopiero w 1998 roku na podstawie decyzji rządu o powołaniu dedykowanych instytutów (Bergeron, Chan 2004: 255), jednak obecnie najzdolniejsi badacze są zatrudniani na warunkach zbliżonych do krajów zachodnich, a dofinansowywane ze środków publicznych parki technologiczne, takie jak dedykowany biotechnologiom Zhangjiang Hi-Tech Park w Szanghaju, przyciągają zachodnie firmy farmaceutyczne, otwierając w nich lokalne centra B&R (Einhorn, Carey 2005: 116). Rząd Singapuru dąży do przekształcenia lokalnej gospodarki w głównego azjatyckiego dostawcę zaawansowanych produktów i usług biotechnologicznych – obok wyjątkowo liberalnego ustawodawstwa (brak ograniczeń w obszarze badań genetycznych), wnosi kapitał do nowo-powstających firm za pośrednictwem rządowych funduszy, zastępujących działające w krajach zachodnich firmy *venture capital* (Lim, Gregory 2004).

Analizy istniejących skupisk firm biotechnologicznych wykazały, że zwykle nie powstają one spontanicznie, a w wyniku świadomej polityki rządowej, obejmującej tworzenie parków technologicznych. Wyjątkami są klastry w San Francisco i Cambridge (rozwijające się oddolnie wokół renomowanych uczelni, przy dużym znaczeniu transferu technologii uniwersyteckich) i *Biovalley* na granicy między Niemcami, Francją i Szwajcarią (ufundowana przez firmę Novartis i funkcjonująca jako jej bezpośrednie zaplecze badawczo-rozwojowe) (Chiaroni, Chiesa 2006). Bezpośrednie zaangażowanie rządu w rozwój sektora biotechnologii jest więc postrzegane jako właściwy kierunek polityki technologicznej nie tylko przez kraje rozwijające się takie jak Chiny czy Singapur, ale też gospodarki zachodnioeuropejskie, a jednocześnie postulowane od lat przez teoretyków ekonomii (Porter 1990: 655–656).

4. Strategie na rynku biotechnologii

Strategie firm biotechnologicznych mogą zostać podzielone na odrębne typy w oparciu o: koncentrację lub dywersyfikację bazy produktowo-kompetencyjnej oraz stopień materializacji wiedzy (oferowanej odpowiednio w postaci produktów końcowych, technologii lub usług). Badania empiryczne w obszarze biotechnologii potwierdziły istnienie znaczących różnic w strategiach i strukturach firm wieloproduktowych i koncentrujących się na określonych niszach (Mangematin, Lamarié 2003). Firmy posiadające zróżnicowane portfolio technologii i kompetencji obsługują szerokie segmenty rynku, ich rozwój zależy od własnej innowacyjności, osiągają one równocześnie niższe od przedsiębiorstw drugiej grupy przychody w przeliczeniu na pracownika, ponosząc znaczące

nakłady na badania i rozwój, finansowane z kapitału, a nie bezpośrednich przychodów (Mangematin, Lamarié 2003: 625–628). Wyspecjalizowane firmy niszowe dążą z kolei do optymalizacji inwestycji badawczych, ograniczając ich skalę, chętnie korzystając z innowacji przyrostowych i wielokrotnie eksploatując wcześniejsze odkrycia dla nowych zastosowań, co poprawia ich zyskowność, jednak spowalnia wzrost i uzależnia od wielkości i dostępności obranego rynku docelowego (Mangematin, Lamarié 2003: 624–628). Inwestorzy finansowi preferują firmy wieloproduktowe, co może wiązać się z dywersyfikacją przez nie ryzyka, większą liczbą aliansów z renomowanymi międzynarodowymi partnerami oraz zatrudnianiem pracowników z kompetencjami menedżerskimi. Firmy niszowe nie uciekają się zwykle do pomocy funduszy *venture capital*, utrzymując ścisłe związki z lokalnymi zespołami akademickimi (Mangematin, Lamarié 2003: 633–634), często funkcjonując też jako podmioty wyodrębnione przez uczelnie w celu transferu technologii. Dywersyfikacja bazy kompetencji i portfolio produktów wiąże się więc ze wzrostem nakładów na B&R oraz marketing, zwiększając jednak samowystarczalność firmy i stwarzając perspektywy rozwoju.

Gromadzona i wytwarzana przez firmy biotechnologiczne wiedza może podlegać komercjalizacji w postaci produktów, przeznaczonych dla użytkowników końcowych (np. leków, testów medycznych i technik terapeutycznych) lub licencjonowanych technologii, adresowanych do innych dostawców na rynku (Gans, Stern 2003: 334). Te odmienne orientacje wymagają zróżnicowanych nakładów na marketing i rozwój kompetencji sprzedażowych. Obsługa masowego rynku klientów indywidualnych jest znacznie bardziej kosztowna niż współpraca z ograniczoną populacją odbiorców-firm farmaceutycznych, która może być w pełni spenetrowana przez dostawcę. Dodatkową opcją jest oferowanie usług, które nie wymagają posiadania własnego gotowego rozwiązania technologicznego, opierając się jedynie na obietnicy transferu wiedzy i na reputacji dostawcy. Przejście od firmy zorientowanej na sprzedaż produktów końcowych w kierunku technologii i usług oznacza zmniejszenie niezbędnych własnych nakładów na B&R, ale też jednoczesne uzależnianie rozwoju od zewnętrznych partnerów. W skrajnym przypadku firmy usługowej zleceniodawcy mogą nawet pokrywać koszty budowy kompetencji firmy, jednak mogą doprowadzić do jej upadku, jeśli wycofają się z dalszej współpracy. Porównanie populacji firm różnych krajów europejskich wskazuje na zróżnicowane preferowane orientacje strategiczne. Przykładowo, w 2002 roku w Wielkiej Brytanii działało 360 spółek farmaceutycznych biotechnologicznych, łącznie pracujących nad 194 nowymi lekami, w Szwajcarii 129 firm przygotowywało 79 leków, podczas gdy 360 przedsiębiorstw niemieckich prowadziło prace jedynie nad 15 lekami, koncentrując wysiłki na innych obszarach (Ernst & Young 2003: 3, 10).

Rysunek 1. prezentuje typologię firm biotechnologicznych, uwzględniającą zaproponowane zmienne i opracowaną w oparciu o analizy studia przypadków przedsiębiorstw-uczestników branży.

		Koszty R&D, budowy kompetencji i marketingu niski poziom -----> wysoki poziom	
		Dywersyfikacja ryzyka	
		Jeden obszar	Wiele obszarów
wysoki poziom	Produkty	<ul style="list-style-type: none"> - Producent <i>blockbuster</i> - Producent leku sierociego 	<ul style="list-style-type: none"> - Farmaceutyczna firma wieloproduktowa - Producent bioodpowiedników
Inwestycje własne	Technologie	<ul style="list-style-type: none"> - Firma rozwijająca jedną technologię - Specjalista od platformy biotechnologicznej (technologia procesowa, narzędzie badawcze, baza wiedzy) 	<ul style="list-style-type: none"> - Fabryka pomysłów - Agent wiedzy - Agregator platform biotechnologicznych (technologie procesowe, narzędzia badawcze, bazy wiedzy) Firma bioinformatyczna
Stopień niezależności od partnerów			
Bliskość końcowego klienta w łańcuchu wartości	Usługi	<ul style="list-style-type: none"> - Usługi doradcze - Outsourcing prac badawczych - Outsourcing prac wspomagających badania / <i>Knowledge Process Outsourcing</i> (testy kliniczne, opracowywanie dokumentacji patentów i leków, analizy baz wiedzy, wdrożenia rozwiązań bioinformatycznych) 	
niski poziom			

Rys. 1. Typologia strategii firm biotechnologicznych. Źródło: opracowanie własne.

Firmy jednoproduktowe są zorientowane na poszukiwanie leków typu *blockbuster*, unikalnych i zapewniających wysokie przychody ze sprzedaży, ale takie przedsięwzięcia obarczone są znaczącym ryzykiem, a po 30 latach rozwoju branży biotechnologicznej możliwości stworzenia przełomowych i doskonale sprzedających się medykamentów są już ograniczone. Interesującym wyjątkiem są jednak firmy zainteresowane **lekami sierocymi** (*orphan drugs*). Podstawy do dynamicznego rozwoju nowych nisz stworzyło ustawodawstwo amerykańskie w 1983 roku, definiując leki sieroce jako dotyczące mniej niż 200 000 pacjentów w skali całego kraju, gdy koszty rozwoju i produkcji leków nie mogą być pokryte przez przyszłe przychody z ich sprzedaży (US Congress 1993: 226). Producenci *orphan drugs* korzystają z wydłużonych okresów ochronnych, wyłączności na produkcję i sprzedaż oraz rozmaitych form pośredniego dofinansowania działalności ze środków publicznych. Jednocześnie ustawowa definicja leków sierocych jest zaskakująco nieostra. Na przykład środki stosowane w terapii AIDS należą do tej grupy mimo wzrostu skali epidemii (US Congress 1993: 226), a lek sierocy AZT firmy GlaxoSmithKline jest dziś masowo stosowany na całym świecie. Obok rozwoju rynku docelowego, producenci środków poszukują też nowych możliwości ich zastosowań. Epogen firmy Amgen, pierwotnie wykorzystywany do leczenia anemii powiązanej z zaburzeniami pracy nerek, która dotyczyła w 1989 roku populacji 78 000 pacjentów, okazał się

przydatny w odzyskiwaniu czerwonych krwinek zniszczonych przez inne choroby lub w wyniku skutków ubocznych chemioterapii i terapii AIDS, a w 2001 roku był szóstym najlepiej sprzedającym się lekiem w Stanach Zjednoczonych, nadal korzystając ze statusu leku sierocego (Maeder 2003: 81). Analitycy branży sugerują, że amerykański *Orphan Drug Act* z 1983 roku można określać mianem „ustawy promującej rozwój spółek biotechnologicznych”, pozwolił im bowiem zredukować ryzyko koncentracji na niszach definiowanych przez ściśle określone zaburzeniach enzymatyczne lub genetyczne, doprowadzając do tego, że w 2001 roku ponad połowa najlepiej sprzedających się amerykańskich leków było właśnie lekami sierocymi, pochodzącymi w znaczącej części od specjalistycznych spółek biotechnologicznych (Maeder 2003: 81). Leki sieroce wydają się mało atrakcyjne dla największych koncernów farmaceutycznych, które w ostatnich latach coraz częściej decydują się przekazywać licencje na odkryte specyfiki mniejszym firmom. Na przykład islandzka firma deCODE genetics odkupiła od Bayera prawa do leku na astmę i z powodzeniem przeprowadziła go przez procedury zatwierdzeń w odniesieniu do innych schorzeń (Economist 2005a). Oferenci pojedynczych leków dążą do poszerzania zajmowanych nisz rynkowych, doskonaląc wypracowaną technologię i przenosząc zdobytą wiedzę na pokrewne obszary zastosowań.

Grupa **firm wieloproduktowych** obejmuje konkurentów firm farmaceutycznych, w tym powstałych ponad 20 lat temu liderów branży biotechnologicznej, ale także relatywnie nowe spółki, zorientowane na komodytyzację zaawansowanych technologii i sprzedaż leków, których nie obejmuje już ochrona patentowa. Takie środki w branży farmaceutycznej określane są jako generyki (*generics*), jednak w odniesieniu do produktów biotechnologii stosuje się nazwę **bioodpowiedników** (*biosimilars*) (Economist 2005b), podkreślając przez to stopień ich złożoności, stanowiący barierę dla imitacji. Przykładem firmy działającej w tym obszarze jest największa polska spółka biotechnologiczna warszawski Bioton. Ta założona w 1989 roku firma w 1997 roku rozpoczęła badania nad opracowaniem własnej wersji rekombinowanej insuliny w oparciu o wykupioną licencję firmy Savient (BTG), a w 2001 roku wprowadziła na rynek preparat zarejestrowany pod nazwą Gensulin. Bioton posiada kilkunastoprocentowy udział w polskim rynku insuliny, jest także jej aktywnym eksporterem na obszarze Europy Środkowo-Wschodniej (BRE Bank 2005). W 2005 roku wszedł na giełdę, a wkrótce potem dokonał strategicznej inwestycji w swojego singapurskiego odpowiednika, firmę SciGen (posiadającą analogiczną licencję Savienta), dzięki której uzyskał dostęp do rynków Azji i Pacyfiku wraz z bazą produkcyjną w Singapurze. W przypadku firm działających na rynku bioodpowiedników wydatki na badania i rozwój utrzymują się na znacznie niższym poziomie niż w firmach poszukujących nowych leków. Ważniejszym od innowacyjności i ochrony własności intelektualnej źródłem przewagi konkurencyjnej jest doskonałość operacyjna, wynikająca z procesów produkcyjnych, efektów skali, kontroli kosztów i utrzymywania rozległej sieci dystrybucji. Rynek bioodpowiedników rozwija się dynamicznie: w latach 2005–2008 kończą się

okresy ochrony patentowej dla leków, których obecna sprzedaż wynosi 13 miliardów dolarów (Economist 2005b).

Firmy oferujące wiedzę zmaterializowaną w postaci **licencjonowanych technologii** to przede wszystkim przedsięwzięcia mające na celu komercjalizację wynalazków badaczy akademickich. Ich założyciele często nie posiadają odpowiednich kompetencji menedżerskich i nie interesują się długookresowym planowaniem strategii, przewidując sprzedaż firmy innemu uczestnikowi rynku po opracowaniu gotowej technologii. W tym obszarze znajdują się jednak także spółki kontrolujące pojedyncze patenty, szczególnie ważne dla innych uczestników rynku, albo skoncentrowane na produkcji specjalistycznego oprzyrządowania i innowacjach dotyczących procesów badawczo-rozwojowych. Wiele z nich osiąga znaczące przychody dzięki monopolistycznej lub quasi-monopolistycznej pozycji, jaką osiągnęły. Są to np. wspomniane wcześniej firmy Human Genomics Services i Myriad Genetics.

Interesującym obszarem działalności są **platformy biotechnologiczne** – szerokie nisze tematyczne, w których firmy doskonałą podstawowe technologie przez uzupełnianie luk w wiedzy, korzystając z kumulacyjnego charakteru odkryć naukowych. Strategie platform są domeną firm w większości krajów Europy kontynentalnej. Statystyki ujawniają ich niewielkie zainteresowanie poszukiwaniem nowych leków, jednak liczba rejestrowanych patentów sugeruje istotne przyrosty wiedzy i własności intelektualnej. Przykładem może być niemiecka firma Metanomics, zajmująca się metabolizmem roślin i analizą efektów metabolicznych stosowania określonych środków chemicznych. Firma założona w 1998 roku przez badaczy z Max Planck Institute w oparciu o inwestycję koncernu BASF w systematyczny sposób opisuje geny odpowiadające za metabolizm u różnych gatunków roślin, identyfikując te, które pozwalają przykładowo tolerować zimno lub produkować dodatkowy olej. Strategia firmy nie opiera się na dążeniu do wypracowania gotowych środków wykorzystujących tę wiedzę – Metanomics koncentruje się na budowie bazy danych MetaMap, systematyzującej wiedzę o genach roślin i osiąga przychody z jej licencjonowania (Brown 2003: 34–36).

Dostawcy technologii działający równocześnie w wielu obszarach to przed wszystkim **fabryki pomysłów** (*idea factories*) (Gans, Stern 2003: 340–342), wyspecjalizowane w tworzeniu nowej wiedzy i jej zastosowań, rezygnujące jednak z rozwoju zasobów istotnych w ich komercjalizacji, takich jak sieci dystrybucji i sprzedaży. Powodzenie tej strategii wymaga aktywności w tworzeniu aliansów ze znaczącymi uczestnikami rynku, umiejętnego zarządzania prawami własności intelektualnej i odejścia od wyłączności w podpisanych umowach współpracy na rzecz dążenia do zdobycia jak najszerszego grona licencjobiorców. W skrajnych przypadkach firmy tej grupy nie muszą nawet inwestować w rozwój własnych technologii i działów badawczo-rozwojowych, działając jako **agenci wiedzy**. Przykładowo, pewna europejska firma biotechnologiczna ogranicza się do śledzenia prac badawczych lokalnych uczelni w poszukiwaniu nowych, interesujących wynalazków. Zidentyfikowane obiecujące technologie

są analizowane przez firmowych specjalistów, którzy nawiązują równocześnie kontakty z koncernami farmaceutycznymi, sondując ich zainteresowanie komercjalizacją, a w przypadku pozytywnej decyzji pomagają uczelniom patentować wynalazki w zamian za opcję ich licencjonowania (Senker, Sharp 1997: 40).

Opisywane wcześniej firmy rozwijające specjalistyczne technologie procesowe, instrumenty badawcze lub bazy wiedzy mogą równocześnie zajmować się wieloma nie powiązаныmi obszarami, stając się **agregatorami platform technologicznych**. Argumentem przemawiającym za dywersyfikacją jest skala niezbędnych nakładów na linie produkcyjne lub potrzebne rozwiązania informatyczne, połączona z możliwością ich racjonalizacji przez równoczesne wykorzystanie do dodatkowych celów, podczas gdy nie ulegają zmianom rynek docelowy i metody jego obsługi. W podobny sposób funkcjonują też **firmy bioinformatyczne**, łączące wiedzę biotechnologiczną z zaawansowanymi umiejętnościami programistycznymi i opanowaniem technologii komputerowych, znajdujących zastosowanie w kontekstach badawczych. Japońska korporacja Fujitsu wybrała Kraków na lokalizację swojego centrum bioinformatycznego – FQS Poland zatrudnia chemików, biologów i informatyków, którzy opracowują specjalistyczne rozwiązania dla klientów na rynkach europejskich.

W przypadku firm oferujących **wiedzę w postaci usług** zatarciu ulega podział między niszą a szeroko zdefiniowanym rynkiem docelowym. Cechą charakterystyczną usługodawców jest rezygnacja z samodzielnego zarządzania prawami własności intelektualnej – oferują oni **usługi doradcze** (w szczególności opiniowanie planów Badań i Rozwoju), **outsourcing prac badawczych** (zakładający wyłączną współpracę z określonym zleceniodawcą i przeniesienie na niego praw do wynalazków) lub **wspierających badania** (takich jak opracowywanie dokumentacji patentowej i rejestracji leków, testy kliniczne, analizy specjalistycznych baz wiedzy albo wdrożenia rozwiązań bioinformatycznych).

Rozpoczęcie działalności usługowej nie wymaga tak wielkich nakładów, jak w przypadku pozostałych opcji strategicznych, jednak powodzenie firm jest bezpośrednio związane z reputacją, wiedzą (nie tylko w obszarze biotechnologii) i bliskimi kontaktami z odbiorcami usług. Szczególnie aktywne w obszarze usług opartych na wiedzy są firmy azjatyckie, przykładowo coraz częściej powstający w Indiach *Knowledge Process Outsourcers (KPO)*, zatrudniający płynnie posługujących się językiem angielskim posiadaczy tytułów doktorskich w związanych z biotechnologią dyscyplinach, którzy otrzymują wyższe wynagrodzenia niż w działach badawczych innych lokalnie działających firm, mając jednocześnie możliwość kontaktu z najnowszymi technologiami i aktualną wiedzą specjalistyczną dzięki pracy na rzecz zachodnich zleceniodawców (Singh 2005; Economic Times 2005). Potencjał KPO jest lekceważony przez polskie firmy, podczas gdy ten model biznesowy oferuje możliwość rozwoju kompetencji przy niewielkich inwestycjach własnych, szybkiego wzrostu firmy, a także przyszłego osiągnięcia samowystarczalności dzięki budowie sieci komercyjnych relacji: firmy rozpoczynające działalność jako dostawcy KPO mogą stopniowo rozwijać własne technologie i produkty, ograniczając poziom ryzyka inwestycyjnego.

8. Wnioski

Niniejszy artykuł przedstawił biotechnologie jako zbiorczą nazwę dla zastosowań wiedzy biologicznej do tworzenia produktów technologicznych. Nowe sposoby prowadzenia badań i rozwoju produktów w branży farmaceutycznej obiecują skuteczniejszą i tańszą terapię w porównaniu do tradycyjnie stosowanych metod. Jednocześnie biotechnologie mają liczne możliwe zastosowania, oferując potencjał tworzenia nowych nisz rynkowych i kreatywności w odkrywaniu nowych możliwych aplikacji.

Globalny rynek biotechnologiczny charakteryzuje wysoka dynamika wzrostu, jednak udział w nim naszego kraju jest nadal znikomy. Polska branża pozostaje daleko w tyle nie tylko za krajami zachodnimi, ale też gospodarkami azjatyckimi. Mimo dostępności wykwalifikowanych pracowników i osiągnięć naukowych lokalnych badaczy, liczba innowacyjnych firm w branży jest znikoma, brakuje inicjatyw transferu technologii pomiędzy instytucjami akademickimi i przemysłem, a także związków między organizacjami, które mogłyby przyczynić się do rozwoju przyszłych klastrów biotechnologicznych. Polski system edukacyjny kształci specjalistów w obszarze biotechnologii, na których pracę nie ma lokalnego zapotrzebowania, uniwersyteckie badania naukowe nie podlegają komercjalizacji przez rodzime firmy, a rozczarowani adepci analizowanej dyscypliny przenoszą się do zagranicznych ośrodków naukowych.

Konieczna jest także ścisła współpraca pomiędzy różnymi instytucjami sektora. Za jego dynamiczny rozwój w innych krajach odpowiadają nie tylko firmy, ale też placówki akademickie czy duże koncerny farmaceutyczne. Szczególna rola w sektorowym systemie innowacji biotechnologicznych przypada administracji publicznej, ale zaangażowanie rodzimych instytucji rządowych ogranicza się do ogólnych analiz rynku, których wnioski nie uwzględniają różnic pomiędzy określonymi obszarami biotechnologii, przez co polityka technologiczna nie jest jasno ukierunkowana na rozwój innowacji w omawianym obszarze. Tymczasem doświadczenia innych krajów wskazują na potrzebę silniejszego zaangażowania się rządu w stymulowanie wzrostu sektora. Omawiane przykłady innych gospodarek pokazały, że możliwe jest nadrobienie zaległości w stosunku do wiodącej amerykańskiej gospodarki, zdefiniowanie roli rodzimego sektora biotechnologicznego na globalnym rynku i osiągnięcie na nim stabilnej pozycji dzięki koncentracji inwestycji publicznych i prywatnych oraz polityki naukowo-technologicznej w obszarach postrzeganych jako strategiczne.

Rynek biotechnologii osiąga dojrzałość technologiczną i organizacyjną, coraz mniej jest nowych szans rynkowych w obszarach odkrywania nowych leków, a istniejące od lat firmy konsolidują się i umacniają pozycje, co zwiększa koszty wejścia nowych graczy. Zaprezentowana analiza dostępnych opcji strategicznych ujawniła jednak istniejące możliwości kształtowania strategii firm, w których model biznesowy nie musi ograniczać się do produkcji leków, oferowanych na rodzimym rynku. Kreatywne wykorzystanie nisz i alternatywnych strategii pozwoliło przykładowo na dynamiczny rozwój firm niemieckich, specjalizują-

cych się w platformach technologicznych, czy spółek indyjskich, oferujących oparte na wiedzy usługi.

Szczególnie interesująca dla polskich przedsiębiorstw jest działalność w obszarach biodopowiedników, platform technologicznych i usług (szczególnie w oparciu o model *Knowledge Process Outsourcer*) ze względu na relatywnie niskie bariery wejścia i niezbędne początkowe inwestycje. Znaczącą przewagą konkurencyjną polskich firm są koszty pracy specjalistów, utrzymujące się na poziomie niższym nie tylko od krajów zachodnich, ale nawet Indii, połączone z istotną nadwyżką na krajowym rynku pracy dla biotechnologów. Mogą one skłaniać do inwestycji w działalność, w której właśnie praca intelektualna odgrywa istotne znaczenie. Mimo braku polityk rządowych stymulujących rozwój rodzimego sektora biotechnologicznego z uwagi na wiedzę polskich specjalistów, istniejących kontaktów z zachodnimi instytucjami, dostępności kapitału na innowacyjne przedsięwzięcia i możliwości wspierania nowych inicjatyw z funduszy europejskich, obecne warunki zakładania i perspektywy rozwoju nowych firm biotechnologicznych wydają się obiecujące.

Informacje o autorze

Dr Krzysztof Klinczewicz – Graduate School of Innovation Management, Tokyo Institute of Technology, Uniwersytet Warszawski, Wydział Zarządzania. E-mail: kklinc@poczta.onet.pl.

Bibliografia

- Arora, A. i A. Gambardella. 1990. Complementarity and External Linkages: The Strategies of the Large Firms in Biotechnology. *The Journal of Industrial Economics*, vol. 38, nr 4, s. 361–379.
- Audretsch, D.B. i P.E. Stephan. 1999. Knowledge Spillovers in Biotechnology: Sources and Incentives. *Evolutionary Economics*, nr 9, s. 97–107.
- Bergeron, B. i P. Chan. 2004. *Biotech Industry. A Global, Economic, and Financing Overview*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Beuzekomvan van, B. 2004. *Biotechnology Statistics in OECD Member Countries: An Inventory*. Paryż: OECD STI Working Paper 2004/8, DSTI/DOC(2004)8.
- BRE Bank. 2005. *Bioton. Ile Warta jest Opcja Wzrostu?* Dom Inwestycyjny BRE Bank S.A., 15 lipca 2005, http://i.wp.pl/af/pdf/8600/komentarz_bioton.pdf.
- Brown, K. 2003. Working Weeds. *Scientific American*, vol. 288, nr 4, s. 34–36.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmen, M. i A. Rickne. 2002. Innovation Systems: Analytical and Methodological Issues. *Research Policy*, nr 31, s. 233–245.
- Casper, S. i R. Whitley. 2002. *Managing Competences in Entrepreneurial Technology Firms: a Comparative Institutional Analysis of Germany, Sweden and the UK*. ESRC Centre for Business Research, University of Cambridge Working Paper Nr 230.
- Chiaroni, D. i V. Chiesa. 2006. Forms of Creation of Industrial Clusters in Biotechnology. *Technovation*, w przygotowaniu do druku.
- Cole, L.A. 1996. The Specter of Biological Weapons. *Scientific American*, nr 275, s. 30–35.
- Dalpé, R. 2002. Bibliometric Analysis of Biotechnology. *Scientometrics*, vol. 55, nr 2, s. 189–213.
- Datamonitor. 2003a. *Global Biotechnology. Industry Profile*. Raport 0199-0695.

- Datamonitor. 2003b. *Biotechnology in Europe. Industry Profile*. Raport 0201-0695.
- Economic Times. 2005. Docs Hop on the KPO Bandwagon. *Economic Times*, 1 maja 2005, <http://economictimes.indiatimes.com/articleshow/1094221.cms>.
- Economist. 2005a. Testing Times. Getting More out of Pharmaceutical R&D. *The Economist*, 18 czerwca 2005.
- Economist. 2005b. The Next Big Thing. India and China Hold Great Pharmaceutical Promise. *The Economist*, 18 czerwca 2005.
- Egeln, J., Gottschalk, S., Rammer, Ch. i A. Spielkamp. 2002. *Public Research Spin-offs in Germany. Summary Report*. Mannheim: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung.
- Einhorn, B. i J. Carey. 2005. A New Lab Partner for the U.S.? *Business Week*, 22–29 sierpnia 2005, s. 116–117.
- Ernst & Young. 2003. *The European Biotechnology Report. 10th Anniversary Edition. Key facts and figures*. [http://www.ey.com/global/download.nsf/UK/Endurance_-_Tables_and_figures/\\$file/EY_Biotech_Report_2003.pdf](http://www.ey.com/global/download.nsf/UK/Endurance_-_Tables_and_figures/$file/EY_Biotech_Report_2003.pdf).
- Evenson, R.E. 2002. Agricultural Biotechnology. w: Steil B., Victor D.G. i R.R. Nelson (red.) *Technological Innovation & Economic Performance*, s. 367–384. Princeton – Oxford: Princeton University Press.
- Excell, C. 2003. Fixing Food. *Scientific American*, vol. 288, nr 1, s. 24–25.
- Gans, J.S. i S. Stern. 2003. The Product Market and the Market for „Ideas”: Commercialization Strategies for Technology Entrepreneurs. *Research Policy*, nr 32, s. 333–350.
- Goodsell, D.S. 2004. *Bionanotechnology. Lessons from Nature*, New Jersey: Wiley-Liss.
- Gulati, R. i M. Gargiulo. 1999. Where Do Interorganizational Networks Come From? *American Journal of Sociology*, vol. 104, nr 5, s. 1439–1493.
- Hagedoorn, J. 2002. Inter-firm R&D Partnerships: An Overview of Major Trends and Patterns since 1960. *Research Policy*, nr 31, s. 477–492.
- Harding, R. 2002. Competition and Collaboration in German Technology Transfer. *European Management Journal*, vol. 20, nr 5, s. 470–485.
- Heller, M.A. i R.S. Eisenberg. 1998. Can Patents Deter Innovation? The Anticommons in Biomedical Research. *Science*, nr 280, s. 698–701.
- Hope, J.E. 2004. *Open Source Biotechnology*. Rozprawa Doktorska. Canberra: Australian National University, <http://opensource.mit.edu/papers/hope.pdf>.
- Klevenz, H. 2002. *Industrial Pharmaceutical Biotechnology*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Kotler, Ph., Armstrong, G., Saunders, J. i V. Wong. 1999. *Principles of Marketing*. London: Prentice Hall Europe.
- Labrador, D. 2003. Refining Green Gold. *Scientific American*, vol. 288, nr 12, s. 38–39.
- Lehrer, M. i K. Asakawa. 2004. Pushing Scientists into the Marketplace: Promoting Science Entrepreneurship. *California Management Review*, vol. 46, nr 3, s. 55–76.
- Liesbeskind, J.P., Oliver, A.L., Zucker, L. i M. Brewer. 1999. Social Networks, Learning, and Flexibility: Sourcing Scientific Knowledge in New Biotechnology Firms. *Organization Science*, vol. 7, nr 4, s. 428–443.
- Lim, K. 2004. The Relationship between Research and Innovation in the Semiconductor and Pharmaceutical Industries (1981–1997). *Research Policy*, nr 33, s. 287–321.
- Lim, L.P.L. i M.J. Gregory. 2004. Singapore's Biomedical Science Sector Development Strategy: Is it Sustainable? *Journal of Commercial Biotechnology*, vol. 10, nr 4, s. 352–362.
- Maeder, Th. 2003. The Orphan Drug Backlash. *Scientific American*, vol. 288, nr 5, s. 81–87.
- Malerba, F. 2002. Sectoral Systems of Innovation and Production. *Research Policy*, nr 31, s. 247–264.
- Mangematin, V., Lemarié, S., Boissin, J.P., Catherine, D., Corolleur, F., Coronini, R. i M. Trommetter. 2003. Development of SMEs and Heterogeneity of Trajectories: The Case of Biotechnology in France. *Research Policy*, nr 32, s. 621–638.
- McMillan, G.S., Narin, F. i D.L. Deeds. 2000. An Analysis of the Critical Role of Public Science in Innovation: the Case of Biotechnology. *Research Policy*, nr 29, s. 1–8.

- MNiI [Ministerstwo Nauki i Informatyzacji]. 2003. Streszczenie Raportu Diagnostycznego Biotechnologii w Polsce. http://www.mnii.gov.pl/mnii/print.jsp?place=Text01&news_cat_id=80&news_id=1261.
- Pisano, G.P. 1990. The R&D Boundaries of the Firm: An Empirical Analysis. *Administrative Science Quarterly*, nr 35, s. 153–176.
- Pisano, G.P. 2002. Pharmaceutical Biotechnology. w: Steil B., Victor D.G. i R.R. Nelson (red.) *Technological Innovation & Economic Performance*, s. 347–366. Princeton – Oxford: Princeton University Press.
- Porter, M. 1990. *The Competitive Advantage of Nations*. Basingstoke – London: Macmillan.
- Porter, A.L., Rossner, J.D., Jin, X.Y. i N.C. Newman. 2002. Measuring National 'Emerging Technology' Capabilities. *Science and Public Policy*, vol. 29, nr 3, s. 1–12.
- Powell, W.W., Koput, K.W. i L. Smith-Doerr. 1996. Interorganizational Collaboration and the Locus of Innovation: Networks of Learning in Biotechnology. *Administrative Science Quarterly*, nr 41, s. 116–145.
- Red Herring. 2005. Stat Attact. *Red Herring*, 2, 26 (18 lipca 2005), s. 7.
- Rothaermel, F.T. 2001. Complementary Assets, Strategic Alliances and the Incumbent's Advantage: an Empirical Study of Industry and Firm Effects in the Biopharmaceutical Industry. *Research Policy*, nr 30, s. 1235–1251.
- Rynek Chemiczny. 2003. Sektor Biotechnologiczny w Polsce. *Rynek Chemiczny*, nr 4.
- Senker, J. i M. Sharp. 1997. Organizational Learning in Cooperative Alliances: Some Case Studies in Biotechnology. *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 9, nr 1, s. 35–51.
- Shapiro, C. i H.R. Varian. 1999. *Information Rules. A Strategic Guide to the Network Economy*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Singh, H. 2005. Want a 500% Salary Hike? Join a KPO. *Economic Times*, 10 maja 2005, <http://economictimes.indiatimes.com/articleshow/msid-1104066,curpg-1.cms>.
- US Congress. 1993. *Pharmaceutical R&D: Costs, Risks and Rewards*. Raport OTA-H-522. Washington: U.S. Congress, Office of Technology Assessment.
- Viardot, E. 2004. *Successful Marketing Strategy for High-Tech Firms*. Boston – London: Artech House.
- Zorpette, G. 2000. The Chemical Games. *Scientific American*, vol. 11, nr 3, s. 16–23.