



WZBURZENIE SKAŁ



Dr Grzegorz Lizurek jest geofizykiem, pracuje w Zakładzie Sejsmologii. Zajmuje się fizyką źródła sejsmicznego wstrząsów tektonicznych i antropogenicznych.

lizurek@igf.edu.pl

Wydobywanie przez człowieka surowców naturalnych, np. gazu łupkowego, może zaburzyć wewnętrzną strukturę skał, a więc doprowadzić do uwolnienia znacznej energii, czyli do trzęsienia ziemi. Czy niebezpieczeństwo wstrząsów w Polsce jest duże? Odpowiedzi szukają naukowcy z Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk.

SEJSMICZNOŚĆ ANTROPOGENICZNA

dr Grzegorz LizurekInstytut Geofizyki,
Polska Akademia Nauk, Warszawa

Sejsmiczność antropogeniczna to dynamiczna odpowiedź skał na ingerencję człowieka w ich strukturę zaburzającą naturalny stan naprężeń. W efekcie dochodzi do gwałtownego uwolnienia nagromadzonej w skałach energii sprężystej – skała pęka lub masy skalne przesuwają się wzdłuż wcześniej istniejącej już szczeliny. Zjawiskom tym towarzyszy wypromieniowanie energii w postaci drgań nazywanych falami sejsmicznymi, czyli trzęsienia ziemi.

Kiedy ziemia drży

Główne przyczyny takich wstrząsów to podziemne i odkrywkowe wydobywania surowców naturalnych, napełnianie sztucznych zbiorników wodnych, konwencjonalne i niekonwencjonalne pozyskiwanie ropy i gazu ziemnego, eksploatacja złóż geotermalnych oraz podziemne eksplozje bomb jądrowych. Takie trzęsienia są zróżnicowane wielkością – jedne są niemal niewyczuwalne dla ludzi, inne niezwykle dynamiczne, zagrażające życiu wielu osób. Liczbą miarą siły drgań jest magnituda. Wprowadzili ją w 1935 roku Charles F. Richter i Beno Gutenberg i dlatego jest popularnie nazywana skalą Richtera, mimo że obecna wersja tej miary wiążąca wielkość drgań gruntu wywołanych przez dane zjawisko sejsmiczne z powierzchnią uskoku i wielkością przesunięcia skał w jego trakcie została zaproponowana przez Toma C. Hanksa i Hiroo Kanamoriego w 1979 roku. Skala magnitudowa jest logarytmiczna: wstrząs o magnitudzie 7 jest dziesięciokrotnie większy od tego o magnitudzie 6. Zjawiska o magnitudzie 7 i więcej to bardzo silne wstrząsy, które mogą spowodować konsekwencje porównywalne do tektonicznych trzęsień ziemi.

Najsilniejszym potwierdzonym naukowo zjawiskiem wywołanym przemysłową działalnością ludzką był wstrząs o magnitudzie 7,3, który wystąpił w 1976 roku w rejonie konwencjonalnego wydobywania gazu ziemnego w Gazli w obecnym Uzbekistanie. Sześć osób zginęło, 10 tysięcy straciło dach na głowę. Słabszy wstrząs o magnitudzie 6,5 zanotowano w Indiach w 1967 roku w rejonie sztucznego zbiornika wodnego Koyna. 180 osób zginęło, ponad 1500 zostało rannych, a 80% zabudowy w najbliższej położonej miejscowości uległo zniszczeniu. Ciągłe trwa naukowa debata dotycząca wpływu napełniania zbiornika wodnego Zippingpu w Chinach na wystąpienie tragicznego trzęsienia ziemi o magnitudzie 7,9 w rejonie Wenczuan w 2008 roku. W jego wyniku zginęło 240 tys. osób. Najsilniejsze naturalne trzęsienie ziemi, które zareje-

strowano, miało magnitudę 9,5, czyli było ponad sto razy silniejsze od wstrząsu w rejonie Gazli. Większość zjawisk sejsmicznych wywołanych przez człowieka nie jest tak silna.

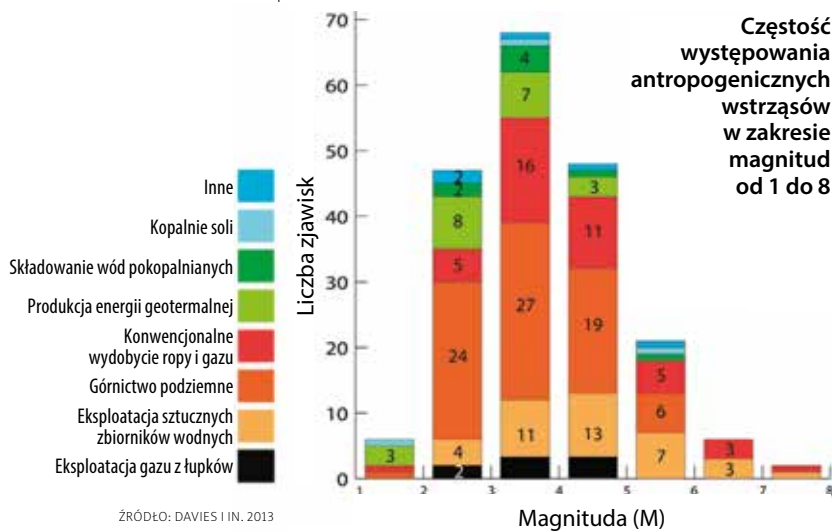
W Polsce tak silne trzęsienia ziemi – ani naturalne, ani indukowane działalnością ludzką – nie występują. Na podstawie doniesień historycznych można wyliczyć, że przez ostatnie 1000 lat wystąpiło w sumie około 100 naturalnych trzęsień ziemi odczuwalnych przez ludzi. Obecnie rejestruje się kilka odczuwalnych wstrząsów miesięcznie na obszarach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) oraz Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM), są to wstrząsy pochodzenia górniczego. Raz na kilka lat dochodzi do odczuwalnego zjawiska w obrębie odkrywkowej kopalni węgla brunatnego w Bełchatowie.

Wstrząsy górnośląskie rzadko osiągają siłę stanowiącą zagrożenie sejsmiczne. Dotychczas odnotowano zaledwie kilka zjawisk o magnitudzie 4,0 lub więcej. Większość wystąpiła w latach 80., ostatnie zarejestrowano w kwietniu 2015 roku (dane Głównego Instytutu Górnictwa, www.grss.gig.eu). W rejonie GZW magnitudę 3,0 przekracza obecnie około 20 zjawisk rocznie, jednak ogólnie rejestrowanych jest około 1000 zjawisk rocznie. W LGOM dochodzi do wstrząsów większych niż na Górnym Śląsku. Największy wystąpił w 1977 roku w kopalni Lubin i miał magnitudę 4,5. Do 2015 roku zanotowano trzy zjawiska o podobnej sile, z czego ostatni w marcu 2013 roku (dane Instytutu Geofizyki PAN). Rocznie w rejonie LGOM rejestruje się kilkaset zjawisk sejsmicznych

Polacy w projekcie EPOS Wieloletnie doświadczenie polskich naukowców w zakresie badań sejsmiczności antropogenicznej doprowadziły do utworzenia grupy roboczej w ramach European Plate Observing System. Do 2019 roku wdrażane będą rozwiązania zaproponowane w fazie przygotowawczej, która trwała od 2010 do 2014 roku. Na tym etapie projektu IGF PAN jest liderem pakietu roboczego, którego celem jest zintegrowanie danych i sposobów ich przetwarzania w celach naukowych w obrębie tzw. węzła zagrożeń antropogenicznych. W 2015 roku IGF PAN z Akademickim Centrum Komputerowym AGH Cyfronet, GIG i Kompanią Węglową SA stworzył prototyp takiego węzła w postaci bezpłatnej platformy <https://tcs.ah-epos.eu/> (projektu IS-EPOS finansowany ze środków Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka w latach 2013–2015). Na platformie udostępniono 6 zestawów danych sejsmicznych, geologicznych i produkcyjnych tworzących tzw. epizody sejsmiczności antropogenicznej. Są to kompletne zestawy danych geofizycznych, geodezyjnych i technologicznych skorelowanych czasowo i przestrzennie opisujące sejsmiczność wywołaną przez określoną technologię eksploatacji zasobów w konkretnym miejscu. Informacje pochodzą z Polski, Niemiec i Wietnamu, dotyczą górnictwa podziemnego, eksploatacji sztucznych zbiorników wodnych i produkcji energii geotermalnej. Dalszy rozwój platformy ma objąć udostępnienie co najmniej 20 epizodów ze wszystkich typów sejsmiczności antropogenicznej.

Fot. 1:

Ciągle trwa naukowa debata dotycząca wpływu napełniania zbiornika wodnego Zippingpu w Chinach na wystąpienie tragicznego trzęsienia ziemi o magnitudzie 7,9 w rejonie Wenczuan w 2008 roku, w którym zginęło 240 tys. osób.



z obrębu trzech kopalń: Lubin, Polkowice-Sieroszewice i Rudna. W Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów” wstrząsy występują rzadko, lecz są one stosunkowo duże. Pięć zjawisk przekroczyło magnitudę 4,0. Ostatnie wystąpiło w listopadzie 2014 roku (dane za European-Mediterranean Seismological Centre, www.emsc-csem.org i IGF PAN).

Jak dynamiczne są łupki

Od kilku lat zainteresowanie Polaków budzą zagrożenia, jakie może powodować niekonwencjonalne wydobywanie ropy oraz gazu, szczególnie z formacji łupkowych poprzez szczelinowanie hydrauliczne. Technologia ta polega na wtłoczeniu do łupków pod bardzo wysokim ciśnieniem wody z niewielką domieszką środków chemicznych i podsadzki w celu tzw. stymulacji złoża. W wyniku tej operacji skała pęka, co umożliwia wydostanie się uwięzionego w niej gazu ziemnego. Wszelkie pęknięcia należy traktować jako małe zjawiska sejsmiczne (tzw. mikrosejsmiczność). Zjawiska te są dla ludzi nieodczuwalne, można je zarejestrować jedynie za pomocą specjalistycznej aparatury. Zdarza się jednak, że w rejonie wydobywania dochodzi do silniejszego zjawiska sejsmicznego. Powodują je dwa czynniki: w rejonie eksploatacji musi istnieć aktywny w sensie geologicznym uskoki, a eksploatacja musi spowodować duże zmiany naprężeń w skałach. Jak dotąd takich sytuacji zanotowano kilka. Najsilniejsze wystąpiło w Kanadzie w 2015 roku – miało magnitudę 4,6. Słabsze zanotowano w USA (2,8) oraz w Wielkiej Brytanii (2,3). W USA zaobserwowano wstrząsy do magnitudy 5,3 i zwiększoną aktywność sejsmiczną. Nie był to efekt szczelinowania, ale wtłaczania dużych ilości wód będących odpadem po wydobywaniu gazu i ropy do otworów zaprojektowanych do składowania płynnych odpadów poeksploatacyjnych. Otwory takie są zwykle głębsze od tych do szczelinowania, a ilość płynu wtłaczana tam może pochodzić z kilku miejsc eksploatacji gazu. W Unii

Europejskiej ta praktyka jest zabroniona. Jednak na jej terenie pozyskuje się energię geotermalną poprzez wprowadzanie wody do skał o podwyższonej temperaturze. Efekty sejsmiczne z tym związane są jednak znacznie słabsze – najsilniejszym pozostaje trzęsienie o magnitudzie 3,4 w rejonie Bazylei w 2008 roku. Spowodowało ono straty materialne – łączna suma pozwów o odszkodowanie wyniosła około 6 mln euro. Presja społeczna oraz analiza przyszłego zagrożenia wstrząsami, przeprowadzona na zlecenie inwestora i wskazująca na możliwość wystąpienia dalszych zjawisk o podobnej sile, spowodowały zamknięcie projektu wartego ponad 40 mln euro.

Jak ocenić ryzyko

Szczelinowanie i jego wpływ na środowisko jest przedmiotem zainteresowania przedstawicieli Komisji Europejskiej i Parlamentu Europejskiego. Wiadą to m.in. w tematach proponowanych w ramach programu Horyzont 2020. IGF PAN jest wśród ośmiu uznanych międzynarodowych instytucji naukowych – takich jak AMRA (Włochy), Uniwersytet Keele (Wielka Brytania), GFZ (Niemcy) – realizujących program SHEER (SHale Gas Exploration and Exploitation Induced Risks). Jego celem jest ocena zagrożeń, na jakie narażeni są ludzie i przyroda w związku z wydobywaniem gazu ziemnego z łupków. Aby to osiągnąć, użyte zostaną najnowocześniejsze metody bezpośredniego pomiaru drgań gruntu, jakości powietrza oraz wód powierzchniowych i gruntowych w miejscu szczelinowania i jego otoczenia. IGF PAN prowadzi pomiary w gminie Liniewo (woj. pomorskie), gdzie prowadzone są prace mające na celu udostępnienie do wydobywania złoża i sprawdzenie skuteczności szczelinowania. Uzyskane dane zostaną porównane z podobnymi z innych miejsc w Polsce i Wielkiej Brytanii, gdzie prowadzono szczelinowanie, a także z danymi dotyczącymi konwencjonalnego wydobywania gazu m.in. z Wielkiej Brytanii, Holandii, oraz produkcji energii geotermalnej w Niemczech i USA. Celem projektu będzie stworzenie Naukowego Standardu Dobrych Praktyk w ocenie ryzyka działalności przemysłowej w zakresie szczelinowania hydraulicznego.

Zagrożenia dla ludzi i środowiska niesie wszelka działalność przemysłowa. Nie inaczej jest w przypadku technologii związanych z wydobywaniem surowców i produkcją energii, przy czym nowe technologie zazwyczaj są traktowane z rezerwą i obawą o skutki ich zastosowania. Jednak samo istnienie zagrożenia nie powinno być powodem zaprzestania danej działalności. Podstawą do podejmowania decyzji o rozpoczęciu i sposobie realizacji każdej inwestycji powinna być obiektywna, oparta na metodach naukowych ocena negatywnych skutków, na jakie narażeni są ludzie i środowisko przyrodnicze.

GRZEGORZ LIZUREK

Chcesz
wiedzieć więcej?

[http://www.igf.edu.pl/
materialy-edukacyjne.php](http://www.igf.edu.pl/materialy-edukacyjne.php)

<http://www.eduscience.pl>

Guterch B., Sejsmiczność
Polski w świetle danych
historycznych. *Przegląd
Geologiczny*, vol. 57, nr 6,
2009.

Wiejacz P., Lizurek G.,
Sejsmologia nie zawsze
rozumiana, *Fizyka w Szkole*
nr 3/2012.

Wiejacz P., Czy grozi
nam trzęsienie ziemi?
Wiedza i Życie nr 10/1999
[http://archiwum.wiz.
pl/1999/99103000.asp](http://archiwum.wiz.pl/1999/99103000.asp)