

Marcin Tarnawski***AMERYKAŃSKIE DOŚWIADCZENIA
W WYDOBYCIU GAZU Z ŁUPKÓW****AMERICAN EXPERIENCE WITH SHALE GAS****Abstract**

With a unique mix of innovation, entrepreneurship and favorable economic conditions, the United States has become the world's largest producer of crude oil and natural gas, and in the near future may become a key exporter of these commodities. Of course, this would not be possible if there were no huge resources in the American territory. However, advanced technology has enabled them to operate. The boom on unconventional raw materials, or rather raw materials extracted by unconventional methods, is so far an American specialty. Although many states have tried, and some continue to do so, no one has succeeded in repeating the success of American entrepreneurs. This work consists of three essential parts. The first concerns issues related to types of unconventional natural gas resources. The second involves the shale revolution in the United States. The third refers to the selected economic aspects of this revolution. The main thesis is that the experiences of the American Revolution are very difficult to replicate in other regions of the world. Due to the specifics of the US mining industry, the deregulated energy market and American legal solutions, it is difficult to expect a repeat of success.

Key words: shale gas, American energy revolution

Wprowadzenie

Obecne dążenia do zapewnienia samowystarczalności energetycznej w zdecydowanej większości państw świata są skazane na porażkę ze względu na niewystarczające zasoby surowców energetycznych oraz ich nierównomierne rozmieszczenie. Jednym z nielicznych państw, którym w ostatnich dekadach udało się to zadanie, są Stany Zjednoczone. Dzięki wyjątkowej mieszance innowacji, przedsiębiorczości i sprzyjających

* Instytut Nauk Politycznych i Stosunków Międzynarodowych, Wydział Studiów Międzynarodowych i Politycznych Uniwersytetu Jagiellońskiego, ul. Gołębia 24, 31-007 Kraków, adres e-mail: needlem@wp.pl

warunków ekonomicznych Stany Zjednoczone stały się największym na świecie producentem ropy naftowej i gazu ziemnego, a w najbliższej przyszłości mogą stać się znaczącym eksporterem wymienionych surowców (wg metodologii *BP Statistical Review of World Energy*, 12,35 mln bbl/dziennie w 2016 r.). Oczywiście nie byłoby to możliwe, gdyby na amerykańskim terytorium nie znajdowały się olbrzymie zasoby surowców. Jednak dopiero zaawansowana technologia umożliwiła ich eksploatację. Boom na surowce niekonwencjonalne, a właściwie na surowce wydobywane niekonwencjonalnymi metodami, jest, jak na razie, specyfiką amerykańską. Choć wiele państw próbowało, a część nadal to robi, sukcesów amerykańskich przedsiębiorców nie udało się nikomu powtórzyć.

Amerykańskie sukcesy w dziedzinie surowców niekonwencjonalnych dotyczą w szczególności wydobywania gazu ziemnego. To właśnie ten surowiec stał się symbolem zmian w amerykańskim sektorze energetycznym, natomiast możliwości wpływu tej rewolucji na rynki międzynarodowe są znacząco ograniczone przez regionalny charakter rynków gazu ziemnego. Trudności w transporcie na duże odległości, jakimi charakteryzuje się gaz ziemny, w połączeniu z ograniczeniami dotyczącymi eksportu surowców naturalnych w Stanach Zjednoczonych, spowodowały, że zmiany na rynkach regionalnych nie są tak znaczące, jak mogłyby być. Dopiero rozwój infrastruktury LNG i znoszenie ograniczeń eksportowych mają szansę zmienić układ sił na rynku gazu ziemnego. Ponadto na ten rynek wchodzi coraz więcej nowych państw, a gaz metodami niekonwencjonalnymi jest już wydobywany w Kanadzie, Australii czy Chinach.

Niniejsza praca składa się z trzech zasadniczych części. W pierwszej poruszone zostały zagadnienia związane z rodzajami niekonwencjonalnych zasobów gazu ziemnego. Druga dotyczy rewolucji łupkowej w Stanach Zjednoczonych, natomiast trzecia odnosi się do wybranych ekonomicznych aspektów tej rewolucji. Główna teza sprowadza się do stwierdzenia, że doświadczenia amerykańskiej rewolucji są bardzo trudne do powtórzenia w innych regionach świata. Ze względu na specyfikę amerykańskiego sektora wydobywczego, zderegulowany rynek energii oraz amerykańskie rozwiązania prawne trudno spodziewać się powtórzenia sukcesu. Głównym źródłem, jeśli chodzi o literaturę, są opracowania naukowe i analizy pochodzące z instytucji edukacyjnych oraz think thanków zajmujących się tematyką energetyczną. W charakterze wspomagającym skorzystano z opracowań prasowych. Artykuł odnosi się do wydarzeń z początkowych kilkunastu lat XXI w., a zainteresowania autora w zasadzie ograniczają się do rozwiązań rynku amerykańskiego.

Gaz niekonwencjonalny

Nadzwyczajny wzrost wydobywania gazu ziemnego metodami niekonwencjonalnymi w Ameryce Północnej (a w szczególności w Stanach Zjednoczonych) w zdecydowany sposób wpłynął na rynki tego surowca na całym świecie. Na świecie występują znaczne zasoby gazu niekonwencjonalnego, jednak perspektywy jego eksploatacji są wciąż niepewne. Dotychczasowe analizy organizacji międzynarodowych i amerykańskie doświadczenia w jego wydobywaniu jasno wskazują, że kluczowe dla przyszłości są dwa czynniki. Po pierwsze, chodzi o ekonomiczną opłacalność jego wydobywania, po drugie natomiast, o metody jego eksploatacji, które budzą społeczne kontrowersje (World Energy Outlook, Special Report 2011: 18–38). Jednak żadnego z tych elementów nie można uznać obecnie za oczywisty. Wraz z upowszechnianiem technologii koszty wydobywania w Stanach Zjednoczonych spadają, jednak w pozostałych częściach świata problemem jest nie tylko wysoki koszt eksploatacji, ale także odmienność struktur geologicznych, w których znajduje się surowiec. Ponadto, na rynku północnoamerykańskim, wraz ze spadkiem ceny surowca na rynku pojawia się kwestia opłacalności jego produkcji, przy niskiej cenie. Natomiast środowisko regulacyjne i praktyki przemysłu wydobywczego w zakresie przeciwdziałania negatywnym skutkom społecznym i środowiskowym ewoluują. Wprawdzie coraz więcej wiadomo o zagrożeniach i metodach ich łagodzenia, jednak opinia publiczna w wielu regionach świata pozostaje sceptyczna, co skutecznie zapobiega rozprzestrzenianiu się rewolucji gazu niekonwencjonalnego.

Wszelkie definicje dotyczące gazu ziemnego odnoszą się do usytuowania surowca i metod jego wydobywania. Należy również dodać, że niezależnie od metod wydobywania, końcowym produktem jest zawsze gaz ziemny, a po wtłoczeniu do sieci przesyłowych nie ma możliwości odróżnienia gazu konwencjonalnego od niekonwencjonalnego (World Energy Outlook 2015: 230). Obecna dyskusja dotycząca przyszłości gazu niekonwencjonalnego koncentruje się na jego trzech rodzajach: gazie łupkowym (ang. *shale gas*), gazie ściśniętym (ang. *tight gas*) oraz gazie z pokładów metanu (ang. *coalbed methane*). Gaz ściśnięty gromadzi się w skałach piaskowca o niskiej przepuszczalności, gaz łupkowy w skałach łupkowych. Natomiast gaz w pokładach węgla nie wymaga stymulacji chemicznej, jest uwięziony w pokładach węgla, jednak uwięziony w ten sposób metan może być uwolniony przez wtłaczanie wody do pokładu i obniżanie ciśnienia rezerwuaru (McGlade i in. 2013: 573–575). Wyróżnia się jeszcze dwa rodzaje gazu niekonwencjonalnego, jednak ich rola i znaczenie są obecnie niewielkie. Metan

może być uwięziony w podobnych do lodu substancjach krystalicznych (ang. *methane hydrates*) znajdujących się w głębiach oceanicznych lub w regionach wiecznej zmarzliny. Zasoby hydratów są wprawdzie dość obfite, jednak nie występują w sposób skoncentrowany. Biorąc pod uwagę, że ich eksploatacja ma charakter eksperymentalny, jej koszty są nadal wysokie. Ostatnie źródło gazu, klasyfikowane jako niekonwencjonalne, to zgazowanie węgla (ang. *coal to gas transformation*). Jest to proces przemysłowy; w termochemicznym procesie katalitycznym z węgla i pary wodnej powstaje metan i inne węglowodory (Ruppel 2011).

W 2016 r. najwięcej gazu niekonwencjonalnego wydobywano w Stanach Zjednoczonych, łącznie ponad 420 mld m³. Z pozostałych państw na świecie znaczące ilości gazu niekonwencjonalnego wydobywa się jeszcze w Kanadzie, Chinach, Rosji, Australii i Argentynie. Gaz niekonwencjonalny stanowił ok. 23% łącznej produkcji surowca. Z tego Stany Zjednoczone są odpowiedzialne za ok. 85% wydobywania, a Kanada za kolejne 10%. Nawet biorąc pod uwagę dość znaczące szacunki dotyczące zasobów, należy uwzględnić szereg czynników regulacyjnych i rynkowych, aby wydobywanie nabrało impetu. Nie bez znaczenia pozostają też niskie ceny surowca na rynkach oraz konieczność budowy drogiej infrastruktury (zarówno konwencjonalnej w postaci rurociągów czy zyskującej ostatnio na popularności, czyli terminali LNG).

Istotne znaczenie dla rozpowszechniania się wydobywania gazu niekonwencjonalnego na świecie będą miały trzy czynniki. Po pierwsze, są to kwestie, które przyczyniły się do wzrostu wydobywania gazu łupkowego w Stanach Zjednoczonych, nawet przy niskich cenach surowca. Sposób, w jaki sektor wydobywczy zredukował koszty produkcji, przy jednoczesnym zwiększeniu efektywności wydobywania (na jeden odwiert) będzie miał kluczowe znaczenie dla państw, które chcą powielić amerykańską drogę w zakresie surowców niekonwencjonalnych. Po drugie, chodzi o kluczowe znaczenie Chin, gdzie szacowane zasoby surowców niekonwencjonalnych są porównywalne do amerykańskich. Doświadczenia Chin będą miały decydujące znaczenie dla roli, jaką może odegrać gaz niekonwencjonalny w globalnej perspektywie energetycznej. Wreszcie, wydaje się, że równie istotne znaczenie może mieć ewolucja ram prawnych dla gazu niekonwencjonalnego. W szczególności dotyczyć to będzie społecznych i środowiskowych obaw związanych z jego eksploatacją.

Szacunki dotyczące globalnej produkcji gazu niekonwencjonalnego do 2040 r. są bardzo optymistyczne. Wydobywanie ma zwiększyć się ok. 2,5 razy do ok. 1650 mld m³, głównie za sprawą *shale gas* i CBM.

Wśród największych producentów, obok Stanów Zjednoczonych, które pozostaną na pierwszym miejscu, znajdować się będą: Chiny, Kanada, Australia, Argentyna i Meksyk¹.

Gaz łupkowy w Stanach Zjednoczonych

Rewolucja łupkowa w Stanach Zjednoczonych po raz kolejny stała się dowodem, iż systemy energetyczne zachowują możliwość nagłej zmiany, gdy tylko technologia osiągnie punkt krytyczny, w szczególności w zakresie jej efektywności i komercyjnej skuteczności. Jeszcze w 2005 r. udział gazu niekonwencjonalnego w łącznym wydobyciu gazu w Stanach Zjednoczonych wynosił 5%, natomiast w 2016 r. osiągnął ok. 60%. Oczekiwania dotyczące skutków komercyjnej eksploatacji złóż gazu łupkowego były ogromne. Beneficjentami tego procesu miał stać się nie tylko amerykański sektor energetyczny, ale także cała gospodarka Stanów Zjednoczonych, a w najbardziej optymistycznych scenariuszach światowy rynek energii (Brooks, 2011: A31; Stevens 2012: 2–6; *Shale gas...* 2016). Wprawdzie poza Ameryką Północną skutki rewolucji łupkowej nie są jeszcze odczuwalne (problemem jest eksport gazu LNG), jednak w samych Stanach Zjednoczonych dokonało się znaczące przesunięcie w miksie energetycznym, spadły ceny surowca (notowania *Henry Hub*), a kilka stanów dzięki wydobyciu gazu łupkowego przeżyło boom ekonomiczny (Crooks 2015).

Występowanie w Stanach Zjednoczonych zasobów gazu, który był uwięziony w skałach o niskiej przepuszczalności, było znane od lat 20. XIX w., jednak uważano je za zbyt trudne i kosztowne w eksploatacji. Wysiłki zmierzające do przezwyciężenia tych przeszkód rozpoczęły się w latach 80. XX w. i dotyczyły finansowania przez budżet federalny projektów w zakresie technologii koniecznych do eksploatacji tego rodzaju gazu (Shellenberger i in. 2012: 5–9). Głównym motywem takich działań były wysokie ceny surowca i zmniejszające się rezerwy gazu konwencjonalnego (Wang, Krupnick 2013: 2–9). Uzyskanie dostępu do innowacji technologicznych: wiercenia poziomego (ang. *horizontal drilling*) oraz zastosowanie skutecznych składników chemicznych w procesie szczelinowania hydraulicznego (ang. *hydraulic fracturing*) stworzyło nowe możliwości dla amerykańskiego sektora wydobywczego. W połączeniu z deregulacją rynku gazu w Stanach Zjednoczonych i otwartym dostępem do bardzo dobrze rozwiniętej sieci gazociągów dało ostateczny impuls nowym podmiotom na rynku gazu ziemnego (Middleton i in.

¹ Zgodnie z prognozą: New Policies Scenario, opracowaną przez IEA, zob.: *World Energy Outlook 2015*, OECD/IEA, Paris 2015, s. 231–237.

2017: 90–91). Były to podstawowe czynniki, które przygotowały grunt pod rewolucję łupkową rozpoczętą na początku XXI w. (początkowo złoża *Barnett* w Teksasie, następnie złoża *Haynesville*, *Eagle Ford*, *Bakken* i na końcu złoża *Marcellus* i *Utica*).

Większość innowacji technologicznych w przemyśle łupkowym w Stanach Zjednoczonych przeprowadziły małe i średnie, niezależne przedsiębiorstwa usługowe sektora wydobywania ropy naftowej i gazu ziemnego (King i in. 2015: 10–14). Przedsiębiorstwa te dysponowały wystarczającą ilością środków finansowych, aby eksperymentować w trudnym geologicznie terenie, oraz miały zdolność elastycznego reagowania ze względu na swój charakter (sektor małych i średnich przedsiębiorstw) (Golden, Wiseman 2015: 964–973; Sandrea 2014: 3–5). Ponadto wysoka opłacalność odwiertów łupkowych na początku XXI w. wynikała również ze specyfiki amerykańskiego rynku finansowego. Amerykańscy inwestorzy byli gotowi ponieść ryzyko i wejść w ten biznes. Tym samym łatwo dostępny stał się kapitał zarówno dla istniejących, jak i nowych graczy (*Shale oil and gas...* 2015). Ponadto dostępność źródeł wody, specyficzny system prawa własności minerałów, doskonała sieć drogowa, rozwinięta infrastruktura w postaci gazociągów oraz wysokie ceny gazu – wszystkie te czynniki sprzyjały rozwojowi sektora wydobywania gazu niekonwencjonalnego (Wang i in. 2014: 4–6).

Wzrost wydobywania gazu z łupków spowodował nadmierną podaż surowca na rynku amerykańskim, co w konsekwencji doprowadziło do gwałtownego spadku jego ceny na rynku. Jeszcze w 2008 r. cena gazu ziemnego kształtowała się na poziomie 12 USD za mMBtu (brytyjska jednostka ciepła, 1 mMBtu to ok. 293 kWh), aby spaść do 2 USD za mMBtu w 2012 r. W maju 2017 r. cena kontraktu na rynku *spot* wyniosła 3,24 USD za mMBtu (*Henry Hub*, Południowa Luizjana – *Henry Hub Natural Gas Spot Price*, https://ycharts.com/indicators/natural_gas_spot_price, 26.05.2017). Wbrew powszechnym oczekiwaniom, że takie załamanie cen doprowadzi również do drastycznego spadku produkcji, amerykański gaz łupkowy jest specyficznym studium przypadku zaprzeczającym tej rynkowej regule. Obok specyficznych regulacji prawnych wymagających od producentów podtrzymania wierceń przy niskich cenach (wymogi koncesyjne) istnieje kilka czynników, które doprowadziły do utrzymania produkcji na wysokim poziomie pomimo niskiego poziomu cen (między 2 a 4 USD za mMBtu w latach 2012–2017):

- Zdolność przemysłu do zwiększania średniej ilości wydobywanego surowca z pojedynczego odwiertu/studni (ang. *well*), przy równoczesnym obniżaniu kosztów poprzez skrócenie czasu wiercenia i optymalizację pozostałych procesów naziemnych;

- Wzrost doświadczenia pracowników obsługujących wiercenia, który skutkował wysoką skutecznością w odnajdywaniu najbardziej produktywnych miejsc (ang. *sweet spots*), wszystko to odbywało się w intensywnym procesie uczenia się poprzez zbieranie doświadczeń (ang. *learning by doing*);
- Zdolność przestawienia się przedsiębiorców na wydobycie NGL, co w konsekwencji spowodowało równoległy wzrost eksploatacji ropy z łupków, w zależności od ceny surowca (World Energy Outlook 2015: 239).

Najważniejsze wnioski płynące z analizy danych dotyczących wydobycia gazu z największych miejsc eksploatacji dotyczą zwiększenia efektywności (długości) poziomych studniodcinków w odwiertach (ang. *horizontal wells*). Średnia długość takiego odcinka poziomego wynosiła ok. 2 km, co w połączeniu z krótszym czasem wiercenia, a więc jego szybszym zakończeniem (niższe koszty) i większym średnim wydobyciem gazu z pojedynczej studni/odwiertu, pozwoliło utrzymać wydobycie na wysokim poziomie pomimo spadku ceny surowca (*Trends in U.S. ...* 2016: 17–21). Opisane udoskonalenie stwarzało możliwość pompowania większej ilości płynu szczelinującego do odwiertów poziomych, co zwiększało ilość pozyskiwanego gazu. W konsekwencji wiązało się to z wyższym początkowym tempem produkcji (tym samym przyspieszonym zwrotem inwestycji), a niekoniecznie większą rentownością całego złoża (Hughes 2016: 9–13). Choć technologiczne aspekty wydobycia gazu niekonwencjonalnego są istotne, równie ważne jest dokonanie wyboru dotyczącego lokalizacji odwiertu. Wybór tego miejsca musi uwzględniać minimalizowanie negatywnego oddziaływania na lokalną społeczność i środowisko naturalne, przy równoczesnym zachowaniu satysfakcjonujących wyników (wydobycia) oraz rentowności inwestycji. Ponieważ istnieje duża różnorodność i zmienność warunków geologicznych występowania skał łupkowych, konieczne jest zrozumienie tych warunków i dokonanie trafnego wyboru (Alzahabi, Soliman 2014). Istnieje więc wiele czynników (głębokość, miąższość skał, ciśnienie, naprężenia tektoniczne, itd.), które wpływają na końcowy sukces. Wprawdzie coraz bardziej wyrafinowane technologie i symulacje komputerowe mogą pomóc przy eksploatacji surowca, to jednak nie występują doskonałe substytuty uczenia się przez doświadczenie (ang. *learning by doing*). Nic nie zastąpi wiedzy i doświadczenia, które pochodzą z tysięcy dokonywanych odwiertów (Fukui i in. 2017: 263–264), a zdolność lokalizowania tzw. *sweet spots* i skupienia się na najbardziej produktywnych lokalizacjach stanowi zasadniczą przewagę amerykańskiego sektora wydobywczego, która pozwoliła na utrzymanie produkcji przy spadku cen gazu na rynku.

Eksploracja wielu obiecujących złóż gazu niekonwencjonalnego (*Haynesville, Fayetteville*) w obliczu spadku cen surowca do poziomu 2 USD za mMBtu stała się nieopłacalna. Jednak firmy wydobywcze zmieniły swoje strategie, chcąc uniknąć uzależnienia się od gazu łupkowego, i postanowiły zdywersyfikować źródła przychodów. Już w 2010 r. część przedsiębiorstw rozpoczęła eksploatację złóż bogatych w kondensat (NGL, ang. *Natural Gas Liquids*) (Fattouh, Brown 2014: 3–4). Kondensat gazowy to cięższe węglowodory, głównie propan i butan. Standardowo znajduje się w złożu w stanie gazowym, jednak podczas wydobywania, wraz ze spadkiem ciśnienia, gaz przybiera formę płynną. Sprzedawany jest po cenach powiązanych z notowaniami baryłki ropy naftowej, czyli znacznie wyższych od cen gazu ziemnego. Do 2014 r. cena NGL utrzymywała się na poziomie 10–16 USD za mMBtu. Możliwość przełączenia się z wydobywania gazu w stanie lotnym na płynne węglowodory stanowi więc istotny czynnik pozwalający przedsiębiorstwom wydobywczym dość sprawnie reagować na warunki rynkowe. Przejście między formą lotną a płynną gazu jest dobrze rozpoznane, operatorzy na platformie mogą szybko dostosować programy wierceń w odpowiedzi na ceny gazu i NGL (Folette, He 2012: 1–2).

Spadek cen ropy naftowej, który trwa od końca 2014 r., będzie w dalszym ciągu wpływać na wydobywanie gazu niekonwencjonalnego w Stanach Zjednoczonych. Niższe ceny surowców energetycznych powodują, z jednej strony, że opłacalność inwestycji spada, co wymusza procesy konsolidacji w części sektora poszukiwawczego (*upstream*), a przedsiębiorcy, którzy przeinwestowali, staną przed koniecznością sprzedaży swoich aktywów. Z drugiej strony, niskie ceny gazu oznaczają presję na ograniczenie podaży, więc w przyszłości można spodziewać się ich wzrostu, co będzie stanowiło zachętę do pobudzania produkcji (McLinn i in. 2013). Niemniej pewien stan równowagi między interesami producentów i konsumentów został już osiągnięty, głównie z powodu zaawansowanej technologii oraz niskich kosztów dostępu do rynku w Stanach Zjednoczonych. Testowanie odporności amerykańskiego sektora wydobywania surowców niekonwencjonalnych trwa nadal, a co ciekawe, pomimo niskich cen ropy i gazu wydobywanie utrzymuje się nadal na rekordowo wysokim poziomie.

Aspekty ekonomiczne rewolucji łupkowej

Kluczową rolę w rozwoju sektora energetycznego w Stanach Zjednoczonych odegrały jednak inwestycje. Obecne zmiany na światowych rynkach surowców wyraźnie wskazują, że funkcjonująca od lat infrastruktura

nie jest dostosowana do rozmieszczenia nowych zasobów i zmian w strukturze popytu. Jednak sam fakt odkrycia złóż ropy czy gazu nie oznacza, że pojawiają się inwestorzy skłonni eksploatować dane złożo. W celu przyciągnięcia inwestycji niezbędnych do uruchomienia wydobywania władze muszą skupić się na kilku istotnych kwestiach (Farnsworth 2013). Oprócz dwóch najważniejszych czynników (stabilne środowisko prawne oraz odpowiedni potencjał zysku z eksploatacji złoża) wymienić należy: dbanie o rozwój infrastruktury, koncentrację na zasobach ludzkich i edukacji, upraszczanie systemu podatkowego oraz rozstrzyganie sytuacji spornych (arbitraż, wywłaszczanie). Natomiast historia przełomów technologicznych, które otworzyły możliwość eksploatacji niekonwencjonalnymi metodami złóż ropy i gazu, jest dobrze znana. W szczególności szczelinowanie hydrauliczne i wiercenia poziome umożliwiły eksploatację niedostępnych dotąd złóż (*Hydraulic Fracturing...* 2015; Montgomery, Smith 2010: 26–32). Osiągnięcia technologiczne amerykańskiej gospodarki w tym zakresie są niepodważalne, w efekcie Stany Zjednoczone posiadają ogromną przewagę konkurencyjną w sektorze energetycznym (w zasadzie jest to nagroda za innowacyjność całej gospodarki). W konsekwencji na rynku amerykańskim występuje nadwyżka podaży gazu ziemnego, co przyczynia się do obniżenia kosztów produkcji i powrotu produkcji (w energochłonnych sektorach gospodarczych) z zagranicy. Odrodzenie sektora przemysłowego dotyczy głównie przemysłu chemicznego i tych, które korzystają z gazu ziemnego lub energii elektrycznej. Wszystko to spowodowało ponowne skoncentrowanie się inwestorów na pewnych gałęziach produkcyjnych w Stanach Zjednoczonych głównie ze względu na niższe ryzyko inwestycyjne niż w państwach rozwijających się (*The U.S. Manufacturing...* 2014). Dostęp do energii po przystępnej cenie daje amerykańskim producentom ogromną przewagę konkurencyjną, zmniejszając koszty energii i materiałów koniecznych do produkcji. Dotyczy to wspomnianych już producentów chemikaliów, ale także stali, paliw, tworzyw sztucznych czy nawozów (Brown 2015). Pozytywnym efektem ubocznym większego wykorzystywania gazu ziemnego (i zamykania elektrowni węglowych) w energetyce jest zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Emisja CO₂ z sektora produkcji energii elektrycznej w 2015 r. spadła do poziomu najniższego od 1983 r., co stawia Stany Zjednoczone w pozycji światowego lidera (*Carbon dioxide...* 2016). Nie zmienia to faktu, iż amerykańska gospodarka, obok chińskiej, jest największym emitentem CO₂.

Zwiększenie wydobywania gazu ziemnego, a następnie ropy naftowej przełożyło się na wzrost aktywności gospodarczej we współzależnym, powiązanym zależnościami technologicznymi, łańcuchu dostaw (ang.

supply chain). Ten łańcuch dostaw można zdefiniować jako rozbudowaną sieć przedsiębiorstw dostarczających pracowników, towary, usługi, technologie i informacje umożliwiające wydobycie surowca (ang. *upstream*), jego transport i logistykę (ang. *midstream*) oraz dostarczenie do końcowych odbiorców (ang. *downstream*) (*Oil and Natural Gas Supply Chains...* 2015). Nakłady inwestycyjne i wydatki operacyjne przemysłu wydobywczego powodują (bezpośrednio i pośrednio) wiele strumieni dodatkowej aktywności ekonomicznej w wielopoziomowym łańcuchu dostaw (głównie w sektorach powiązanych z przemysłem wydobywczym) zarówno na poziomie krajowym, jak i lokalnym. Kluczowym czynnikiem powodującym korzyści makroekonomiczne są inwestycje w *upstream* i *midstream* w przemyśle naftowym i gazowym. Inwestycje w sektorze energetycznym w znaczący sposób przyczyniły się również do przezwyciężenia kryzysu gospodarczego z 2008 r. (*Oil & Natural Gas Transportation...* 2013: 34–43). Dostawcy materiałów i właściciele kapitału inwestycyjnego skorzystają na zwiększonych inwestycjach w poszukiwania, wydobycie, przetwarzanie i transport ropy naftowej i gazu ziemnego. A w wyniku efektu mnożnikowego zwiększy się zapotrzebowanie na pracę, towary i usługi w sektorach powiązanych (Lawrence 2014).

Podsumowanie

Sukces amerykańskiej rewolucji związanej z wydobywaniem surowców metodami niekonwencjonalnymi ma wymierny charakter: niższe koszty energii przekładają się na zwiększoną konkurencyjność wyrobów przemysłowych, co zwiększa zatrudnienie w gospodarce. Jeśli równocześnie zwiększa się bezpieczeństwo energetyczne, a firmy rozwijają nowoczesne technologie, nie dziwnego, że są zainteresowani, żeby powtórzyć te rozwiązania. Oczywiście nie jest to łatwe do przeprowadzenia. Niestety, zapewne nielicznym uda się powtórzyć amerykańskie sukcesy; wśród nich mogą się znaleźć Australia, Kanada, może jeszcze Chiny. Tak więc splot wielu sprzyjających okoliczności wygenerował olbrzymie osiągnięcie, w zasadzie niepowtarzalne w innym miejscu czy czasie.

Oczywiście, nie oznacza to, że pośrednio nie zyskają wszyscy. Amerykański gaz łupkowy już stał się przyczyną zmian na regionalnych rynkach tego surowca, a w bliskiej perspektywie sam surowiec znajdzie się prawdopodobnie na rynkach europejskich czy azjatyckich. Zwiększy to pozycję przetargową państw, które dotychczas uzależnione były od dostaw z jednego kierunku (w Europie), czy spowoduje obniżkę ceny surowca (w Azji).

Bibliografia

- Alzahabi A., Soliman M. 2014, *Shale Gas Plays Screening Criteria "A Sweet Spot Evaluation Methodology"*, Conference Paper, Fracturing Impacts and Technologies Conference, Texas, September 2014, DOI: 10.13140/2.1.1580.8960 (26.05.2017).
- An overview of hydraulic fracturing and other formation stimulation technologies for shale gas production*, 2015, Gandossi L., Estorf U. (red.), EC.
- Brooks D. 2011, *Shale Gas Revolution*, "The New York Times", 4 November 2011, s. A31.
- Brown A. 2015, *Shale Gas Gives U.S. Manufacturers a 'Huge Cost Advantage' Over Foreign Rivals*, Energy in Depth, 15 June 2015.
- Brown S., Yucel M. 2013, *The Shale Gas and Tight Oil Boom: U.S. States' Economic Gains and Vulnerabilities*, CFR Energy Brief, October 2013.
- Carbon dioxide emissions from electricity generation in 2015 were lowest since 1993*, EIA, 13 May 2016, <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=26232>.
- Crooks E. 2015, *The US Shale Revolution*, "The Financial Times", 24 April 2015.
- Dumaine B. 2015, *U.S. Manufacturing costs are almost as low as China's, and that's a very big deal*, "Fortune", 26 June 2015.
- Farnsworth E. 2013, *The Next Energy Superpower*, Energy in the Americas, Summer 2013.
- Fattouh B., Brown C. 2014, *U.S. NGLs Production and Steam Cracker Substitution: What will the Spillover Effects be in Global Petrochemical Markets?*, Oxford Energy Comment, September 2014.
- Folette C., He Y. 2012, *Natural Gas Liquids. The Implications of the Next Energy Tsunami*, The Boston Consulting Group.
- Fukui R., Greenfield C., Pogue K., van der Zwaan B. 2017, *Experience curve for natural gas production by hydraulic fracturing*, "Energy Policy", vol. 105, June 2017, s. 263–268, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.02.027> (26.05.2017).
- Henry Hub Natural Gas Spot Price*, https://ycharts.com/indicators/natural_gas_spot_price (26.05.2017).
- Hughes J. 2016, *Shale gas reality check. Revisiting the U.S. Department of Energy Play-by-Play Forecasts through 2040 from Annual Energy Outlook 2016*, Post Carbon Institute, December 2016.
- Hydraulic Fracturing 2015, *Oil and Gas Production, and the U.S. Energy Sector*, U.S. EPA, June 2015.
- Golden J., Wiseman H. 2015, *The Fracking Revolution: Shale Gas as a Case Study in Innovation Policy*, "Emory Law Journal", vol. 64, iss. 4, s. 957–1038.
- King L., Nordhause T., Shellenberger M. 2015, *Lessons from the shale revolutions*, Breakthrough Institute, April 2015.
- Lawrence R. 2014, *Implications of Reduced Oil Imports for the U.S. Trade Deficit*, CFR Energy Report, January 2014.
- Lippe D. 2014, *Pipelines expand to meet NGL growth*, "Oil&Gas Journal", 11 March 2014.
- McGlade Ch., Speirs J., Sorrell S. 2013, *Unconventional gas – A review of regional and global resource estimates*, "Energy", vol. 56, June 2013, s. 571–584, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.01.048> (13.05.2017).
- McLinn J., Porter M., Shannon T. 2013, *How petrochemical companies can thrive in the NGL boom*, Insights Bain Brief, Bain&Company, 21 November 2013.

- Middleton R., Gupta R., Hyman J., Viswanathan H. 2017, *The shale gas revolution: Barriers, sustainability, and emerging opportunities*, "Applied Energy", vol. 199, August 2017, s. 88–95, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.04.034> (19.05.2017).
- Montgomery C., Smith M. 2010, *Hydraulic Fracturing. A history of enduring technology*, JPC, December 2010, s. 26–32.
- Oil and Natural Gas Supply Chains* 2015, American Petroleum Institute, <http://www.api.org/news-policy-and-issues/safety-and-system-integrity/oil-natural-gas-supply-chains>
- Oil & Natural Gas Transportation & Storage Infrastructure: Status, Trends, & Economic Benefits* 2013, American Petroleum Institute, December 2013, s. 34–43.
- Ruppel C. 2011, *Methane hydrates and the future of natural gas*, Supplementary Paper #4, The Future of Natural Gas, MIT.
- Sandrea I. 2014, *US shale gas and tight oil industry performance: challenges and opportunities*, Oxford Energy Comment, March 2014.
- Shale gas. Still a boon to US manufacturing?*, PWC, December 2014, America's New Energy Future: The Unconventional Oil and Gas Revolution and the US Economy, IHS, September 2013.
- Shale Gas Production drives world natural gas production growth*, 15 August 2016, U.S. EIA.
- Shale oil and gas. Fractured finances* 2015, "The Economist", 4 July 2015.
- Shellenberger M., Nordhaus T., Trembath A., Jenkins J. 2012, *Where the Shale Gas Revolution Came From: Government's Role in the Development of Hydraulic Fracturing in Shale*, Breakthrough Institute Energy & Climate Program, May 2012.
- Smith Ch. 2012, *U.S. NGL pipelines expand to match liquids growth*, "Oil&Gas Journal", 5 July 2012.
- Stevens P. 2012, *The Shale Gas Revolution: Developments and Changes*, Briefing Paper, Chatham House, August 2012.
- The U.S. Manufacturing Recovery: Uptick or Renaissance?* 2014, IMF Working Paper, February 2014.
- Trends in U.S. Oil and Natural Gas Upstream Costs* 2016, U.S. EIA, March 2016.
- Unconventional gas production database*, IEA, [https://www.iea.org/ugforum/ ugd/](https://www.iea.org/ugforum/ugd/), (7.05.2017).
- Wang Q., Chen X., Jha A., Rogers H. 2014, *Natural gas from shale formation – The evolution, evidences and challenges of shale gas revolution in United States*, "Renewable and Sustainable Energy Reviews", vol. 30, February 2014, s. 1–28, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.065> (20.05.2017).
- Wang Z., Krupnick A. 2013, *A Retrospective Review of Shale Gas Development in the United States*, Discussion Paper, Resources for the Futures, April 2013.
- World Energy Outlook 2015, OECD/IEA, Paris.
- World Energy Outlook. Special Report 2012, Golden Rules for a Golden Age of Gas. Special Report, World Energy Outlook. Special Report on Unconventional Gas, OECD/IEA, Paris.
- World Energy Outlook. Special Report 2011: Are we Entering a Golden Age of Gas. Special Report, OECD/IEA, 2011.