НОВІ НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕННЯ / NEW RESEARCH AREAS

УДК 504:37+ 338.45

Д.П. Гуня

МОЖЛИВІ ПРИЧИНИ ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА НЕОБХІДНОСТІ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Розглянуто можливі причини виникнення та вирішення питань про глобальне потепління на Землі та запропоновано можливі шляхи протидії цьому явищу. Відзначено роль Кіотського протоколу та Паризької угоди у вирішенні питань щодо протидії глобальному потеплінню. Ухвалення угоди про декарбонізацію економіки передбачало зниження видобутку та використання вугільної та вуглеводневої сировини. Декарбонізація економіки не є самоціллю, а перш за все, необхідно зниження викидів парникових газів у атмосферу. Використання газу-метану, що викидається в атмосферу підприємствами вугільної промисловості, це один із шляхів зменшення негативного впливу вуглевидобувних підприємств на зміни клімату. Розглянуто можливі джерела водню у вуглепородних масивах, шляхи його розвідки, видобутку та використання в енергетиці.
Ключові слова: глобальне потепління, Рамкова конвенція ООН, парникові гази, Кіотський протокол, квоти на викиди, Паризька угода, декарбонізація енергетики, водень.

Вступ

Міжнародна угода, укладена з метою скорочення викидів парникових газів в атмосферу для протидії глобальному потеплінню, була прийнята у Японському місті Кіото у грудні 1997 року (Кіотський протокол). Кіотський протокол був додатковим документом до Рамкової конвенції ООН 1992 року про зміни клімату.

Україна приєдналася до Кіотського протоколу у 2004 році. Відповідно до цього протоколу кожна держава отримує квоти на викиди в атмосферу парникових газів. Кожна з розвинутих країн мала скоротити промислові викиди в атмосферу. Зокрема, Україна зобов'язалася зберегти викиди на рівні 1990 року. Невикористані квоти держава має право продати, що Україна і робила, але самі проєкти про зниження викидів реалізовувалися лише на папері. Держава, яка купила квоти, мала право збільшити викиди в атмосферу згідно з придбаними

© Д.П. Гуня, 2021

квотами. Мета протоколу: стабілізувати рівень концентрації парникових газів в атмосфері на такому рівні, який не допускав би небезпечного антропогенного впливу на кліматичну систему планети. Кіотський протокол передбачав шість парникових газів: вуглекислий газ (CO_2), метан (CH_4), закис азоту (N_2O), гідрофторвуглець (ДФУ), перфторвуглець (ПФУ) та гексафторид сірки (SF_6).

Найбільш екологічно небезпечним для зміни клімату вважають вугільну промисловість та використання вугілля у енергетиці. Варто зазначити, що закриття шахт не вирішить питання міграції газу на поверхню, тому дослідження газу рудничної атмосфери шахт та газів у вуглепородному масиві є актуальним.

Мета наукових досліджень – визначити наявність метану, CO_2, водню та гелію у газових сумішах вугільних шахтах, їх походження та вплив на навколишнє середовище.

Завдання досліджень – визначення можливостей використання газових сумішей вугільних шахт, як водневої та вуглеводневої енергетичної сировини.

Матеріали та методи досліджень

В основу дослідження покладено узагальнення матеріалів геологічної служби, науково-дослідних робіт та виробничих звітів на шахті ім. О.Ф. Засядька починаючи з 2003 року. За час роботи на шахті, відповідно до виробничих потреб проводилися науково-дослідні роботи для забезпечення як вуглевидобутку, так і видобутку газу для когенераційної та заправної станцій.

Проаналізовано результати попередніх досліджень з позиції наявності водневої сировини.

Виклад основного матеріалу

У рамках щорічних конференцій ООН щодо зміни клімату проводяться наради-переговори, де визначаються нові виклики та можливості щодо покращення екологічного стану планети. Так у Європі, була прийнята концепція про декарбонізацію енергетики, це так звана Паризька угода. Паризька угода була підготовлена замість Кіотського протоколу та прийнята в Парижі, в грудні 2015 року на конференції ООН про зміни клімату, яка була підписана у квітні 2016 року. Декарбонізація промисловості та енергетики зокрема, не є самоціллю, а перш за все, необхідністю зниження викидів в атмосферу парникових газів.

У 2018 році опубліковано дослідження, де було показано, що поточна кліматична політика Китаю, Росії, Канади, США та Австралії веде до потепління планети [2]. В опублікованій у листопаді 2019 року Програмі ООН з навколишнього середовища, країни, учасники Паризької угоди планують збільшувати видобуток викопного палива аж до 2040 року [1]. Зокрема наголошувалося на розбіжності між задекларованими цілями зі стримування

глобального потепління та реальними планами країн видобувати дедалі більше палива.

Паризькою угодою передбачалося, що з 2020 року країни розпочнуть практичну взаємодію з виконання угоди, але представники країн-учасниць які зібралися в грудні 2019 року в Мадриді, так і не змогли вирішити це завдання.

Україна обіцяє дотримання Паризької угоди та подальше скорочення викидів вуглецю. Серед заходів на період до 2030 року планується скоротити викиди вуглецю, сприяти збільшенню кількості електромобілів, розвивати відновлювальні джерела енергії та збільшення кількості висаджених дерев. У 2021 році Україна взяла зобов'язання скоротити викиди парникових газів до 2030 року на 65% порівняно з 1990 роком, хоча попереднє зобов'язання полягало у скороченні викидів лише на 40%. На сьогодні, практичне виконання Паризької угоди відбувається за рахунок закриття вугільних шахт, а не розробки та втілення проєктів декарбонізації енергетики. Наукові дослідження з даного напряму корелюються та підтримуються Європейськими проєктами декарбонізації енергетики у співпраці з науковцями Польщі та інших країн.

В той же час, Росія ухвалила угоду постановою уряду від 21 вересня 2019 року, при ухваленні якої були ґрунтовні противники, але свої зобов'язання щодо зниження викидів в атмосферу виконала. У зв'язку із цим проведено Міжнародну науково-практичну конференцію у м. Казань (2021 р.), де обговорено нові парадигми розвитку паливо-енергетичного комплексу. Тема декарбонізації нова, як для деяких науковців, так і нафтогазових компаній. Запропоновані пропозиції про декарбонізацію так і пропозиції розглядати і розвивати нову парадигму розвитку нафтогазового сектора (НГС) вважали злом для Росії.

Китай, як одна із найбільш промислово розвинених країн, на Кліматичному саміті ООН у Глазго (2021 р.) погодився із потребою скорочення викидів парникових газів, але за власною програмою.

США вийшли з Угоди, але під тиском громадськості знову приєдналися до неї в лютому 2021 року.

Одним із головних питань розглянутих на Кліматичному саміті ООН у Глазго (2021 р.) є скорочення обсягів використання вугілля, як найбільш руйнівного для екології викопного палива та відмова від використання вугілля в енергетиці до 2040 року.

Зниження викидів у повітря парникових газів необов'язково розглядати як зниження видобутку вугілля чи вуглеводнів. Доцільно шукати та розробляти нові прогресивні технології видобутку з урахуванням прогнозованої економічної ситуації, національних особливостей та інтересів країни. Необхідно та й можливо значною мірою зменшити викиди в атмосферу парникових газів від

роботи вугільної промисловості. Значний досвід у цих питаннях уже є, варто ним правильно та вигідно скористатися.

У 2006 році на шахті імені О. Ф. Засядька реалізовано найбільший у Європі проєкт із утилізації газу-метану. А 2007 року на когенераційній електростанції (КГЕС) було утилізовано 60 млн $м^3$ газу-метану, вироблено 200,6 тис МВт електроенергії та 54 тис Гкал тепла. Загалом у країні було утилізовано 80 млн $м^3$ газу метану, а системами вентиляції та дегазації було викинуто у повітря 1,2 млрд $м^3$ газу метану. Свого часу дослідженнями було встановлено, що метан має незрівнянно більший негативний вплив на клімат Землі, ніж вуглекислий газ.

Ще у 1986 році, в огляді поширення водню у підземних флюїдах вуглепородних масивів, стверджували, можна з великою ймовірністю прогнозувати, що в недалекому майбутньому видобуток та переробка водню з'явиться як самостійна галузь промисловості. Минуло майже 35 років, але це майбутнє не наступило [13], але ряд прогнозів та перспектив є.

На сьогодні доцільно розвивати не тільки видобуток вуглеводнів, а й розробляти та застосовувати нові прогресивні технології видобутку водню. В Україні виконано дослідження якісного складу газових сумішей та наголошено на фактах міграції водню не тільки у вуглевидобувних регіонах, а й у районах поширення базальтів на Волині, у Чернігівській та Хмельницькій областях. У районах поширення Українського кристалічного щита та Приазовського кристалічного масиву, невиключено також можливі випадки міграції водню до поверхні. Методика частотно-резонансної обробки супутникових знімків та фотознімків цих районів має знайти застосування надалі під час проведення пошукових робіт на природний водень [4, 5] та інші геофізичні методи та комплексні методики.

Аналізуючи дослідження, виконані під керівництвом проф. Д. І. Менделєєва, проф. М. С. Курнакова у 1902 році, робимо висновок, що крім метану, у рудничному (шахтному) газі присутній вільний водень [7], що підтверджено дослідженнями якісного газового складу на шахті ім. О.Ф. Засядька протягом останніх десятиліть.

На сьогодні відомо, що Європа взяла курс на декарбонізацію енергетики та планує вже у 2050 році перейти на водневу енергетику. Запланований перехід країн ЄС на низьковуглецеву та безвуглецеву енергетику, насамперед, пов'язаний із зміною клімату на планеті. Враховуючи недостатність знань про причини, масштаби та механізми зміни клімату на планеті, ступінь впливу діяльності людини на ці зміни, необхідно вже зараз позначити напрямки та шляхи дослідження та вирішення цих проблем. Швидше за все, такі зміни здатні повністю змінити енергетичну карту світу.

Останнє десятиліття, так звані водневі технології, активно освоюються у Німеччині, Франції, Великій Британії, Голландії, США, Японії, Китаї, Австралії та Південній Кореї. Широке використання водневих технологій – це один з основних шляхів вирішення екологічних проблем на Землі.

У червні 2021 року уряд Німеччини ухвалив Національну водневу стратегію, де першочерговим визначено збільшення виробництва та використання власного водню. Одержання водню поки що планується при електролізі води з використанням електроенергії, виробленої з використанням відновлюваних джерел енергії. Ми розуміємо, що для виробництва водню необхідні електролізні установки та дешева електроенергія. Головна проблема отримання водню – його вартість, і вже 2050 року загальні інвестиції можуть сягати 470 млрд. євро.

Здається дуже дивно, що людство досі активно не зайнялося пошуком природного джерела водню. Вже понад 10 років свердловина, що дає природний водень, забезпечує установку з виробництва електроенергії в республіці Малі. Родовище відкрито випадково, але подальше геологічне вивчення не проводилося. Можливо це єдине родовище у світі? Ідею водневої дегазації Землі вперше висунув та обґрунтував відомий геолог В. Ларін. В Україні також фіксували виходи водню у газових сумішах, хоча окремого родовища чи свердловини не зафіксовано. Зрозуміло, що видобуток водню буде значно дешевшим, ніж його отримання електролізом.

Фактом, що водень та гелій надходять на поверхню Землі з надр, українські геологи зацікавилися давно [9, 12]. 2001 року на шахтах ВО «Макіїввугілля» цим питанням займалися вчені Інституту геологічних наук НАН України. Було встановлено залежність наявності у вугіллі ацетону та ацетилену з його викидонебезпечністю, але водень у їх дослідженнях не розглядався.

Після чергової аварії на шахті імені О. Ф. Засядька, що сталася у листопаді 2007 року, фахівці шахти розпочали власні експериментальні дослідження з визначення якісного газового складу рудничної атмосфери та вугілля у шахті. При підготовці поля Східної похилої лави пласта m_3 до розробки відбиралися проби вугілля в одних і тих же місцях і у виїмках виробок у герметичні металеві склянки, тому що розуміли, що водень тримається в залізі й згодом вийде через гумові прокладки. Проби вугілля відразу ж піддавали дегазації та дослідженню газу на хроматографі у лабораторії ВО «Укрвуглегеологія». Ці дослідження виконувалися у 2008-2009 роках. У окремих пробах газової суміші визначали водень та гелій. Цікаво, що моменти появи виходів гелію та водню не збігаються, що може свідчити про різні джерела їх надходження: гелій із глибинних джерел (але походження можна встановити лише за ізотопним складом, а ізотопний склад не визначався); водень – безпосередньо не пов'язаний з іншими газами, не

виключено утворився як наслідок реакцій у підземних резервуарах чи найближчих до поверхні породах. Не виключено, що різниця у виході можлива за різних швидкостей міграції та (або) адсорбції водню та гелію. Результати досліджень були опубліковані в журналах «Тектоніка та стратиграфія» за 2013 рік та «Геотехнічна механіка» за 2015 рік [10, 11, 12]. Факти появи гелію та водню намагалися ув'язати у часі із землетрусами, що виявляються у Чорноморському та Карпатському регіонах, але залежності не було встановлено, можливо тому, що проби відбиралися не регулярно. Проведених досліджень було недостатньо для кінцевих висновків.

У березні 2015 року на шахті імені О. Ф. Засядька у Східній похилій лаві, яка відпрацьовує запаси на «зворотний хід», сталася аварія, яка так і не була вивчена експертами належним чином. Так було враховано, що комбайн не працював у вугільній лаві, не відзначено перевищення концентрації метану в рудничній атмосфері лави, не враховано руйнування масиву в конвеєрному ходку попереду лави за 300 метрів. До роботи з вивчення події, з незрозумілих причин, не були допущені експерти ІГД імені О. О. Скочинського та Інституту гірничо-технічної механіки НАН України. Схожі аварії без реєстрації перевищень метану в рудничній атмосфері шахт, без роботи агрегатів та механізмів траплялися на шахтах Кузбасу та Воркути.

На думку деяких геологів Донбасу, водень та гелій надходять з надр у зонах підвищеної напруженості та тектонічних порушеннях масиву, тому варто вивчати напруженість та щільність масиву, тобто проводити сейсморозвідку та гравірозвідку шахтного поля. На сьогодні цими роботами у повному обсязі, із застосуванням прямих методів пошуків та розвідки, займаються фахівці Інституту прикладних проблем геології, екології та геофізики НАН України [8].

Утворення так званого геологічного або абіогенного ювенільного водню в надрах, вчені пов'язують у першу чергу з виділенням водню з води або водовмісних мінералів, але довести це складно через значні глибини проходження цих процесів. Непрямим підтвердженням цього може бути прояви дегазації тритію з жерловин окремих вулканів. Періодичний вихід глибинного водню з надр, можуть вважатися підтвердженими результатами досліджень В.Л. Сировоткіна, А. Джилата, А. Вола, О. Ю. Ретеюма. Відповідно до їх досліджень можемо зробити висновок про утворення деяких рудних та алмазних родовищ у відновлювальному водневому середовищі. Проведені термодинамічні розрахунки підтверджують і можливість впливу первинного водню на їх утворення [6, 12].

У зв'язку з відсутністю повного доказу цієї гіпотези, пошуки у надрах і виходів на поверхню водню необхідно проводити у тріщинуватих зонах

глибинних розломів, які перекриті слабопроникними пластами – відкладами, здатними сповільнити висхідну дегазацію, в тому числі, й водню.

Гіпотези глибинного водню розвиваються із часів В. І. Вернадського. Нині ж ці уявлення підтверджуються дослідженнями В. М. Шестопалова, О.Ю. Лукіна та інших видатних вчених геологів. Прикладом глибинного походження водню у природзломних зонах з відносно проникними покришками, наприклад, є водневе родовище в Малі. Звичайно, наскільки геологічні умови в Україні відповідають умовам у Малі, покажуть лише практичні дослідження потенційно перспективних регіонів [6, 12].

Для зменшення негативного впливу на екологічний стан планети і клімат, необхідно зосередитися на декарбонізації енергетики та над прогресивними технологіями пошуків, розвідки, видобутку та використання водню [3]. Розвідку та відкриття родовищ водню доцільно проводити на державному рівні, а водень ввести до Реєстру як стратегічно важливий енергетичний газ.

Для можливості відкриття родовищ водню та гелію необхідно наукові розробки за підтримки держави. Свого часу у 2020 році (лист №26/1.7-29.1-1570 від 17.01.2020р.) Міністерство енергетики та охорони навколишнього середовища звернулося до ДП «НТЦ ТЕР» при Інституті геологічних наук НАН України з питанням розробки приладів для фіксації наявності водню у рудничних атмосферах шахт. До вирішення цієї проблеми також було залучено фахівців Інституту приладобудування НАН України, але станом на сьогодні ця проблема залишається не вирішеною з різних причин.

На діючих родовищах вуглеводнів, особливо де видобуток ведеться з тріщинуватих щільних і кристалічних порід, необхідно обов'язково визначати наявність водню і гелію в газі, що видобувається, і, за можливості, передбачати заходи щодо їх вилучення. Звичайно, перш ніж робити далекосяжні прогнози щодо отримання та використання водню як джерело енергії в промисловості, необхідно розглянути можливі механізми утворення водню та виявити найімовірніші з них [6, 12].

Висновок

В останні роки для запобігання негативного впливу на клімат та екологічну ситуацію на Землі, значну увагу приділяють декарбонізації енергетики що відповідає Паризькій угоді. Одним із найбільш актуальних газів – водень, який є у вільному стані як складова газових сумішей вуглепородних масивів.

Протягом тривалого часу на при дослідженні якісної газової складової суміші, було встановлено присутність, крім вуглеводневих газів, водню та гелію, які не корелюються своєю кількістю із іншими газами. Перспективними

залишаються дослідження міграції газів у вуглевидобувних регіонах до поверхні, які можуть негативно впливати на зміни клімату.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. The Production Gap : 2019 Report.
2. Yann Robiou du Pont & Malte Meinshausen Warming assessment of the botton-up Paris Agreement emissions pledges. *Nature Communications*. 2018. Vol. 9. Article number: 4810.
3. Гуня Д.П., Натрус С.П. Проблеми та можливості отримання нетрадиційних газів. *Геоінформатика* 2021. №1-2 (77-78). С. 84 – 89.
4. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Особливості глибинної будови крупних зон водневої дегазації в різних регіонах земної кулі за результатами частотно-резонансної обробки супутникових знімків і фотознімків**.** *Геоинформатика*. 2021. №1-2 (77-78). С. 3 – 42.
5. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Апробація мобільних прямопошукових методів на ділянках пошуків водоносних колекторів, розташування озер і активних вулканів**.** *Геоінформатика* 2021. №1-2 (77-78). С. 64–83.
6. Шестопалов В.М. О геологическом водороде. *Геофизический журнал*. 2020. №6. С. 3—35 https://doi.org /10.24028 /gzh.0203-3100.v42i6.2020.222278.
7. Канин В.А. Исторический очерк изучения рудничного газа в Донецком бассейне. Материалы международной научной коференции «Геологія горючих копалин: досягнення та перспективи» Киев. 6-8 сентября 2017 года. С. 55 – 69.
8. Якимчук Н.А., Левашов С.П., Корчагин И.Н. Применение технологии частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков на участках добычи водорода и водородной дегазации Земли. *Геоинформатика*. 2019. №5 С. 5 - 35.
9. Шестопалов В.М., Лукин А.Е., Згонник В.А., Макаренко А.Н., Ларин Н.В., Богуславский А.С. Очерки дегазации Земли. Киев. 2018. 632 с.
10. Бокий Б.В., Гуня Д.П., Пимоненко Л.И., Балалаев А.К., Вергельская Н.В. Миграция и накопление глубинного газа, как один из факторов возникновения аварийных ситуаций. *Тектоника и стратиграфия*. 2013. №40. С. 49–58.
11. Булат А.Ф., Пимоненко Л.И., Балалаев А.К., Бокий Б.В., Гуня Д.П. О влиянии геодинамических процессов на накопление и миграцию газов в углепородном массиве Донбасса. *Геотехническая механика*. 2015. №120. С. 24-39.
12. Лукин А.Е., Шестопалов В.М. От новой геологической парадигмы к задачам региональных геолого-геофизических исследований. *Геофизический журнал*. 2018. №4 С. 4-26.
13. Русаков О.М. Глобальная инвентаризация измерений концентрации свободного и растворённого в подземных водах молекулярного водорода в земной коре суши. *Геофизический журнал*. 2020. №6. С. 48 – 63.

REFERENCES

1. The Production Gap : 2019 Report.
2. Yann Robiou du Pont & Malte Meinshausen 2018. Warming assessment of the botton-up Paris Agreement emissions pledges. *Nature Communications.* Vol. 9. Article number: 4810.
3. Gunia D.P., Natrus S.P. 2021. Problems and the possibility of using non-traditional gases. *Geoinformatics*. №1-2 (77-78). P. 84 – 89.
4. Yakimchuk M.A., Korchagin I.M. 2021. Features of the deep structure of hydrogen degassing zones in different regions of the globe based on the results of processing satellite images and photographs. Geoinformatics. №1-2 (77-78). P. 3 – 42.
5. Yakimchuk M.A., Korchagin I.M. 2021. Approbation of mobile direct search methods in the areas of search for hydrogen reservoirs, the location of lakes and active volcanoes. Geoinformatics №1-2 (77-78). P. 64–83.
6. Shestopalov V.M. 2020. On Geological Hydrogen. *Geophysical Journal*. No. 6. P. 3—35 https://doi.org /10.24028 /gzh.0203-3100.v42i6.2020.222278.
7. Kanin V.O. 2017. Historical essay on the study of mine gas in the Donets Basin. Proceedings of the international scientific conference "Geology of combustible copalins: reach and prospects" Kyiv. September 6-8. P. 55 – 69.
8. Yakimchuk M.A., Levashov S.P., Korchagin I.M. 2019. Application of the technology of frequency-resonant processing of satellite images and photographs in the areas of hydrogen production and hydrogen degassing of the Earth. *Geoinformatics.* № 5. P. 5 - 35.
9. Shestopalov V.M., Lukin O.E., Zgonnik V.O., Makarenko O. M., Larin N.V., Boguslavskyy O.S. 2018. Essays on the degassing of the Earth. Kyiv. p. 632.
10. Boky B.V., Hunia D.P., Pimonenko L.I., Balalaev O.K., Vergelska N.V. 2013. Migration and accumulation of deep gas as one of the factors of emergency situations. Tectonics and Stratigraphy. No. 40. P. 49–58.
11. Bulat A.F., Pimonenko L.I., Balalaev O. K., Bokiy B.V., Hunia D.P. 2015. On the influence of geodynamic processes on the accumulation and migration of gases in the coal rock massif of Donbass. *Geotechnical mechanics*. №120. P. 24-39.
12. Lukin O.E., Shestopalov V.M. 2018/ From a new geological paradigm to the tasks of regional geological and geophysical research. *Geophysical Journal*. No. 4. P. 4-26.
13. Rusakov O.M. 2020. Global inventory of measurements of the concentration of free and dissolved in groundwater molecular hydrogen in the earth's crust. *Geophysical Journal*. №6. P. 48 – 63.

Д.П. Гуня

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И НЕОБХОДИМОСТИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИКИ

Рассмотрены некоторые этапы возникновения и решения вопросов о глобальном потеплении на Земле и намеченные возможные пути противодействию этому явлению. Отмечены роль Киотского протокола и Парижского соглашения в решении вопросов о противодействии глобальному потеплению. Принятие соглашения о декарбонизации экономики предусматривало снижение добычи и использования углеводородов. Декарбонизация экономики не есть самоцель, а необходимость снижения выбросов в атмосферу. Использование газа метана, выбрасываемого в атмосферу предприятиями угольной промышленности, также один из путей уменьшения выбросов парниковых газов в атмосферу. Рассматриваются возможные источники водорода, пути его разведки, добычи и использования в энергетике.

Ключевые слова: глобальное потепление, Рамочная конвенция ООН, парниковые газы, Киотский протокол, квоты на выбросы, Парижское соглашение, декарбонизация энергетики, водород.

D.P. Gunia

POSSIBLE CAUSES OF CLIMATE CHANGE AND THE NECESSITY OF DECARBONIZATION OF ENERGY

Some stages of the emergence and solution of issues of global warming on Earth and designated possible ways to counteraction this phenomenon are considered. The role of Kyoto protocol and the Paris agreement in resolving issues related to counteraction global warming was noted. The acceptance of an agreement about decarbonisation of the economy provided for a decrease and use hydrocarbons. Decarbonisation of the economy is not end in itself, but the necessity to reduce emissions into the atmosphere. The use of methane gas emitted into the atmosphere by coal industry enterprises is also one of the reduce greenhouse gas emissions into the atmosphere. Possible sources of hydrogen, ways of its exploration, extraction and use in energy are considered.

Keywords: global warming, UNO framework convention, greenhouse gases, Kyoto protocol, emissions quotas, Paris agreement, decarbonisation of energy, hydrogen.

Заступник директора ОП «Володарське», Україна
ПАТ «Шахта ім. О.Ф.Засядько»
Дмитро Гуня
кандидат технічних наук

Стаття надійшла: 12.12.2021