УДК 550.84:546.11

Методика польових газогеохімічних досліджень природного водню

***Віхоть Ю.М.*[1],** *к. геол. н., доц, ORCID ID 0000-0002-7588-9540, yuvik@ukr.net;*
***Кріль С.Я.*[2],** *к. геол. н, ORCID ID 0000-0001-5790-5431, solia_kr@ukr.net;*
1 - *Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна*
2 - *Львівське відділення УкрНДІгазу, АТ "Укргазвидобування, Львів, Україна*

Проаналізовано сучасний методичний комплекс пошуку та локалізації природного (білого) водню, враховуючи польові газогеохімічні дослідження в Україні та світовий досвід. Розглянуто специфіку експрес-вимірювань вмісту водню у ґрунтовому газі, тривалого стаціонарного моніторингу, гідрогеохімії, дистанційного зондування та геофізичних методів. Обґрунтовано необхідність комплексування газогеохімічних робіт із геофізичними дослідженнями та газовим каротажем під час буріння (Mud Logging H_2).

Ключові слова: природний водень, геологічний водень, білий водень, ґрунт, польові дослідження, газогеохімічні дослідження.

Methodology of field gas geochemical studies of natural hydrogen

***Vikhot Yurii*[1],** *Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof. ORCID ID 0000-0002-7588-9540, yuvik@ukr.net;*
***Kril Solomiia*[2],** *Cand. Sci. (Geology), ORCID ID 0000-0001-5790-5431, solia_kr@ukr.net;*
1 - *Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine*
2 - *Lviv Branch of UkrNDIgas, JSC Ukrgasvydobuvannya, Lviv, Ukraine*

The modern methodological framework for the exploration and localization of natural (white) hydrogen is analyzed, incorporating field gas-geochemical surveys in Ukraine and global experience. The specifics of rapid soil gas hydrogen content measurements, long-term stationary monitoring, hydrogeochemistry, remote sensing, and geophysical methods are examined. The necessity of integrating gas-geochemical surveys with geophysical investigations and mud logging (H_2 Mud Logging) during drilling operations is substantiated.

Keywords: natural hydrogen, geological hydrogen, white hydrogen, soil, field studies, gas geochemical studies.

Вступ. У XXI столітті пріоритетом стає розвиток та пошук нових альтернативних джерел сталої енергії. Природний, геологічний, або "білий" молекулярний водень, як найкраща альтернатива дорогому паливу та енергії, на основі вуглеводнів, а також як заміна дорогому виробництву штучного водню, розглядається як джерело сталої безвуглецевої енергетики [2]. Успішне знаходження ділянок природної генерації H_2, з'ясування сприятливих умов для його промислових накопичень та вирішення низки складних та неоднозначних на сьогодні проблем – ось неповний перелік основних науково-прикладних завдань, що потребують покрокового вирішення для успішної реалізації водневих проєктів у країнах світ та в Україні.

Світова практика останніх років демонструє поступову нормативно-правову імплементацію геологічного водню до категорій корисних копалин, що створює нормативне підґрунтя для надання геологічних дозволів, проведення пошуково-розвідувальних робіт, оцінки видобувних ресурсів та можливої подальшої комерціалізації та продажу водню у подальшому.

Нещодавно природний водень у деяких країнах (напр., Австралія, Франція) вже законодавчо віднесли до корисних копалин як окрему корисну копалину. Проте у більшості країн (напр., США, Канада, Іспанія) регулювання розвідки, а навіть і буріння свердловин на водень здійснюється у межах існуючого нафтогазового або гірничого законодавства з додаванням спеціальних підпунктів з видобутку супутніх газів (напр., гелію). Таким чином, у світі сформувалося два шляхи юридичного визнання природного водню – прямий та інший, який можна назвати – адаптивним. Україна є серед країн із прямим визнанням природного водню як корисної копалини загальнодержавного значення. Рішення від травня 2025 року про внесення "водню природного" до Переліку корисних копалин загальнодержавного значення закріпило юридичний статус геологічного водню в Україні [1]. Що стосується сусідніх держав, то природний водень, наприклад у Польщі, не виділений у самостійний вид корисних копалин і досліджується у межах загального ліцензування на геологорозвідку вуглеводневих систем або супутніх газів.

Хоча законодавчо природний водень в Україні визнано, однак станом на 2026 р. відсутні будь-які затверджені інструкції, нормативно-методичні документи та усе, що стосується підрахунку та визначення ресурсів природного водню. Наразі першочерговим завданням для України може бути розробка методично-нормативної бази для оцінки його можливого ресурсного потенціалу, та аналіз розвитку й успішності вуглеводневих проєктів у світі у країнах, які вже мають певні досягнення та готують ділянки під подальше буріння свердловин супутньо або власне на водень.

Мета роботи – проаналізувати методи газогеохімічних досліджень природного водню з урахуванням власних польових досліджень на території України та досвіду міжнародних компаній для коректного визначення підвищених концентрацій водню і подальшого картування аномальних ділянок. Крім того, коротко охарактеризувати інші методи дослідження з виявлення водню, що застосовуються у світі, оцінити їх успішність та можливість застосування в Україні.

Виклад основного матеріалу. За результатами аналізу низки наукових публікацій, щорічних звітів та матеріалів профільних конференцій з висвітленням водневої проблематики, сучасний комплекс пошуку природного геологічного водню у світі базується на поверхневих (приповерхневих) геохімічних зніманнях, аналізі у свердловинах (зокрема архівних), дистанційному зондуванні Землі, геофізичних методах.

Приповерхневі газогеохімічні методи дослідження вмісту водню.

Ключове місце серед приповерхневих газогеохімічних методів посідають *експрес-вимірювання вмісту водню* із використанням переносних газоаналізаторів (напр., BIOGAS 5000) на глибинах від 0,3–1,5 м. Цей метод застосовується для оперативного картування аномалій уздовж профілів або площинних сіток і він є придатний для кількісної оцінки концентрацій H_2 у регіоні. До недоліків методу належать такі: виявлені підвищені значення водню не однозначно вказують на кінцеву локалізацію основних джерел та глибину залягання водневих скупчень, особливо у регіонах із складною тектонічною будовою та наявністю тріщинуватості або глибинних розломів (для прикладу, Передкарпаття, Карпати, Закарпаття). Крім того, критично важливо є врахування навіть метеорологічних умов під час проведення польових робіт. Інтенсивні або довготривалі атмосферні опади призводять до водонасичення верхнього шару ґрунту, що створює флюїдоупорний бар'єр, заблоковує ґрунтову пористість і блокує вільну дегазацію водню. Це призводить до спотворення результатів вимірювань та отримання завищених концентрацій H_2. Отже, виявлення аномальних ділянок вимагає їх додаткового часового моніторингу та перевірки достовірності результатів, і може бути застосований довготривалий моніторинг.

Стаціонарний довготривалий моніторинг. Цей метод є необхідним етапом деталізації на ділянках, де виявлено аномальні значення H_2. Встановлення ґрунтових зондів із датчиками автоматичного запису на глибину 1–2 м на кілька місяців, дозволить відстежувати часові варіації виходу H_2, його залежність від барометричного тиску та добових ритмів дегазації, температури (методика, яку активно використовують французькі дослідники з Французького інституту нафти та нових джерел енергії (IFPEN) та Національного центру наукових досліджень Франції (CNRS).

Гідрогеохімічні дослідження підземних вод та джерел розвантаження. Цей метод передбачає вимірювання концентрації розчиненого водню у підземних водах і природних джерелах із застосуванням спеціальних дегазаційних камер та газової хроматографії. Цей підхід є широко апробованим у світовій практиці та застосовується в Омані, Бразилії.

Польща, як і Україна, з розвитку вирішення водневої проблематики перебуває на науково-дослідному та геохімічному етапі. Польський геологічний інститут (PGI-NRI) проводить дослідження з вимірювання вмісту H_2 у ґрунтовому повітрі та підземних водах у межах Передкарпатського прогину та Люблінського басейну, що є суміжним із українськими геологічними структурами (Передкарпаття та Волино-Поділля). Ще одним прикладом практичного застосування поверхневих газогеохімічних досліджень вмісту водню є досвід Іспанії. На родовищі Монсон (Monzón) триває етап польових газогеохімічних досліджень до вересня 2026 р., який виконують науковці з Абердинського університету. Отримані дані

будуть враховані для планування подальшого глибокого буріння свердловини Monzón–2 на природний водень компанією Helios.

Дистанційні методи.

Супутникові дані застосовуються для регіонального експрес-аналізу великих територій для виявлення перспективних структур. Для прикладу виявлення та аналіз круглих або овальних депресій рельєфу, так званих “fairy circles”, які в окремих регіонах можуть вказуватмь на активну підповерхневу дегазацію H_2. Водночас наявність таких морфоструктур не є однозначним критерієм наявності скупчень водню та підтвердженням перспективності об’єкта. Метод має низку обмежень і потребує обов’язкової наземної геохімічної та геофізичної верифікації.

Геофізичні методи.

На етапі пошуково-розвідувального буріння та деталізації родовищ природного водню вирішального значення набуває комплекс геофізичних і промислово-геологічних досліджень: картування зон серпентинізації ультраосновних порід, що ґенерують водень; виділення зон глибоких тектонічних розломів, що визначають шляхи міграції та локалізацію пасток водню; неперервний аналіз бурового розчину безпосередньо під час буріння за допомогою спеціалізованих датчиків H_2 та хроматографічних комплексів, що дає змогу оперативно фіксувати газопрояви у розрізі під час свердловинного каротажу (Mud Logging H_2).

Висновки. Результати газо- та гідрогеохімічних досліджень – за умови апробованої методики відбору ґрунтового газу, надійної приладової бази та коректної інтерпретації концентрацій водню (у подальшому як ключових методів пошуку) – може бути першочерговим підґрунтям для кількісної оцінки концентрацій H_2 та обґрунтування можливого виділення перспективних ділянок. Наступним етапом дослідження є геологічна інтерпретація отриманих даних, що полягає у встановлення просторової кореляції зафіксованих поверхневих аномалій із розломною тектонікою, каналами розвантаження глибинних флюїдів та можливими джерелами генерації H2(зонами серпентинізації чи радіолізу). Важливим та обов’язковим також є комплексування приповерхневих газогеохімічних робіт із сейсморозвідкою, магнітометрією та параметричним і пошуковим бурінням із неперервним газовим каротажем (Mud Logging H2).

Експресні газово-геохімічні дослідження, аналіз даних буріння нових свердловин (зокрема на нафту та газ), каротаж газу бурового розчину, досвід іноземних держав слугуватимуть базовим інструментом для підтвердження або спростування перспективності певних ділянок у межах осадових басейнів України або, ймовірно, обґрунтування місць закладання перших спеціалізованих пошуково-розвідувальних свердловин на водень..

Список використаних джерел:

1. Про затвердження переліків корисних копалин загальнодержавного та місцевого значення : Постанова Кабінету Міністрів України від 12 груд. 1994 р. № 827 (зі змінами та доповненнями). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-94-%D0%BF (дата звернення: 25.09.2026).

2. Hydrogen exploration: A review of global hydrogen accumulations and implications for prospective areas in NW Europe / N. J. P. Smith, T. J. Shepherd, M. T. Styles, G. M. Williams. Geological Society, London, Petroleum Geology Conference Series. 2005. Vol. 6. P. 349–358. DOI: https://doi.org/10.1144/0060349.

References:

Cabinet of Ministers of Ukraine. (1994, December 12). *Pro zatverdzhennia perelikiv korysnykh kopalyn zahalnodzherzhavnoho ta mistsevoho znachennia* [On approval of the lists of minerals of national and local significance] (Resolution No. 827). Official Website of the Parliament of Ukraine. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-94-%D0%BF [in Ukrainian]

Smith, N. J. P., Shepherd, T. J., Styles, M. T., & Williams, G. M. (2005). Hydrogen exploration: A review of global hydrogen accumulations and implications for prospective areas in NW Europe. Geological Society, London, Petroleum Geology Conference Series, 6, 349–358. https://doi.org/10.1144/0060349