

Stanisław DEPOWSKI

Wodór w gazach ziemnych Niżu Polskiego w świetle ogólnych warunków występowania wolnego wodoru

Wodór w gazach naturalnych, jakie spotyka się w litosferze, występuje raczej rzadko. Jest on jednak znacznie częstszym składnikiem gazów naturalnych niż to przyjmowano do niedawna. Według K. Smulikowskiego (1953) wolny wodór stwierdzono wśród gazów soli potasowych, składających się zresztą głównie z CH_4 i N_2 oraz w gazowych próżniach skał zasadowych, gdzie wodoru jest do 35%. Pochodzenie wodoru w tych gazach autor ten uważa za niewyjaśnione.

Ogromny rozwój prac poszukiwawczych złóż kopalin użytecznych i szczegółowych badań analitycznych pozwolił wydatnie w ostatnich latach rozszerzyć naszą znajomość występowania wolnego wodoru w gazach naturalnych. Ustalono też obecność wodoru w wielu typowych gazach węglowodorowych, zwanych zwykle gazami ziemnymi oraz w gazach złóż węgla, gazach złóż rud metali, w gazach obecnych w kavernach i szczelinach skał magmowych, wylewnych i metamorficznych. Biorąc pod uwagę genezę gazów, można stwierdzić, że wolny wodór występuje dość często obok innych składników w gazach pochodzenia biogenicznego, juwenilnego i metamorficznego oraz w gazach pochodzenia radiochemicznego.

Szczególne interesujące są występowania wodoru w typowych gazach ziemnych składających się głównie z CH_4 , niezbyt dużych ilości C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} i raczej rzadko minimalnych ilości węglowodorów C_5H_{12} i cięższych. W gazach ziemnych oprócz węglowodorów występuje N_2 , i to niekiedy w znacznych ilościach, a rzadziej i na ogół w małych ilościach: CO_2 , CO , O_2 , H_2S i gazy szlachetne. Dość częstym składnikiem, jak wykazały szczegółowsze badania, jest też wodór.

Przy pracach badawczych nad występowaniem węglowodorów na Niżu Polskim natrafiono w kilku przypadkach na gazy ziemne zawierające znaczniejsze ilości wodoru.

Na monoklinie przedsudeckiej obecność takich gazów stwierdzono w rejonie Rybak, gdzie z odgazowania rdzeni melafirów czerwonego spągowca (perm dolny) uzyskano gaz zawierający 94,0% powietrza i prawdopodobnie pewną ilość azotu nadmiarowego, 4,86% CH_4 , 0,03% C_2H_6 , 0,01% C_3+ i 2,1% H_2 . W północno-wschodniej części monokliny przedsu-

deckiej (rejon Uciechowa — Sulmierzyc) w jednym z otworów wiertniczych uzyskano z białego spągowca przypływ gazu w ilości 480 m³/min., przy czym gaz miał skład następujący: CH₄ — 49,545%, C₂H₆ — 0,473%, C₃H₈ — 0,026%, C₄H₁₀ — 0,006%, N₂ — 48,600%, H₂ — 1,150%. Znaczny przypływ gazu zawierającego wodór otrzymano z białego i czerwonego spągowca również z otworu wiertniczego w rejonie Tarchały — Ostrów Wielkopolski. Gaz zawierał tu: CH₄ — 50,3670%, C₂H₆ — 0,2174%, C₃H₈ — 0,0095%, C₄H₁₀ — 0,0025%, C₅H₁₂ — 0,0006%, N₂ — 47,8000%, H₂ — 1,6000%, He — 0,0030%. Znacznie większa ilość wodoru znajdowała się w gazie pochodzącym z samowypływu silnie zgazowanej solanki typu chlorkowo-sodowo-wapniowego, jaką uzyskano po perforacji rur okładzinowych w poziomie piaskowców kajpru dolnego w otworze Sulechów IG-1 na głębokości 711÷715 m (S. Depowski, J. Królicka, D. Kühn, 1962). Gaz składał się z 47,83% CH₄, 1,04% C₂+, 39,0% N₂, 0,20% O₂, 11,93% H₂.

Interesujące dane o występowaniu wodoru w gazach ziemnych cechsztynu w rejonie Lubina (strefa miedzionośna monokliny przedsudeckiej) przyniosły badania podjęte ostatnio w Instytucie Naftowym (T. Birecki, 1965). Z 16 otworów pobrano gazy z rdzeni uzyskanych z cechsztynu. Gazy zawierały przeciętnie 1,29÷22,54% H₂, 0,00÷2,95% CO₂, 75,91÷97,65% N₂. Największą ilość wodoru zawiera gaz z otworów S-212 i S-283 (940 m): 73,06% H₂, 26,51% N₂, 0,43% węglowodorów.

W otworze S-292 nastąpiło zgazowanie płuczki wiertniczej przy przewiercaniu skał węglanowych piętra Z1. Gaz przy głębokości otworu 965 m zawierał 46÷61% H₂ i śladowe ilości węglowodorów. Nieco mniejsze ilości wodoru (8÷24%) znajdowały się w gazie pochodzącym również ze skał węglanowych piętra Z1, jaki pobrano z płuczki w otworze S-240.

W otworze Aleksandrów Kujawski, odwierconym około 1900 r., z utworów kajpru występujących na głębokości 953÷1169,78 m nastąpił samowypływ solanki z gazem, który został zbadany szczegółowo przez W. Pożaryskiego (1949). Analizy robiono trzykrotnie. Okazało się, że w gazie znajduje się 3,5÷7,4% H₂. Skład próbki gazu o największej zawartości H₂ był następujący: CH₄ — 39,3%, C₂ + — 0,1%, N₂ — 49,8%, O₂ — 0,4%, CO — 0,2%, CO₂ — 2,8%, H₂ — 7,4%.

Bardzo interesujące występowanie gazu ziemnego ze znaczną ilością wodoru stwierdzono w kambrze względnie kambrze obniżenia podlaskiego. W otworze Tuszcz IG 1 z piaskowców eokambru, lub być może kambru, występujących na głębokości 2713÷2270 m, uzyskano solankę z gazem o składzie: CH₄ — 85,28%, C₂H₆ — 4,42%, C₃H₈ — 0,28%, C₄H₁₀ — 0,09%, H₂ — 9,93% (B. Areń, S. Depowski, 1965). Bardzo charakterystyczny jest fakt, że w syneklizie perybałtyckiej w otworze oporowym Stoniszki — Sowieck z utworów środkowego i górnego kambru (2112÷2012 m) uzyskano również przypływ solanki z wolnym i częściowo rozpuszczonym gazem (S. Depowski, J. Królicka, 1964). Wolny gaz miał skład następujący: CH₄ — 58,0%, C₂H₆ + cięższe węglowodory — 6,3%, N₂ + gazy szlachetne — 30,2%, CO₂ — 1,3%, H₂ — 4,2%.

Obecność znacznie większych ilości wodoru stwierdzono też w złożach gazu Düste i Rehden w NRF (H. J. Fabian, 1963). Oba te złoża są położone w niecce dolnosaksońskiej, leżącej w obrębie północnoeuropej-

skiego basenu sedymentacyjnego permu. W złożu Rehden poziomy gazonośne znajdują się w karbonie górnym, dolomicie głównym cechsztyńskiego piętra Z2 oraz w piaskowcu pstrym. Gaz o małej zawartości wodoru uzyskano z otworu Rehden 22 z dolomitu głównego, nawierconego na głębokości 2003 m. Skład gazu był następujący: CH_4 — 84,0%, C_2H_6 — 6,3%, C_3+ — 2,9%, N_2 — 6,6%, H_2S — 0,005%, H_2 — 0,2%. Gaz ten różnił się od gazów pobranych do analizy z innych otworów brakiem CO_2 , występującym na ogół w ilościach od kilku do kilkunastu %, jak również nieco większą zawartością węglowodorów C_{2+} . W złożu Düste obecność gazu ziemnego z wodorem w dolomicie głównym cechsztyńskiego piętra Z2 stwierdzono w dwóch otworach, a w piaskowcu pstrym triasu dolnego w jednym otworze. W otworze Düste Z1A z głównego dolomitu nawierconego od głębokości 3167,5 do 3192,5 m nastąpił przypływ gazu o składzie: CH_4 — 64,9%, CO_2 — 20,2%, N_2 — 8,3%, H_2S — 6,4%, H_2 — 0,2%. Z otworu Düste Z3 z głównego dolomitu nawierconego od 3374 do 3397,8 m uzyskano gaz o składzie: CH_4 — 57,3%, O_2 — 5,3%, N_2 — 22,2%, H_2S — 6,4%, H_2 — 0,4%. W piaskowcu pstrym w otworze Düste Z2 z poziomu piaskowców (Volprie — Sandstein) nawierconego na głębokości 3313÷3330 m gaz miał skład następujący: CH_4 — 85,2%, C_2H_6 — 0,8%, C_3+ — 0,2%, CO_2 — 0,4%, N_2 — 13,2%, H_2 — 0,2%.

Gazy ziemne o zawartości wodoru znane są też z kaukaskiej prowincji ropo- i gazonośnej (I. W. Wysockij, 1954). Przykłady składów chemicznych są podane w tab. 1.

Tabela 1

Skład chemiczny gazów z kaukaskiej prowincji ropo- i gazonośnej

Położenie geograficzne	Skład gazów w procentach objętościowych							
	CH_4	cięższe węglowodory (C_{2+})	CO_2	N_2	O_2	H_2	H_2S	CO
Północny Kaukaz, Groznyj, Oktiabrskij (otwór wiertniczy)	37,1	51,3	0,2	3,1	0	8,3	0	0
Azerbejdżan, Baładżany (wulkan błotny 1)	80,0	—	0,2	8,0	2,0	10,2	0	0,10
Azerbejdżan, Baładżany (wulkan błotny 2)	67,7	4,2	3,7	4,1	0,9	15,4	—	3,65
Azerbejdżan, Apszeron, Leninskij (otwór wiertniczy)	87,21	2,05	3,86	4,51	1,20	1,0	0	1,59

Dalsze występowania wodoru stwierdzono w gazach rozpuszczonych w wodach podziemnych złóż ropy w rejonie Dolnego Powołża. Gazy te zawierają 8÷49% wodoru.

W zakarpackim zapadlisku na strukturze tereblińskiej z utworów neogenu (seria tereblińska i sołotwińska) uzyskano przypiływy gazu zawierającego: CH_4 — 84,5%, C_2+ — 12,2%, O_2 — 0,8%, $\text{CO}_2 + \text{H}_2$ — 1,7% (W. W. Głuszko, I. F. Klitoczenko, W. N. Kramarenko i in., 1963). Geolog amerykański W. L. Russel (1960) podaje, że w gazach ziemnych złóż północno-amerykańskich wodoru na ogół nie ma lub też spotyka się go w bardzo małych ilościach. Inny znany amerykański geolog naftowy A. I. Levorsen (1956) wzmiankuje, że wodór spotyka się w gazach ziemnych (węglowodorowych) występujących w regionach, gdzie zaznaczyła się działalność wulkaniczna oraz w rejonie niemieckich wysadów soli cechstyńskich.

Wolny wodór w znaczniejszych ilościach spotykany jest w gazach złóż węgla, przy czym towarzyszy raczej węglom bardziej zmetamorfizowanym. Badania geochemiczne przeprowadzone w ZSRR (W. A. Sokolow, A. I. Fridman, 1965) wykazały, że wodór w znaczniejszych ilościach występuje w gazach zagłębi węglowych, tj. w donieckim, kuźnieckim, karagandzkim i peczorskim. Jego zawartość w tych gazach dochodzi objętościowo do 10÷20%, a niekiedy jest nawet wyższa. W niektórych kopalniach węgla w Gruzji, w powietrzu kopalnianym starych wyrobisk stwierdzono ilość wodoru dochodzącą do 5%. W rejonie Norylska w gazach złóż węgla koncentracja wodoru dochodziła do 30%. Dane z zagłębi węglowych ZSRR umożliwiają stwierdzenie, że w złożach węgla koksujących i chudych zawartość wodoru jest wyższa niż w złożach z pokładami węgla słabo zmetamorfizowanych.

Tabela 2

Skład gazów węglowodorowych wydzielających się przy nagrzewaniu węgla do 250÷300°C

Nazwy kopalni i poziomów węgla	Ilość cm^3 na 100 g węgla		
	CH_4	C_2H_4	C_3H_8 i wyższe
Donbas, Nr 8-8a, Dwojnoj	138,0	20,5	—
Donbas, Nr 8-8a, Mazur	18,0	0,4	—
Donbas, Nr 8-8a, Mazurka	57,0	2,8	0,8
Donbas, Nr 8-8a, Dewiatka	168,0	0,5	—
Donbas, im. Mienżyńskiego, Ałmaz	161,0	0,4	—

Obecność wodoru stwierdzono również w gazach występujących w południowej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, gdzie znajdują się pokłady węgla koksujących. Dotyczy to również Rybnickiego Okręgu Węglowego. Głównym składnikiem gazów tamtejszych złóż węgla (J. Borowski, 1965) jest metan występujący w ilości 92,5÷99%; zawartość azotu waha się w granicach 0,8÷6,9%, tlenu 0,05÷1,1%, wodoru do 0,26%, dwutlenku węgla do 0,15% i helu do 0,005%. Oprócz tego występują ślady etanu oraz argon w ilości 0,006÷0,12%. Próbki gazów pochodzące z otworów „Dębowiec“ i Komorowice II (okolice Cieszyna) zawierają metan w ilości 93÷98,6%, azot do 1,4% i wodór do 5%.

Gazy węglowodorowe z zawartością większych ilości wodoru mogą powstawać przy termicznym rozłożeniu węgla. Według G. D. Lidina (1949) przy temperaturach nie przewyższających 250–300° powstaje głównie metan (tab. 2), a przy wyższych obok metanu pojawiają się też w gazie cięższe węglowodory i wodór (tab. 3).

Tabela 3

Skład gazów (w %) wydzielających się przy nagrzewaniu węgla kamiennego do temperatury 500 i 900°C

Węgiel	Temperatura °C	CO ₂	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	Cięższe węglowodory (C ₃ +)	N ₂
Fuzyt	500	6,3	14,3	21,3	22,3	—	12,1
	900	7,8	61,9	26,6	—	1,9	1,8
Duryt	500	5,1	16,1	41,4	11,4	—	9,0
	900	6,0	58,8	28,7	—	4,0	2,5

Obecność wodoru w gazach złóż węgla świadczy więc, że gazy te powstały raczej w temperaturach wyższych niż 300°C. Gazy tego typu można więc już uważać za częściowo pochodzenia metamorficznego. Badanie gazów na zawartość wodoru w kopalniach węgla ważne jest ze względów bezpieczeństwa, gdyż obecność wodoru ogromnie zwiększa możliwość wybuchu. W Górnośląskim Zagłębiu Węglowym należy liczyć się z obecnością, być może, nawet znacznie większych ilości wodoru w głębszych poziomach gazonośnych kopalń Rybnickiego Okręgu Węglowego.

Przemianie pierwotnej substancji roślinnej na węgiel towarzyszy zawsze wydzielanie się gazów, których skład stanowi CO₂, H₂ i CH₄. Ponieważ szybkość przenikania H₂ jest trzykrotnie większa od szybkości przenikania CH₄, a CO₂ rozpuszcza się w wodzie, nie spotyka się zwykle większych akumulacji tych dwóch pozostałych gazów. Wydaje się, że dopiero gazy wydzielające się przy wtórnym uwęgleniu, które są sorbowane przez węgiel mają warunki do zachowania się w nich wolnego wodoru. Podkreślić należy, że zdolności sorbowania gazów przez węgle rosną wraz z ciśnieniem w pokładach i ze stopniem metamorfizmu węgla.

Wodór często spotykany jest w gazach złóż soli, a zwłaszcza soli potasowych. Według Z. N. Niesmiełowej (1961) na zachodnim przedgórzu Uralu w złóżach soli potasowo-magnezowych eksploatowanych w okręgach górniczych Solikamsk i Bereźniki (nad Kamą) występuje w gazach znaczna ilość wolnego wodoru. W Bereźnikach wszystkie niemal pustki w solach zapełnia gaz pod ciśnieniem dochodzącym do kilkudziesięciu atmosfer. Zawartość wodoru w gazach swobodnie wydzielających się wynosi przeciętnie 8,7%. Gazy z poziomu karnalitowego w Solikamsku zawierały 30–50% wodoru. Ilość wodoru w karnalicie wynosiła 1,7 cm³/kG, a w sylwinicie 0,7 cm³/kG.

Znane i wielokrotnie opisywane w literaturze są gazy niemieckich złóż soli cechsztyńskich, położonych w otoczeniu Harcu (literaturę podaje

F. Lotze, 1957). Głównymi składnikami tych gazów są azot i metan, przy czym na ogół przeważa azot, a towarzyszą im O_2 , H_2 , CO_2 i rzadziej cięższe węglowodory.

W Polsce w złożu cechsztyńskich soli kamiennych i soli potasowo-magnezowych w Kłodawie stwierdzono występowanie znacznych ilości gazów (J. Poborski, 1959). Badania laboratoryjne wykazały, że gazy te składają się głównie z metanu, przy czym w mniejszych ilościach występują cięższe węglowodory gazowe, azot, gazy szlachetne (np. do 0,1% He), O_2 , CO_2 i H_2 . Skałami zbiornikowymi tych gazów są niższe stratygraficznie partie soli piętra Z2 oraz anhydryt główny. Gaz występujący w soli spotykany jest na ogół w drobnych „pustkach“.

Zebrano również szereg danych o obecności wodoru w gazach złóż rud (W. A. Sokołow, A. J. Fridman, 1965). W otworach wiertniczych tagilskiego masywu dunitowego na Uralu zawartość wodoru w napotkanych gazach dochodziła do 80%. Skład gazu w kawernach był następujący: H_2 — 79,4%, CH_4 — 11,3%, N_2 + gazy szlachetne — 9,3%. W złożu (pochodzenia magmowego) pirotynów niko- i miedzionośnych w okolicach Norylska (Wschodnia Syberia) gazy z niektórych swobodnych wypływów zawierały do 80% wodoru, a na północnym Kaukazie w złożu pneumatolitycznym rud wolframu i molibdenu (złożo szelitu kontaktowo-metasomatyczne) Tyrnauz do 87% wodoru. W złożach pirytów miedzionośnych koło Urupska na północnym Kaukazie zawartość wodoru w gazie ze zgazowanej płuczki wiertniczej dochodziła do 70÷80%. Przy przewiercaniu szczelinowatych diamentonośnych kimberlitów w Jakucji stwierdzono również wydzielanie się gazów o zawartości 51% wodoru. W zaobserwowanych przejawach wolnego gazu w masywie Chibin (złożo apatytów) na półwyspie Kola stwierdzono obecność wodoru w ilości 4÷28%. Wszystkie te gazy są raczej pochodzenia litochemicznego i wydzielły się ze skał przypuszczalnie na drodze wyłącznie chemicznych reakcji zachodzących przy względnie wysokich temperaturach. Wodór jest zresztą często spotykany w gazach pochodzenia litochemicznego, tj. gazach powstających w litosferze bez udziału organicznego materiału. Gazy te powstają na większych głębokościach, a źródłem ich są skały, na które działają czynniki metamorfizmu — głównie temperatura. Są to przede wszystkim gazy wulkaniczne, w skład których wchodzi: CO_2 , CO, H_2 , N_2 , SO_2 , S_2 , Cl_2 , H_2O , H_2S , HCl, HF, $B(OH)_3$, NH_3 , CH_4 , O_2 , Ar, He i inne. W gazach czynnych wulkanów przeważa para wodna, a następnie znajdują się w nich nieco większe ilości N_2 , CO_2 , CO, SO_2 , S_2 , H_2 i inne. Typowym przykładem może być gaz z Kilauea na Hawajach (A. Saulkow, 1953), którego skład w % objętościowych przy 1200°C jest następujący: H_2O — 17,97÷89,93, N_2 — 0,87÷37,84, CO_2 — 1,54÷33,48, CO — 0,36÷3,92, H_2 — 0,21÷4,22, SO_2 — 0,16÷29,83, SO_2 — 0,24÷8,61, Cl_2 — 0,05÷1,34, Ar — 0,04÷0,51. Mofety wydzielają głównie CO_2 , ale w gazach występujących w nich stwierdzono też znacznie większe ilości N_2 , H_2 i węglowodorów. W granitach, granitoidach i kwarcowych skałach Kaukazu (W. A. Sokołow, A. I. Fridman, 1965) spotyka się gazy zawierające znaczne koncentracje wodoru — do 53%; gaz w kwarcach zawiera do 40% wodoru. Gazy znajdują się również w „pustkach“ występujących dość często w różnych minerałach. Analizy tych

gazów wykazały, że składają się one głównie z CO₂ (często ciekłego), H₂O, a następnie N₂, H₂ i CH₄. Wodór jest więc ważnym składnikiem różnych gazów pochodzenia litochemicznego.

* * *

Podczas prac badawczych przy poszukiwaniu złóż rozmaitych surowców mineralnych uzyskano znaczną ilość wiadomości o występowaniu wolnego wodoru. Okazało się, że wolny wodór występuje względnie często w tzw. wolnych gazach, rozpuszczonych (np. w wodach podziemnych) i sorbowanych (np. w węglach). Są to gazy różnego pochodzenia, co utrudnia wyjaśnienie genezy wolnego wodoru. Można przyjąć, że wydzielaniu się wolnego wodoru mogą sprzyjać różne warunki.

W gazach pochodzenia biotchemicznego wodór może powstawać dzięki działaniu bakterii na materiał organiczny. Różnego rodzaju procesy metamorfizmu, a zwłaszcza wyższe temperatury są niewątpliwie czynnikiem sprzyjającym wydzielaniu się wolnego wodoru. Pewne reakcje chemiczne zachodzące w wysokich temperaturach w złożach niektórych rud mogą również powodować wydzielanie się wodoru z wody (np. $3\text{FeO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2$). Innego typu procesem, przy którym może powstawać wolny wodór, jest działanie cząstek alfa z radioaktywnych elementów na wodę. W poszczególnych konkretnych przypadkach pochodzenie wodoru jest trudne do wyjaśnienia i dlatego ogólnie można uważać pochodzenie wolnego wodoru za niedostatecznie wyjaśnione.

Dodatkową trudność stanowi duża zdolność przenikania wolnego wodoru przez skały, która jest mniej więcej trzykrotnie większa niż np. metanu. Wolny wodór mógł więc w wielu przypadkach po prostu z gazu naturalnego wymigrować.

Konieczne są oczywiście dalsze badania nad występowaniem wolnego wodoru w różnego typu gazach naturalnych, i to ze specjalnym uwzględnieniem gazów ziemnych. Przy tym wodór zaczyna się obecnie traktować jako nowy wskaźnik geochemiczny mogący mieć praktyczne znaczenie przy rozwiązywaniu zagadnień powstawania złóż węglowodorów i rud (W. A. Sokolow, A. I. Fridman, 1965). Wydaje się, że obecność wodoru może być traktowana jako dodatkowy pozytywny wskaźnik przy ocenie prognoz ropo- a zwłaszcza gazonośności regionów uznanych w świetle ogólnych kryteriów geologicznych, za perspektywiczne. Świadczy też o istnieniu dobrego uszczelnienia skał zbiornikowych gazów.

Zakład Złóż Ropy i Gazu
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 1 września 1965 r.

PIŚMIENNICTWO

- ARENŃ B., DEPOWSKI S. (1965) — Przejawy gazu w eokambrze obniżenia podlaskiego. *Kwart. geol.*, 9, p. 17—27, nr 1. Warszawa.
- BIRECKI T. (1965) — Badanie gazonośności osadów cechsztynu i czerwonego piaskowca w rejonie Lubina i Sieroszowic. *Biul. Inst. Naft.*, 15, nr 3—4, p. 7—8. Katowice.

- BOROWSKI J. (1965) — Zagrożenia gazowe w Rybnickim Okręgu Węglowym w świetle badań geologicznych. *Prz. geol.*, **13**, p. 192—196, nr 5. Warszawa.
- DEPOWSKI S., KRÓLICKA J., KÜHN D. (1962) — Perspektywy odkrycia gazu ziemnego w utworach triasu monokliny przedsudeckiej w świetle wyników wiercenia strukturalnego Sulechów TG-1. *Prz. geol.*, **10**, p. 275—279, nr 6. Warszawa.
- DEPOWSKI S., KRÓLICKA J. (1964) — Ślady ropy naftowej i gazu ziemnego na Niżu Polskim oraz ich znaczenie dla poszukiwań naftowych. *Kwart. geol.*, **8**, p. 171—180, nr 1. Warszawa.
- FABIAN H. J. (1963) — Das Jungpaläozoikum zwischen Diepholz und Twistringen (Konzess. Ridderade) und seine Erdgasführung. *Erdoel Zeitschrift. Kongressausgabe* (Juni 1963), p. 33—49. Wien—Hamburg.
- LEVORSEN A. I. (1956) — *Geology of Petroleum*. W. A. Freeman and Company. San Francisco.
- LOTZE F. (1957) — Steinsalz und Kalisalze. I cz. Gebrüder Borntraeger. Berlin.
- POBORSKI J. (1959) — Gazy w polskich kopalniach soli. *Prz. gór.*, **15** (XLVI), nr 1—2 (732—733), p. 51—53. Katowice.
- POŻARYSKI W. (1949) — Uwagi o gazie ziemnym z głębokiego wiercenia w Aleksandrowie Kujawskim. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **58**, p. 3—5. Warszawa.
- RUSSEL W. L. (1960) — *Principles of Petroleum Geology*. Mc. Graw — Hill Book Company, INC. New York—Toronto—London.
- SAUKOW A. (1953) — *Geochemia*. Wyd. Geol. Warszawa.
- SMULIKOWSKI K. (1963) — *Geochemia*. Pr. Inst. Geol., **1**. Warszawa.
- ВЫСОЦКИЙ И. В. (1954) — Осезы геологии природного газа. Гостоптехиздат. Москва.
- ГЛУШКО В. В., КЛИТОЧЕНКО И. Ф., КРАМАРЕНКО В. Н., МАКСИМОВ С. П., ЧИРВИНСКАЯ М. В. (1963) — Геология нефтяных и газовых месторождений Украинской ССР. Гостоптехиздат. Москва.
- ЛИДИН Г. Д. (1949) — Газообильность угольных шахт СССР, **1**. Изд. АН СССР. Москва.
- НЕСМЕЛОВА З. Н. (1961) — Геохимические особенности газов соленосных пород. *Тр. ВНИГРИ*, вып. 174. Ленинград.
- СОКОЛОВ В. А., ФРИДМАН А. И. (1965) — Водород в природных газах и его практическое значение как геохимического показателя. *Нефтегазовая Геология и Геофизика*, № 4, стр. 27—30. Москва.
- СПРАВОЧНИК ГЕОЛОГА ПО ПРИРОДНОМУ ГАЗУ — (1951—1957). Гостоптехиздат. Москва—Ленинград.

Станислав ДЕПОВСКИ

ВОДОРОД В ПРИРОДНЫХ ГАЗАХ ПОЛЬСКОЙ НИЗМЕННОСТИ В СВЕТЕ ОБЩИХ УСЛОВИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВОБОДНОГО ВОДОРОДА

Резюме

В статье рассматривается распространение водорода в природных газах. Было установлено, что свободный водород встречается в газах биохимического, метаморфического, ювенильного и радиохимического происхождения. Приводятся многие примеры распро-

странения водорода в углеводородных газах, газах угольных месторождений, газах соляных месторождений, газах месторождений металлических полезных ископаемых, а также вулканических и магматических газах. На фоне важнейших в мире проявлений водорода в природных газах рассматриваются природные газы с более значительным содержанием водорода известные в разных регионах Польши. Углеводородные газы с содержанием водорода составляющим более 10% встречены в эокембрие или кембрие, перми и триасе Польской низменности. В газах угольных месторождений южной части Верхнесилезского угольного бассейна установлено присутствие водорода в количествах достигающих 5% (район Цешина). Водород присутствует также в газах распространенных в цехштейновых соляных месторождениях на Польской низменности.

Анализируя генезис водорода в природных газах автор приходит к выводу, что его происхождение изучено недостаточно, несмотря на то, что свободный водород может возникать несомненно в результате воздействия бактерий на органическое вещество, благодаря некоторым химическим реакциям, происходящим в природе и являться радиохимического, метаморфического и ювенильного происхождения. Подчеркивается необходимость ведения дальнейших исследований по распространению свободного водорода в природных, в частности углеводородных газах.

Stanisław DEPOWSKI

HYDROGEN IN EARTH GASES OF THE POLISH LOWLAND IN THE LIGHT OF GENERAL CONDITIONS OF FREE HYDROGEN OCCURRENCE

Summary

The article deals with the hydrogen occurrence in natural gases. Free hydrogen has been stated to occur in gases of biochemical, metamorphic and juvenile, even radiochemical origin. Several examples are given as to the occurrence of hydrogen in hydrocarbon gases, coal deposit gases, salt deposit gases, as well as in gases of metal ore deposits and in volcanic and magmatic gases, too. In the light of more important occurrences of hydrogen in natural gases in the world, the author discusses natural gases revealing considerable contents of hydrogen, known to occur in various regions of Poland. Hydrocarbon gases with great contents of hydrogen, amounting to more than 10%, have been encountered in Eocambrian, or in Cambrian, Permian and Triassic formations occurring in the Polish Lowland area. In the gases of coal deposits of the southern part of the Upper Silesian Coal Basin the presence of hydrogen has been ascertained reaching up to 5% (Cieszyn region). Hydrogen has also been found in gases occurring in the Zechstein salt deposits within the Polish Lowland area.

The analysis of the hydrogen origin in natural gases did not sufficiently explain this problem in spite of the fact that free hydrogen may undoubtedly be formed as a result of bacterial activity on organic material, due to certain chemical processes taking place in the nature, and may be of radiochemical, metamorphic or juvenile origin. The author stresses a necessity of conducting research works on the occurrence of free hydrogen in natural gases, particularly, however, in hydrocarbon gases.