

UCZENI NA GAZIE

Wydobycie gazu łupkowego rozpatruje się głównie w kategoriach przemysłowych i ekonomicznych. Ale można na tę kwestię spojrzeć także naukowo. W jakim celu?

dr hab. Marek Jarosiński

Państwowy Instytut Geologiczny
– Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

Przez kilkanaście ostatnich lat w USA i Kanadzie rozwinęła się nowa wielka gałąź przemysłu wydobywczego: eksploatacja złóż łupkowych. W jej rozwój zainwestowano kilkaset miliardów dolarów. Efektem był lawinowy spadek cen gazu ziemnego i energii, co według wielu ekonomistów stało się bodźcem dla ożywienia pogrążonej w marazmie po kryzysie bankowym 2008 roku gospodarki USA.

Potraktowanie prawie nieprzepuszczalnych łupków jako skały złożowej (zbiornikowej) łamało dotychczasowe dogmaty geologii naftowej. Toteż nie przypadkiem liderem takich eksperymentów został deweloper budowlany z Teksasu (choć geolog z wykształcenia) George P. Mitchell. Wsławił się on nie-

Wydobycie gazu łupkowego
w Pensylwanii



BADANIA NAD ZŁOŻAMI ŁUPKOWYMI

zwykłym uporem, przez kilkanaście lat finansując drogie eksperymenty szczelinowania hydraulicznego w głębokich otworach wiertniczych mające na celu drobne skruszenie łupków, aby zmusić je do oddania resztek wygenerowanego metanu. Po wielu latach prób z różnymi płynami szczelinującymi eksperymenty zakończyły się powodzeniem i od początku XXI wieku łupki zaczęły „produkować” gaz w ilościach komercyjnych. Z punktu widzenia uczonych było to zjawisko niecodzienne, gdyż sukces nie był efektem wdrożenia przemysłowego osiągnięcia nowoczesnej nauki, a raczej owocem fantazji „szalonego” biznesmena. W Europie byłoby nie do pomyślenia, aby ktoś taki zatłaczał pod ziemię podejrzaną substancję i kruszył skały z nieprzewidywalnymi dla środowiska skutkami.

Gdzie się podział nasz boom?

Niedawno byliśmy również świadkami boomu łupkowego w Polsce, gdzie na dużym obszarze występują łupki niewiele różniące się od tych eksploatowa-

nych w USA. Karierę w mediach zrobiła prognoza U.S. Energy Information Administration, wydana w 2011 roku, przewidująca występowanie w Polskich łupkach 5,3 bln m³ gazu – ilości mogącej wystarczyć Polsce na kilkaset lat, uniezależniając nas od gazu rosyjskiego. Te entuzjastyczne szacunki, niepodparte jednak analizą danych geologicznych (do których autorzy raportu nie mieli dostępu), stały się na dłuższy czas nie tylko pożywką dla mediów, ale również natchnieniem do planowania podziału zysków z produkcji dla polityków. Pierwsza analiza oparta na realnych danych geologicznych, wykonana w Państwowym Instytucie Geologicznym w 2012 roku, zredukowała te prognozy kilkanaście razy. Tymczasem firmy, które uzyskały ponad 100 koncesji na poszukiwanie gazu łupkowego na terenie Polski, wywierciły 70 głębokich na kilka kilometrów otworów poszukiwawczych. W większości z nich stwierdzono przyływ gazu, jednak w ilościach dalekich od poziomu ekonomicznie opłacalnego. Po kilku latach bezowocnych poszukiwań zagraniczne koncerny zaczęły opuszczać nasz kraj, do czego przyczynił się również spadek cen węglowodorów na świecie.

W takim kontekście przemysłowym w 2013 roku ruszył w Polsce program badawczy Blue Gas poświęcony badaniom łupków gazonośnych, finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Każdy z realizowanych w nim projektów ma na czele lidera przemysłowego, udostępniającego nieodpłatnie do badań dane z koncesji poszukiwawczych. Jak cenne są te dane, ilustruje koszt wykonania jednego otworu poszukiwawczego (wraz ze szczelinowaniem w odcinku poziomym), który w Polsce jest znacznie wyższy niż w USA i osiąga 100 mln zł. Informacje z otworów wiertniczych uzupełnione są zdjęciami sejsmicznymi ukazującymi obraz przestrzenny głębokiej struktury basenu osadowego, który stanowi dla geologów naturalne laboratorium badań. Biorąc pod uwagę, że w poszczególnych projektach analizowanych jest kilka otworów wiertniczych, łatwo się domyślić, że koszt pozyskania danych jest kilkadziesiąt razy większy od nakładów na ich analizę. Taka jest specyfika złożowych badań geologicznych, które zwykle nie są możliwe bez partnera przemysłowego. Z drugiej zaś strony wartość danych dla partnera przemysłowego jest tak duża jak ilość i jakość istotnych złożowo informacji, które uda się z nich wydobyć. Na tym polega synergia między naukowymi i przemysłowymi partnerami konsorcjów zaangażowanych w ten program. Interes państwa, wykładającego na te badania z budżetu nauki setki milionów złotych, może zaś polegać na spodziewanych dochodach budżetowych z eksploatacji złóż lub co najmniej na solidnej weryfikacji rozbieżnych prognoz złożowych. Dysponowanie realistyczną prognozą w tym zakresie jest istotne dla planowania strategii rozwoju sektora energetycznego. Na ile nadzieje te zostaną zrealizowane, dowiemy się za półtora roku



**dr hab.
Marek Jarosiński**

jest geologiem. Pracuje w programie Bezpieczeństwo Energetyczne w PIG-PIB. Kieruje projektami ShaleMech i ShaleSeq.

marek.jarosinski@pgi.gov.pl



– po zakończeniu projektów Blue Gas, ja zaś chciałem podzielić się kilkoma refleksjami związanymi z realizacją kierowanych przeze mnie dużych projektów badawczo-rozwojowych: ShaleMech i ShaleSeq (ang. *shale* znaczy łupek) finansowanych w ramach Blue Gas oraz z Norweskiego Mechanizmu Finansowego.

O, jest boom. W badaniach rozwojowych

W przypadku projektu ShaleMech liderem przemysłowym jest Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo SA, a liderem naukowym jest zespół z Państwowego Instytutu Geologicznego. Badania skoncentrowane są na analizie właściwości mechanicznych i stanu obciążenia *in situ* perspektywicznych formacji łupkowych. Wiedzę geomechaniczną wykorzystuje się przy projektowaniu optymalnego zabiegu szczelinowania hydraulicznego, jak również do prognozowania stabilności ścian otworów wiertniczych, których awarie przysparzają operatorom koncesji wielomilionowych strat.

Wartość danych dla partnera przemysłowego jest tak duża jak ilość i jakość istotnych złożowo informacji, które uda się z nich wydobyć. **Na tym polega synergia między naukowymi i przemysłowymi partnerami**

Ostatecznie wyniki badań w projekcie ShaleMech mają pomóc PGNiG w podjęciu racjonalnej – opartej na wiedzy – decyzji o kontynuacji lub zaniechaniu dalszych poszukiwań gazu w łupkach na posiadanych koncesjach. Opracowanie dużej ilości różnorodnych danych z koncesji wymagało zbudowania szerokiego konsorcjum wykonawców badań obejmującego poza liderem naukowym zespoły z Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego, z Instytutu Geofizyki PAN oraz – spoza konsorcjum – z Instytutu Nafty i Gazu oraz Uniwersytetu Wrocławskiego. Projekt jest w połowie realizacji, a koszt wykonania całości badań szacowany jest na 10 mln zł.

Ze względu na niesłabnące zainteresowanie złożami łupkowymi na świecie z Norweskiego Mechanizmu Finansowego udało nam się uzyskać fundusze na realizację drugiego projektu – ShaleSeq, do którego dane otworowe udostępniło nam również PGNiG. Badana jest w nim opcja składowania w łupkach dwutlenku węgla, którego nadmierna emisja jest odpowiedzialna

za gwałtowne ocieplenie się klimatu i wszelkie negatywne zjawiska z tym związane. CO₂ ma właściwości sprzyjające wiązaniu się w przestrzeni porowej łupku (adsorpcji), a zwłaszcza w zawartej w nim materii organicznej, jak również wykazuje zdolność do wypierania ze złoża węglowodorów. Ta cecha jest wykorzystywana praktycznie do zwiększenia produkcji gazu lub ropy ze złóż konwencjonalnych, która kompensuje wysokie koszty składowania CO₂. W złożach łupkowych ta technologia nie była jeszcze stosowana w praktyce, toteż badania nasze mają charakter teoretyczny, a w wielu aspektach podstawowy – odnoszą się bowiem do uniwersalnych reakcji fizycznych i chemicznych zachodzących pod wpływem CO₂. Badane są m.in. mechanizmy przenikania gazów przez ciasną przestrzeń porową łupku (dyfuzja), przepływy w obrębie szczelin podpartych substancją ziarnistą oraz przepływy, którym towarzyszą reakcje chemiczne związane z zakwaszeniem ośrodka skalnego przez CO₂. Staramy się, aby nasze modele teoretyczne były osadzone w realnym kontekście geologicznym i w tym celu badamy skład mineralny i strukturę przestrzeni porowej w łupku gazonośnym. Przy okazji sprawdzamy, czy pojemność łupków może być znacząca z punktu widzenia redukcji nadmiernych emisji CO₂. Ze względów technologicznych i ekonomicznych warunkiem składowania CO₂ w prawie nieprzepuszczalnych łupkach jest wcześniejsza eksploatacja gazu i związana z nią obecność szczelin hydraulicznych w złożu. To przesądza, że perspektywa składowania w Polsce CO₂ w łupkach jest na razie odległa i aktualnie technologia ta nie stanowi konkurencji dla wariantu składowania w naturalnych, porowatych zbiornikach geologicznych wypełnionych solanką. Nie obniża to jednak atrakcyjności paleozoicznych łupków Pomorza jako naturalnego laboratorium badawczego. Projekt ShaleSeq o budżecie blisko 2 mln euro wykonywany jest wspólnie z partnerami norweskimi z Uniwersytetu z Oslo oraz fizykami i geologami z UW i UW r oraz inżynierami z Politechniki Śląskiej. W sumie zaangażowanych jest ok. 30 wykonawców z 6 krajów europejskich.

Jest świetnie, ale nie beznadziejnie

W obu projektach fascynująca jest ogromna rozpiętość skali obiektów badań, obejmująca 13 rzędów wielkości od angstromów (jednostka długości równa 10⁻¹⁰ m) – w przypadku analizy wiązań sorpcyjnych i dyfuzji gazów w ciasnej przestrzeni porowej, po tysiące kilometrów – np. w przypadku modelowania wpływu transgresji i regresji lodolodu w okresie zlodowaceń na odształcenia w złożu. Pomiędzy tymi skrajnościami znajdują się skałe przestrzenne, w których prowadzone są analizy złożowe, również wymagające skalowania parametrów w zależności od rozważanych

BADANIA NAD ZŁOŻAMI ŁUPKOWYMI

procesów. Dobór odpowiedniej skali analizy w ośrodku anizotropowym i niejednorodnym jest bodajże najtrudniejszym wyzwaniem, przed jakim stajemy. Nasze badania mają skalę w Polsce bezprecedensową zarówno w praktyce przemysłowej naszych firm, jak i na uczelniach. Tak ryzykowne rozszerzenie ich zakresu zainspirowane zostało mnogością pytań, na które ciągle nie znamy odpowiedzi. Z tego powodu zdecydowaliśmy się początkowo testować szeroki wachlarz czynników oddziałujących na złożę, aby ostatecznie wyłuskać te, które mają kluczowe znaczenie dla produkcji gazu lub składowania CO₂. To wymusiło zaangażowanie do realizacji interdyscyplinarnych badań geologów, fizyków, matematyków, informatyków z różnych instytucji. Dla tak zróżnicowanego zespołu wyzwaniem jest znalezienie wspólnego języka oraz utworzenie spójnej syntezy badań, które można osiągnąć tylko po opuszczeniu bezpiecznej niszy dotychczas uprawianej dyscypliny badań. Ze względu na złożoność zachodzących w złożu procesów synteza analiz prowadzona jest zazwyczaj metodami numerycznymi, do których kody piszą wykonawcy projektu. Wspólnym językiem – w którym geolodzy bywają analfabetami – staje się zatem matematyka.

Badania naukowe w zakresie geologii naftowej mają potężnego konkurenta w postaci firm serwisowych, które wykonują wiercenia, badania geofizyczne i interpretują wyniki pomiarów dla koncernów naftowych. Budżety na badania i rozwój w największych z nich w dobrych okresach przekraczają 1 mld (miliard!) dolarów rocznie. Ich doświadczenie związane z wykonywaniem tysięcy otworów i interpretacji w złożach łupkowych są nieporównywalne z tym, co mogą zaoferować placówki naukowe, a zwłaszcza niedoświadczone polskie. Jaką zatem wartość dodaną oferujemy w naszych projektach poza uczeniem się i ewentualnie przygotowaniem nowoczesnych kadr dla przemysłu? Pytanie to jest tyle brutalne, co zasadne.

No to teraz szczerze

Hmm... szczerze? Nie wydaje się, aby realizacja projektów Blue Gas doprowadziła do wynalezienia nowej technologii mogącej zawrócić bieg historii złóż łupkowych w Polsce. Ale jednocześnie w naszych projektach znajdujemy wiele detali przemysłowych analiz wykonywanych również przez firmy serwisowe, które można naszym zadaniem ulepszyć, lepiej skonfigurować lub dogłębniej zinterpretować. Firmy serwisowe pracują szybko i standardowo. Utrzymanie standardu jest wysoko cenione w sektorze naftowym, gdyż odpowiedzi powinny być jednoznaczne i nie pozostawiać miejsca na dodatkowe interpretacje. Oprogramowanie, jakim się posługują te firmy, błyskawicznie integruje jak największą liczbę danych, dlatego przy bieżącej obsłudze wierceń, gdzie decyzje trzeba podejmować szybko – są bezkonkurencyjne.

Jednak z punktu widzenia precyzji tworzonych modeli widzimy przestrzeń dla dopracowania parametrów obliczeniowych.

Nasze analizy są zatem przeciwieństwem prac wielkiej konkurencji: są niestandardowe, czasochłonne, często nieefektywne – wpadamy w ślepe zaułki analiz, z których często nic praktycznego nie wynika lub odkrywamy dawno znane, choć często ukryte algorytmy. Jednym słowem, błądzimy tam, gdzie rodzi się nauka... Nie ma cudów, naukę i wiedzę buduje się drobnymi acz konsekwentnymi krokami i nie ma możliwości przeskoczenia z braku wiedzy i doświadczenia wprost w innowacyjność. Przebłyski wielkiego odkrycia, jak skok Fortuny, zdarzają się niezmiernie rzadko. Piętą achillesową polskiej nauki (geologii) jest niezdolność do tworzenia i utrzymania interdyscyplinarnych zespołów bez względu na poziom naukowy, jaki reprezentują. Tak jest i w naszych projektach: po 3-letniej mozolnej budowie zespołów, kiedy właśnie osiągną one dojrzałość badawczą – będziemy musieli się rozwiązać i zamknąć w swoich niszach. A za parę lat, gdy liderzy zdobędą kolejny PROJEKT, budowlę zaczniemy od nowa.

Czy to jest na zupełne... czy to na doktorat?

...jak w swojej „Balladzie o jeżach” poetycko zapytał Jak Krzysztof Kelus. Bez względu na to, czy w Polsce dojdzie do eksploatacji gazu łupkowego, wyniki prowadzonych badań będzie można wykorzystać w innych dziedzinach: do nowoczesnej eksploatacji konwencjonalnych złóż węglowodorów przez składowiska odpadów i magazyny paliw płynnych w głębokich strukturach geologicznych lub w innowacyjnych technologiach szczelinowania, które w wielu rejonach świata ciągle znajdują się w centrum zainteresowania. Od strony naukowej podejście interdyscyplinarne przyczyni się do nadania analizom fizyków bardziej praktycznego charakteru, a geologów dobroi w bardziej zaawansowane narzędzia matematyczne i informatyczne oraz szerzej uchyli okno na świat nauk o Ziemi w Polsce. Przy życzliwym podejściu firm naftowych potencjalne rozczarowanie gazowym eldorado można przynajmniej w części osłodzić cichym sukcesem naukowców budujących nowoczesne zespoły badawcze, częściowo finansowanych pieniędzmi zagranicznego podatnika.

MAREK JAROSIŃSKI



Chcesz wiedzieć więcej?

Economides M.J. & Nolte K.G. (2000). *Reservoir Stimulation*. John Wiley & Sons Ltd, 1–820.

Zoback M.D. (2007). *Reservoir Geomechanics*. Cambridge University Press, 1–449.