

RYSZARD LABUŚ

Sekretariat RWPG

## HEL — KOPALINA UŻYTECZNA

UKD 546.291.003.1(00):553.691:553.981/982:551.73:553.495:622.324.71(100+438)

### HISTORIA ODKRYCIA HELU

W czasie obserwacji zaćmienia słonecznego w Indii w 1868 r. udało się przeprowadzić spektroskopiczne badania chromosfery słonecznej. J. N. Lockyer na podstawie otrzymanego widma chromosfery dowiódł, że w skład jej wchodzi wszystkie znane na Ziemi pierwiastki, oprócz jednego, którego żółta, błyszcząca linia znajdowała się obok linii sodu. Linie tę, oznaczoną symbolem D<sub>3</sub>, badali nadal J. N. Lockyer, P. J. Janssen i inni, dowodząc, iż należy ona do pierwiastka dotychczas jeszcze nieznanego i nazwali go helium — słoneczny. W. F. Hillebrand zauważył w 1868 r., że w czasie działania na uraninit kwasem siarkowym wydziela się pewna ilość gazu chemicznie biernego, którego nie można było zidentyfikować. Prace W. F. Hillebranda kontynuował William Ramsay, dowodząc w 1895 r., że gazem tym był hel.

Hel początkowo zaliczono do pierwiastków silnie rozproszonych. W 1905 r. dwaj amerykańscy uczeni D. F. Mc Farland i H. P. Cady, odkryli, iż hel w niewielkich ilościach znajduje się w złożach gazu ziemnego stanu Kansas. Wiadomość o tym wywołała duże zainteresowanie naukowców. Ponieważ jednak nieznane było znaczenie przemysłowe helu i praktyczne jego zastosowanie zainteresowanie tym odkryciem szybko osłabło.

W pierwszych latach I wojny światowej uczeni brytyjscy doszli do wniosku, że hel można z powodzeniem zastosować do napełniania wojskowych sterowców. W związku z tym pod kierownictwem W. Ramsaya w W. Brytanii i Kanadzie zostały rozpoczęte poszukiwania tego pierwiastka, które mimo znacznych wysiłków nie przyniosły rezultatów. Myśl zastosowania helu dla celów wojskowych znów nabrała znaczenia z chwilą przystąpienia do wojny Stanów Zjednoczonych. Biuro Górnicze USA (Bureau of Mines), które zwróciło uwagę władz wojskowych na tę dziedzinę zastosowania helu, otrzymało polecenie zbadania możliwości wydobywania go w znacznych ilościach i po umiarkowanych cenach. Po pozytywnej opinii Biura Górniczego polecono Służbie Geologicznej USA ustalić ilości zasobów helu oraz określić ich charakterystykę. Od tego momentu zaczęła się wielka kariera helu, trwająca prawie bez przerwy już przeszło 50 lat.

### WŁAŚCIWOŚCI I ZASTOSOWANIE HELU

Hel jest gazem bezbarwnym i bezwonym. Największą jego zaletą jest bierność chemiczna — nie wchodzi bowiem w związku z żadnym ze znanych nam pierwiastków. Jego liczba atomowa wynosi 2, ciężar atomowy — 4,0026, a gęstość — 0,17848 g/l (względem powietrza — 0,1381). Temperatura krytyczna He wynosi  $-267,9^{\circ}\text{C}$ , a temperatura skraplania  $-268,98^{\circ}\text{C}$ . Daje się zestalić pod ciśnieniem 25,27 atm i przy temperaturze  $-272,19^{\circ}\text{C}$ . W temperaturze 2,19 °K hel staje się substancją o własnościach nadciekłości, praktycznie pozbawionej lepkości.

W przyrodzie spotyka się go w atmosferze ziemskiej, a także jako domieszkę gazów ziemnych. Występuje w postaci często spotykanego izotopu He<sup>4</sup>, który powstaje w rezultacie rozpadu radioaktywnego pierwiastków promieniotwórczych w litosferze i hydrosferze, oraz w postaci izotopu He<sup>3</sup>, będącego produktem rozpadu trytu (izotop wodoru). Hel na skalę przemysłową otrzymuje się przez destylację frakcjonującą helonośność gazów ziemnych przy wykorzystaniu różnic temperatur skraplania helu i składników gazów ziemnych: metanu, etanu, butanu, azotu i in.

Zastosowanie helu wynika z jego szczególnych własności, z nich najważniejsza jest bierność chemiczna. Jedynym gazem, mogącym rywalizować z helem w zakresie przewodności cieplnej, przenikalności dźwiękowej itd. jest wodór. Wodór jest jednak chemicznie bardzo aktywny i przez to niebezpieczny przy stosowaniu. Przewodnictwo elektryczne helu jest większe niż wszystkich innych gazów z wyjątkiem neonu.

W hutnictwie stosuje się hel w celu ochrony (izolowania) roztopionych metali przed wiązaniem się z aktywnymi gazami otaczającego powietrza (głównie tlen). Szczególne znaczenie ma tu także jego właściwość a mianowicie odporność na pochłanianie go przez metale twarde i roztopione. Hel znajduje także szerokie zastosowanie przy uzyskiwaniu takich metali, jak: cynkon, glin, niob, tytan, beryl, molibden, tantal, wolfram oraz przy wytwarzaniu różnorodnych stopów z tych metali. Hel tworzy ochronną atmosferę przy spawaniu wielu metali, przede wszystkim nieżelaznych, co zapewnia dużą wytrzymałość szwu i czystość jego powierzchni.

Dzięki niewielkiemu współczynnikowi załamania helu można nim wypełniać przestrzenie między soczewkami w instrumentach optycznych: teleskopach, dalmierzach itp. Hel, ze względu na dużą pojemność ciepłą i obojętność na promieniowanie radioaktywne, stosuje się w reaktorach atomowych z gazowym chłodzeniem do przenoszenia ciepła. Z powodu niewielkich rozmiarów jego atomu i małej gęstości, pozwalającej przenikać przez niewidoczne szczeliny, znajduje hel zastosowanie jako detektor wycieków w systemach próżniowych i wielkich ciśnieni. W środowisku helowym produkuje się również kryształy półprzewodników z krzemem i germanem.

Szerokie zastosowanie znajduje hel w medycynie przy leczeniu różnych chorób układu krążenia. W atmosferze helu można bezpiecznie przechowywać w salach operacyjnych groźące wybuchem środki znieczulające. Hel wykorzystuje się także przy pracach w kesonach, w których zastępując azot razem z tlenem tworzy atmosferę dla oddychania. Słabo rozpuszczalny w krwi — nie stwarza konieczności przetrzymywania ludzi w przejściowych komorach ciśnieniowych.

W atmosferze helu doskonale konserwuje się produkty żywnościowe, zachowujące swój smak i aromat. Wielostronne jest również zastosowanie helu w badaniach naukowych. Możliwe jest zbudowanie za pomocą płynnego helu maszyn cybernetycznych o dużej pojemności programowej. Hel stosuje się przy chromatografii gazowej, napelnia się nim niektóre rodzaje lamp radiowych oraz wykorzystuje do budowy wzorcowych termometrów gazowych.

Największe jednak zastosowanie znajduje hel w przemyśle zbrojeniowym. Np. dla potrzeb tego przemysłu w USA w 1960 r. zużyto 48% wydobytego helu. Płynny hel wykorzystuje się przy budowie żyroskopów korpuskularnych i pilotów automatycznych dla samolotów, rakiet i okrętów. Żyroskopy korpuskularne zapewniają 100 razy wyższą dokładność kierowania niż mechaniczne. Mikrofale wzmacniacze wykorzystywane w stacjach radarowych i radioastronomii pracują także za pomocą płynnego helu.

Przykładem szerokiego stosowania helu mogą służyć Stany Zjednoczone, gdzie w chwili obecnej hel stosuje się w następujących gałęziach przemysłowych: rakiety i pociski rakietowe — 21% wydobytego He (ok. 3,4 mln m<sup>3</sup>), energia jądrowa — 19% (ok. 2,8 mln m<sup>3</sup>), spawanie łukowe — 18%, aerologia — 14%, aeronautyka — 9%, sterowce — 5%, pozostałe — 14%.

#### WYSTĘPOWANIE HELU

Hel jest nie tylko cennym surowcem przemysłowym, związany genetycznie z pierwiastkami promieniotwórczymi może służyć jako wskaźnik przy poszukiwaniu złóż rud radioaktywnych.

Na podstawie analizy budowy geologicznej znanych światowych złóż gazów helonośnych można stwierdzić, iż duże skupienia helu spotyka się w określonych warunkach:

- szczególnie intensywnie hel gromadzi się w strefach połączenia geochemicznych prowincji uranowych z ropo i gazonośnymi osadami paleozoicznymi;
- sprzyjającymi dla nagromadzenia helu mogą być także zachodzące w strefach głębszych dyslokacji tektonicznych procesy odgazowania skorupy ziemskiej;
- obecność zalegających blisko powierzchni skał kwaśnych (które z reguły zawierają zwiększone ilości pierwiastków promieniotwórczych) wpływa na gromadzenie się helu;
- ważne znaczenie przy powstawaniu złóż helu mogą mieć także procesy biochemicznego utleniania gazów ziemnych. Gaz pozbywając się części węglowodorowych wzbogaca się w azot, argon i hel.

Największe światowe złoża helu związane są z paleozoicznymi gazo i roponośnymi zagłębiami. Zawar-

tość He spotykana w takich złożach przewyższa zwykle 0,05%, a maksymalnie osiąga 8–10%.

W St. Zj. najbardziej wydajne złoża helu związane są z utworami ordowiku, dewonu, karbonu, permu i triasu. Zasoby He na 1 I 1961 r. wynosiły w USA 5500 mln m<sup>3</sup>, z czego 94% przypadało na złoża Hugoton, Panhandle, Greenwood i Cliffside. Średnia zawartość He w gazach ziemnych tych złóż waha się w granicach 0,5–2,0%, miejscami osiąga 8,0%.

W Kanadzie pierwsze przemysłowe złoża helu odkryto w 1952 r. W 1963 r. hel wydobywano już z 5 głównych i kilku mniejszych złóż. Największe złoża związane są z kompleksem Deadwood (górnym kambr-dolny ordowik) i zawierają 0,08–1,9% He. Zasoby He ocenia się na 14–28 mln m<sup>3</sup>. Większość tych zasobów mieści się w złożach: Atkins, Wood-Mountains, Braddock i in., znajdujących się w prowincjach Saskatchewan, Ontario i Alberta.

Znacznymi zasobami helu rozporządza również ZSRR. Na kontynencie afrykańskim znane są liczne wystąpienia gazów helonośnych, wśród nich gorące źródło Nyamasi w Tanganice, z którego wydzielające się gazy zawierają 17,9% He. Także w RPA, w złożu złoto-uranowym Witwatersrand, wydzielające się gazy ziemne zawierają do 12,9% He.

W Europie zachodniej za najbardziej atrakcyjne można uznać gazy kopalni węgla kamiennego Westfalia, zawierające do 0,22% He, a także gazy kopalni Charlerois (Belgia), zawierające do 0,33% He. Średnio gazy złóż węgla kamiennego Europy zachodniej zawierają 0,02–0,08% He. Znane jest także występowanie helu w gazach wód mineralnych Francji (do 10,3%) i Szwecji (1,0–1,4%).

W Europie wschodniej niewielkie ilości helu zostały stwierdzone w gazach ziemnych Węgier i Rumunii. Niedawno w Bułgarii w gazach wód mineralnych związanych z osadami mezozoicznymi stwierdzono stosunkowo duże zawartości He (0,632 i 0,779%).

#### HEL W POLSCE

Perspektywnymi dla odkrycia przemysłowych złóż helu w Polsce mogą okazać się złoża gazu ziemnego, związane z osadami cechsztynu. Atrakcyjne pod tym względem mogą również być złoża metanu, związane z utworami karbonu Górnego Śląska, w których stwierdzono podwyższone zawartości helu (0,3–0,4%).

#### PRODUKCJA HELU

Na skalę przemysłową eksploatują hel z gazów ziemnych tylko trzy kraje: ZSRR, USA i Kanada.

W USA do 1961 r. pracowało 6 zakładów, produkujących hel kategorii A (czystość 99,995%). Koszt budowy oddzielnych zakładów wynosił od 2,0 do 11,1 mln dol. Przerabiają one od 0,071 do 3,679 mln m<sup>3</sup> gazu ziemnego na dobę i produkują od 1,42 do 8,15 mln m<sup>3</sup> helu rocznie. W związku z dużym zużyciem gazów helonośnych, jako paliwa i możliwym wyczerpaniem helu w St. Zj. został opracowany i zatwierdzony długofalowy program (Helium act) ochrony jego zasobów. Zgodnie z tym programem przemysł prywatny został zobowiązany do zbudowania 12 nowych zakładów, produkujących hel z gazu ziemnego. Hel będzie kupowało państwo i magazynowało w podziemnych zbiornikach w Cliffside, skąd będzie się go wydobywać i oczyszczać stosownie do zapotrzebowania.

W latach 1962–1963 zbudowano zgodnie z programem 5 takich zakładów: 3 w stanie Kansas i 2 w Teksasie. Przerabiają one od 5,66 do 23,77 mln m<sup>3</sup> gazu ziemnego na dobę i produkują od 16,98 do 28,3 mln m<sup>3</sup> helu rocznie. Koszt budowy tych zakładów wahał się od 11,0 do 30,0 mln dol.

Wydobywanie helu w USA rośnie z każdym rokiem. Jeżeli w latach 1921–1928 średnie roczne wydobywanie wynosiło 161 310 m<sup>3</sup> helu, to w 1959 r. wydobyto go 13 353 000 m<sup>3</sup>, a w 1966 r. — 17 977 000 m<sup>3</sup>. W latach

tych wydobycie przewyższało zapotrzebowanie odpowiednio o 3024 i 1 596 000 m<sup>3</sup>.

W ciągu najbliższych 25 lat planuje się zakupienie 2464 mln m<sup>3</sup> helu. Przypuszcza się, że w okresie tym zapotrzebowanie na hel wyniesie ok. 1008 mln m<sup>3</sup>, a dla potrzeb przyszłości pozostanie ok. 1456 mln m<sup>3</sup>. Roczne zużycie helu wyniosło w 1965 r. ok. 24 mln m<sup>3</sup>, przypuszcza się, iż w 1970 r. wyniesie on ok. 36,4 mln m<sup>3</sup>.

Koszt produkcji helu w St. Zj. stale się obniża. W ciągu ostatnich 40 lat koszt produkcji 1 m<sup>3</sup> helu obniżył się z 17,2 do 0,3 dol. (1960 r.). W tym samym czasie cena sprzedaży podwyższyła się, co można wyjaśnić kosztami magazynowania. W 1960 r. cena detaliczna 1000 m<sup>3</sup> helu, przewożonego w cysternach, wynosiła 516–633 dol., a w końcu 1961 r. osiągnęła 1237 dol.

Kanada własną produkcję helu rozpoczęła w 1963 r. Firma Canadian Helium, kontrolowana przez kapitały USA, Anglii i Francji, wydobywa hel ze złoża Atkins. Danych o zasobach tego złoża nie publikuje się, lecz kierownictwo firmy twierdzi, że mogą one zabezpieczyć pracę zakładu w Swift-Current na 20 lat. Wydajność tego zakładu wynosi ok. 340 000 m<sup>3</sup> helu rocznie. Planuje się również zbudowanie nowych zakładów na innych złożach, m.in. na złożu Wood-Mountains. Większość wyprodukowanego gazu przeznaczona jest na eksport do Anglii, Francji, NRF, Szwecji, Norwegii, Japonii, Włoch i in.

Problem dalszego rozwoju górnictwa helu ma dla Kanady duże znaczenie. W 1961 r. w Kanadzie zużyto ok. 19 600 m<sup>3</sup> helu. W chwili obecnej nie tylko, że zaspokojono własne potrzeby, ale znaczne ilości helu eksportuje się za granicę.

#### WNIOSKI

Na podstawie omówionych wyżej zagadnień nasuwa się kilka wniosków:

1. Hel jest ważnym i cennym surowcem przemysłowym o znaczeniu strategicznym, w związku z czym szereg państw prowadzi zakrojone na szeroką skalę

#### SUMMARY

Beginning with the history of helium discovery, the present author discusses the properties and usefulness of helium, and points to its occurrence in the nature, presenting also some data as to its exploitation in the individual countries. In this light he also characterizes the perspectives of discovering the commercial deposits of helium in Poland, and postulates for elaboration of a programme to search for eventual occurrence areas of the gas considered.

poszukiwania geologiczne dla stwierdzenia i rozpoznania wystąpień tego pierwiastka.

2. Złoże helu osiąga znaczenie przemysłowe, jeżeli zawartość He w gazie ziemnym wynosi 0,3%. Prowadzenie analiz chemicznych na stwierdzenie helu nie wymaga specjalnych przygotowań technicznych, ani dużych nakładów finansowych.

3. Jest celowe opracowanie programu poszukiwań geologicznych dla stwierdzenia wystąpień helu w Polsce.

#### LITERATURA

1. Jakuceni W. P. — Zakonomiernosti formirovanija zaliżej geliennosnyh gazow. Gosud. Nauczno-Techn. Izd. Nieft. i Gorno-Topl. Litier. Leningrad 1963.
2. Jakuceni W. P., Pietrowskaja N. L. — Raznieszczeniye zon regionalnogo geliенокoplenija na ziemle. Sowiet. geologija 1965, nr 1.
3. Jordan L. — Analises of natural gases in Oklahoma. A review of „Oklahoma Geological Notes” nr 8, 1964.
4. Obzor mineralnyh riesурсow stran kapitalizczeskogo mira. Siew. Amierika. Gosud. Geol. Komitet SSSR. Wsiesojuz. geol. fond. Moskwa 1965.
5. Osipow J. G., Janickij I. N. — Istocznik anomalnogo gelienasyszczeniya dlia osnovnyh geliennosnyh rajonow mira. Referat ONTI WIEMS, Moskwa 1965.
6. Osipow J. G., Janickij I. N. — Projawlenije mietana i geliija w Już. Afrikie. Referat ONTI WIEMS, Moskwa 1965.
7. Penczewa E., Pietrow P. — Gieochimiczeskije issledowanija geliija i argona w prirodnyh gazach Siewiernoj Bołgarii. Dokł. Bołg. A.N. 1964, nr 1.
8. Rodżers Dż. Szerborn — Geliennosnyje prirodnyje gazy. ONTI 1935.
9. Titowa N. A. — Zapasy i ispolzowanije geliija w Siewiernoj Amierike. Referat ONTI WIEMS, Moskwa 1964.

#### РЕЗЮМЕ

Автор описывает историю открытия гелия, его свойства, применение, распространение в природе и добычу в различных странах. На этом основании рассматривает перспективность выявления промышленных месторождений гелия в Польше и выдвигает необходимость разработки программы геологических поисков таких месторождений.