

POSZUKIWANIA ŹRÓDEŁ ENERGII GEOTERMALNEJ Z WYKORZYSTANIEM SPEKTROMETRII MAS

Jarosław Kowaluk¹, Jarosław Sikora²

¹Politechnika Lubelska, Wydział Eeektrotechniki i Informatyki

² Politechnika Lubelska, Katedra Automatyki i Metrologii

Streszczenie. W pracy przedstawiono zastosowanie analizy izotopowej helu do poszukiwań miejsc dostępu źródeł energii geotermalnej. Opisano podstawy analizy izotopowej helu, spektrometr mas z gazowym źródłem jonów oraz kierunki dalszych prac.

Słowa kluczowe: spektrometr mas, analiza izotopowa helu, energia geotermalna

Searching of Geothermal Energy Sources Using Mass Spectrometry

Abstract. In this paper the application of helium isotopic analysis to searching of the best access to geothermal energy sources has been presented. The basics of helium isotopic analysis, electron-impact gas ion source mass spectrometer and future researches has been considered.

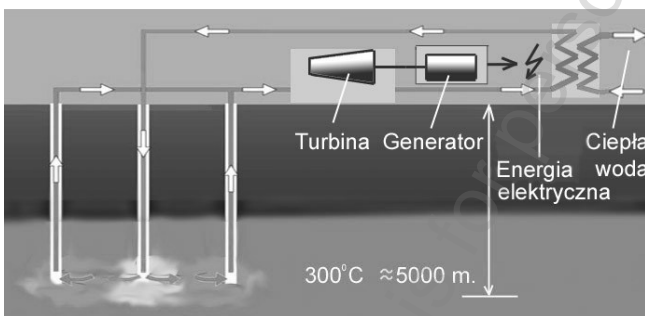
Keywords: mass spectrometr, helium isotopic analysis, geothermal energy

Wstęp

Ekologiczna sytuacja na świecie wymaga poszukiwań alternatywnych, bardziej czystych źródeł energii. Wykorzystanie energii słonecznej i energii wiatru jest uzależnione od warunków klimatycznych, natomiast energię geotermalną Ziemi można wykorzystywać bez względu na pogodę czy porę roku. Ważnym zagadnieniem w tej sytuacji jest lokalizacja źródeł energii geotermalnej oraz metody badawcze, które mogą być zastosowane. Według różnych danych, zasoby energii geotermalnej przekraczają zasoby węgla, gazu i ropy razem wziętych od 10 do 30 razy. Źródła geotermalne są atrakcyjne zarówno w aspekcie ekonomicznym jak i ekologicznym. Cechą charakterystyczną źródeł geotermalnych jest relatywnie wysoki iloraz izotopów ³He i ⁴He. W związku z tym najdokładniejszą a jednocześnie najtańszą metodą ich identyfikacji jest metoda spektrometrii mas [1-4].

1. O energii geotermalnej

Energia termalna na dzień dzisiejszy jest jedną z najmniej wykorzystywanych energii alternatywnych i być może najbardziej perspektywiczną. Jej źródłem są reakcje jądrowe zachodzące wewnątrz Ziemi.



Rys. 1. Schemat ideowy stacji geotermalnej [7]
Fig. 1. Chart of the geothermal station [7]

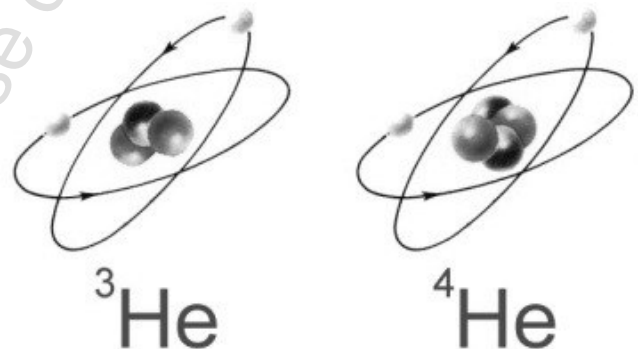
W odróżnieniu od energii słońca czy wiatru może być pozyskiwana bez względu na porę roku, dodatkowo stacje energii termalnej zajmują znacznie mniej miejsca niż farmy wiatraków czy kolektorów słonecznych.

Na rys. 1. jest przedstawiony schemat ideowy stacji geotermalnej, która zapewnia produkcję energii elektrycznej i zasilanie systemu grzewczego [7]. Metody poszukiwań takich złóż, oparte na odwiertach, są bardzo kosztowne (stanowią połowę kosztów całej stacji) i dlatego doskonalone są metody geologiczne oraz spektrometrii mas, które umożliwiają przeprowadzanie

analiz izotopowych helu oraz interpretację uzyskanych wyników z punktu widzenia poszukiwań lokalnych zasobów energii geotermalnej.

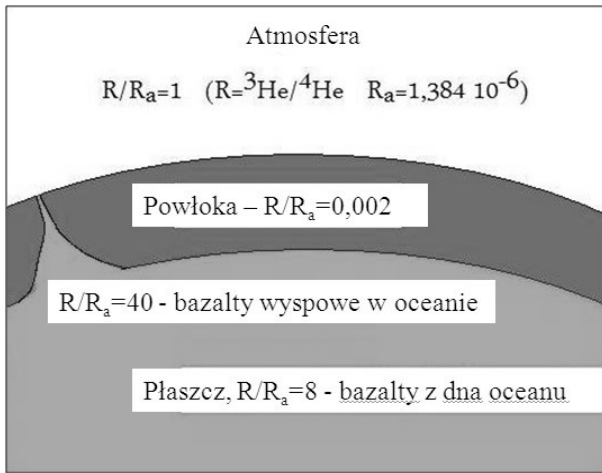
2. Pierwiastek i izotopy helu

Hel jest pierwiastkiem chemicznym z grupy gazów szlachetnych, po wodorze, najbardziej rozpowszechnionym we wszechświecie, jego obecność szacuje się na 23%, jednak na Ziemi występuje wyłącznie w śladowych ilościach ($4 \times 10^{-7}\%$ w górnych warstwach atmosfery). Występuje w postaci dwóch izotopów trwałych – ³He i ⁴He (rys. 2). Znanych jest także kilka syntetycznych izotopów nietrwałych ($T_{1/2} < 1$ sekundy), z których najbardziej stabilne są ⁶He i ⁸He [6].



Rys. 2. Izotopy helu
Fig. 2. Helium isotopes

W litosferze hel występuje w niektórych złożach gazu ziemnego, np. w Stanach Zjednoczonych jego zawartość stanowi około 1%, w złożach gazu występujących w Europie ilość ta jest bardzo mała (z wyjątkiem Polski – do 3%) [5]. Praktycznie cały hel, który istniał pierwotnie na Ziemi, nie mogąc związać się z innymi pierwiastkami, jako bardzo lekki opuścił atmosferę Ziemi, lecz jego część została zamknięta w litosferze przy tworzeniu Ziemi. W takich warunkach skład izotopowy helu (stosunek izotopowy ³He/⁴He) ma charakter pierwotny. Miejsca na powierzchni ziemi, w których hel o takim składzie izotopowym ulatnia się, świadczą o występowaniu niejednorodności litosfery (rys. 3) i są dogodne do przeprowadzania odwiertów dla celów pozyskiwania energii geotermalnej. Przyjmując R_a jako stosunek izotopowy ³He/⁴He dla helu atmosferycznego oraz R jako stosunek izotopowy ³He/⁴He dla pobranych próbek litosfery można zaobserwować (rys. 3) duże zróżnicowanie wartości R/R_a co umożliwia, z dużą wiarygodnością, wyznaczenie miejsc z relatywnie łatwym dostępem do złóż energii geotermalnej.



Rys. 3. Stosunek izotopów helu w różnych warstwach [1]

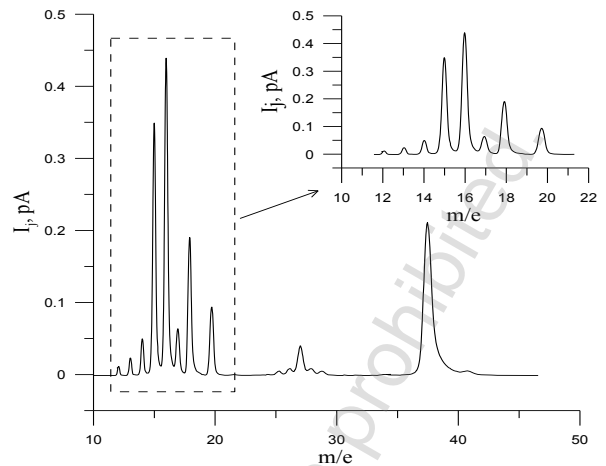
Fig. 3. Mutual relations of isotopes of helium in different layers [1]

Pomiary składu izotopowego helu dla pobranych próbek materii będą realizowane za pomocą spektrometru mas.

3. Technika spektrometrii mas

Spektrometria mas znajduje szerokie zastosowanie w bardzo różnorodnych badaniach fizycznych i fizykochemicznych. Za pomocą spektrometru mas można z interesującej nas próbki gazowej, cieczy lub ciała stałego uzyskać wiązkę jonową, przeprowadzić jej rozdzielanie w zależności od mas jonów zawartych w wiązce, a następnie zmierzyć natężenia wybranych względem m/z natężeń prądów jonowych [3].

W rezultacie otrzymuje się widmo mas, które ilustruje ilość każdego pierwiastku oraz jego izotopów w danej próbce gazowej (rys. 4). Przyjmując sumę wszystkich natężeń prądów jonowych



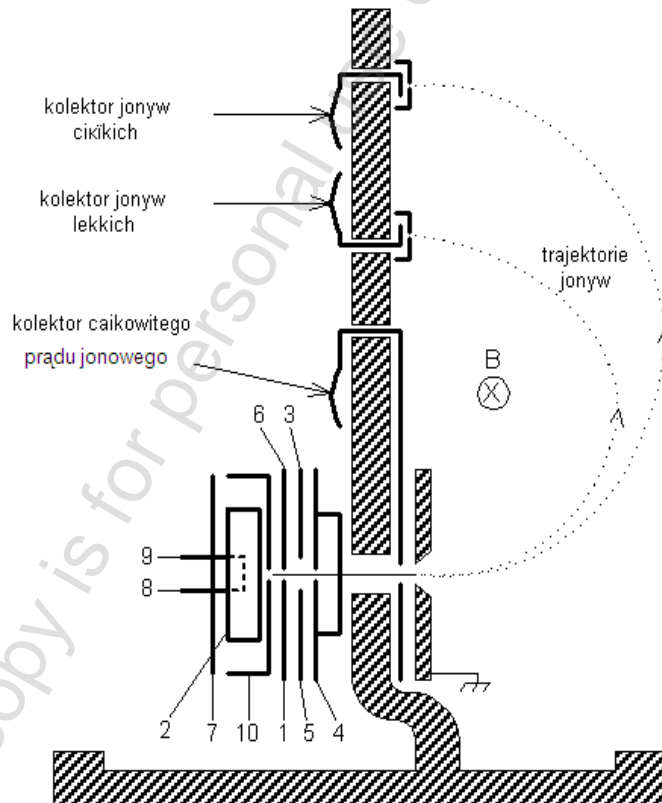
Rys. 4. Przykładowe widmo mas zmierzone spektrometrem GD-150 [3]

Fig. 4. Example view of ion current for different masses measured by spectrometer GD-150 [3]

pierwiastków w próbce za 100% oraz znając natężenie prądu jonowego pierwiastka o wybranej masie możemy otrzymać jego względny udział w próbce.

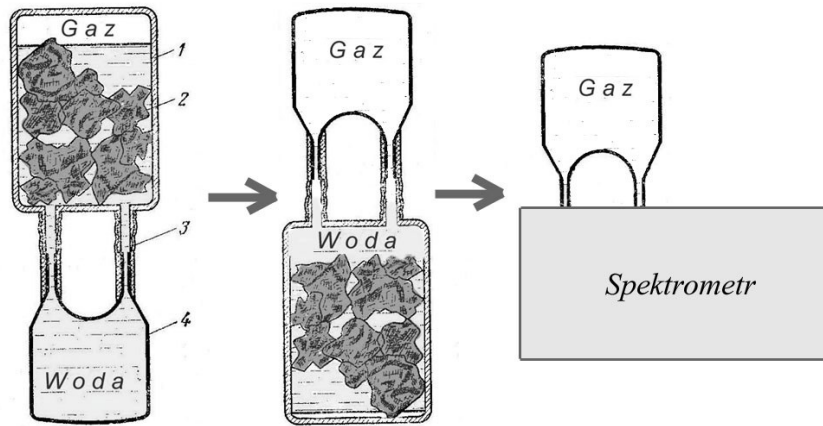
Schemat blokowy spektrometru mas pokazano na rys. 5. Z próbki gazu bombardowanej elektronami powstają dodatnio naładowane jony badanego gazu. W polu magnetycznym o indukcji B jony zostają rozdzielone względem ilorazu m/q i docierają do kolektorów jonów, połączonych z przetwornikami prąd-napięcie.

Rejestracja napięć wprost proporcjonalnych do natężeń prądów jonowych umożliwia wyznaczenie składu izotopowego helu oraz interpretację wyników dla pobranych próbek materii, z punktu widzenia poszukiwań dogodnych miejsc do przeprowadzania odwiertów.



Rys. 5. Schemat spektrometru mas [3] 1.Szczelina wąska (wyciągająca); 2.Pułapka elektronów; 3.Elektroda dzielona; 4.Szczelina zagięta obustronnie; 5.Elektroda dzielona, połączenie z dołem; 6.Szczelina wąska, połączenie z górną; 7.Wypychacz jonów (ion repeller); 8.Katoda; 9.Katoda; 10.Komora jonizacyjna

Fig. 5. Chart of the mass spectrometer [3] 1.Narrow crack; 2.Trap of electrons; 3.Divided electrode; 4.Refracted crack; 5.Divided electrode; 6.Narrow crack; 7.Ion repeller; 8.Cathode; 9.Cathode; 10. Ionization chamber



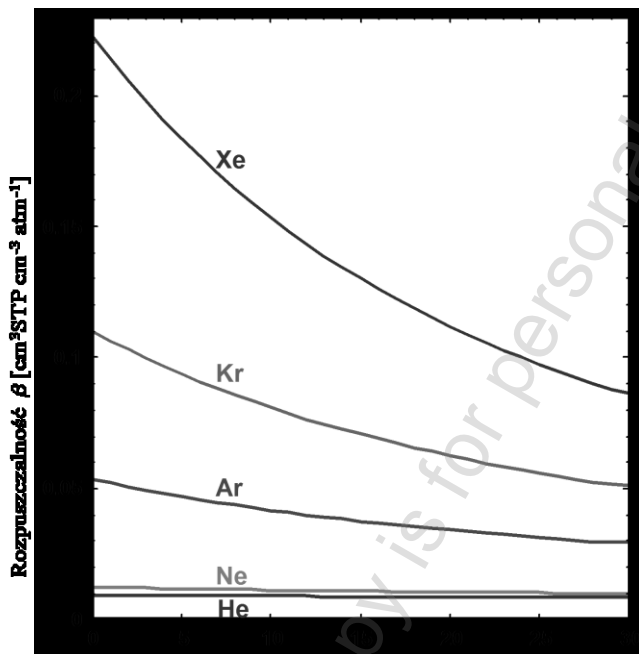
Rys. 6. Analiza próbki skalnej [4] 1 - naczynie z próbką; 2 - próbka materiału; 3 - rurki z zaciskami; 4 - naczynie z analizowanym gazem
Fig. 6. Analysis of rock sample [4] 1 – vessel with a sample; 2 – sample of material; 3 – tubes with the faucets; 4 – vessel for a sample gas measurement

4. Przygotowanie próbek do analizy

Dla spektrometru mas z gazowym źródłem jonów próbki skalne należy odpowiednio przygotować. Na rys. 6 jest przedstawiony schemat ideowy preparatyki próbki skalnej [4].

Próbkę umieszcza się w zestawie naczyń 1, 4 częściowo wypełnionych wodą. W ciągu 2-3 dni kilkakrotnie należy wstrząsać zestawem oraz zmieniać jego ustawienie o 180 stopni w kierunku pionowym. Następnie odłącza się naczynie 4 poprzez zaciśnięcie rurek 3 i zebrany gaz w naczyniu 4 stanowi materiał dla badań spektrometrycznych składu izotopowego. Pozostała część helu w wodzie stanowi 1/100 ilości helu w gazie, można więc przyjąć, że błąd preparatyki jest relatywnie mały [4].

Na rys. 7 jest przedstawiona zależność rozpuszczalności gazów szlachetnych w wodzie od temperatury.



Rys. 7. Zależność rozpuszczalności w wodzie od temperatury [1]
Fig. 7. Dependence of solubility in water from a temperature [1]

Rozpuszczalność helu w niewielkim stopniu zależy od temperatury, dzięki czemu wyniki badań składu izotopowego próbek pobranych z miejsc o zróżnicowanych warunkach termicznych mogą być bezpośrednio porównywane.

5. Wnioski

Wykorzystanie metod spektrometrii mas do lokalizacji miejsc o łatwym dostępie do takich źródeł jest również atrakcyjne ze względu na relatywnie niskie koszty badań. W ramach dalszych prac zostaną opracowane i wykonane układy dozujące spektrometru mas umożliwiające przeprowadzanie analiz izotopowych pobranych próbek materii oraz adaptacyjny układ sterowania źródłem jonów zwiększający czułość spektrometru mas i dokładność wyników pomiarów.

Literatura

- [1] J.T. Kulonogski and D.R. Hilton, *Applications of Groundwater Helium, in Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, 2011
- [2] P. Jean-Baptiste, F. Mantsi, A. Dapoigny, M. Stievenard, *Design and Performance of a Mass Spectrometric Facility for Measuring Helium Isotopes in Natural Waters and for Low-level Tritium Determination by the ³He Ingrowth Method*, *Int. J. Appl. Radiat. Isot.* **43**, 881 (1992)
- [3] Żuk Włodzimierz *Spektrometria mas i elektromagnetyczna separacja izotopów*, Warszawa 1980
- [4] Йордан Ханспетер *Изотопы редких газов в гидрогеологии*, Москва «МИР» 1983
- [5] Staab Nikki *Helium isotopes point to the best sources of geothermal energy*, Arizona State University, 2007
- [6] C.R. Hammond: *The Elements. W: CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 84th. Boca Raton: CRC Press, 2003
- [7] William E. Glassley. *Geothermal Energy: Renewable Energy and the Environment* CRC Press, 2010.

Mgr inż. Jarosław Kowaluk
e-mail: smilejarik@mail.ru

Ukończył Politechniczny Uniwersytet w Żytomierzu, Ukraina, na kierunku Technologii i Telekomunikacji, gdzie uzyskał stopień magistra. Obecnie jest uczestnikiem studiów doktoranckich w zakresie dyscypliny naukowej elektrotechnika, w Politechnice Lubelskiej. Interesuje się nowoczesnymi technologiami, odnawialnymi i ekologicznie czystymi źródłami energii. Szuka sposobu stosowania takich źródeł z największą korzyścią dla ludzi i środowiska naturalnego.



Dr hab. inż. Jarosław Sikora prof. PL
e-mail: jaroslaw.sikora@pollub.pl

Jest absolwentem Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej i Wydziału Mat.-Fiz.-Chem. UMCS. W Politechnice Lubelskiej uzyskał stopień doktora nauk technicznych oraz stopień doktora habilitowanego w zakresie dyscypliny naukowej elektrotechnika. Prace naukowo-badawcze prowadzone w Katedrze Automatyki i Metrologii Politechniki Lubelskiej dotyczą między innymi implementacji metod przetwarzania sygnałów pomiarowych w układach regulacji, przeznaczonych dla próżniowych przyrządów pomiarowych, w szczególności spektrometrów mas.

