

ГЕОЛОГІЯ ТА РОЗВІДКА НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ РОДОВИЩ

УДК 550.2

НОВІ ДжЕРЕЛА ЕНЕРГОНОСІЇВ У БЛИЗЬКОМУ МАЙБУТНЬОМУ

О.О. Орлов, В.С. Боднарчук

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 40117,
e-mail: san_sanuch_2010@mail.ru

Запасів вуглеводневих енергоносіїв людству вистачить практично на декілька десятиків років. Нетрадиційні джерела енергії, і навіть деревне вугілля, в сучасному енергобалансі світу займають лише 20%. Сучасні види енергії, які базуються на діленні ядер радіоактивних елементів, надзвичайно небезпечні і можуть спричинити виникнення глобальних катастроф. Енергія сланцевого газу (СГ) менш небезпечна, але потребує значних матеріальних затрат. Однак, людство змушене буде видобувати СГ, щоб поступово закривати атомні електростанції і протягом певного часу розпочати видобуток ^3He з реголіту Місяця, а також завершити розробку технології, для отримання в реакторах синтезу з ^3He нерадіоактивну ядерну енергію.

Ключові слова: сланцевий газ, реголіт, гелій, енергія.

Запасов углеводородных энергоносителей человечеству хватит практически на несколько десятков лет. Нетрадиционные источники энергии, и даже древесный уголь, в современном энергобалансе занимают всего 20%. Современные виды энергии, которые базируются на делении ядер радиоактивных элементов - крайне опасны и могут привести к возникновению глобальных катастроф. Энергия сланцевого газа (СГ) менее опасна, но требует больших материальных затрат. Тем не менее, человечество будет вынуждено добывать СГ, с целью постепенного закрытия атомных электростанций и на протяжении определенного времени начать добычу ^3He из реголита Луны, а также закончить разработку технологии для получения в реакторах синтеза из ^3He нерадиоактивную ядерную энергию.

Ключевые слова: сланцевый газ, реголит, гелий, энергия.

The hydrocarbon energy source reserves will be enough for mankind almost for decades. Unconventional energy sources and even coal sources in modern power balance account for only 20%. Modern types of energy, based on the splitting of radio-active elements atomic nuclei are extraordinarily dangerous and can result in the global catastrophes. Energy of shale gas (SG) is less dangerous, but needs greater expenses. Nevertheless, mankind will be forced to produce SG, to close gradually the nuclear power stations and during some period of time to begin the production of ^3He from Moon's regolith, and also to complete the development of technology, for the receiving not radio-active nuclear energy from ^3He in the reactors for conducting synthesis.

Keywords: shale gas, regolith, helium, energy.

На даному етапі розвитку промисловості в світі, особливо за останні 20 років, стало зрозумілим, що людство рухається до глобальної енергетичної кризи. Видобувні запаси та, навіть, ресурси традиційних вуглеводневих енергоносіїв, які в основному забезпечують промисловість електроенергією, в земній корі закінчуються і, ймовірно, вичерпаються за сучасного розвитку промисловості у світі протягом декількох десятиків років. Такі види енергії, як: гідротермальна і петротермальна енергія Землі, сонячна енергія, вітрова і, навіть, енергія, що одержується при спалюванні вугілля – в сучасному енергетичному балансі промислово розвинених країн складають 20%, а, отже, не зможуть замінити вуглеводневі енергоносії. До того ж спалювання вугілля призводить до забруд-

нення атмосфери і порушення екологічних умов життєдіяльності на Землі. Крім того, запаси вугілля в осадовій оболонці Землі не безмежні. Згідно з розрахунками їх стане приблизно на 200 років. Сучасні види атомної енергії, що базуються на діленні ядер урану або плутонію, що на даному етапі застосовуються в різних промислово-розвинених країнах, відповідають 7% в енергетичному балансі світу. Крім того, цей вид енергії – дуже небезпечний через його радіоактивність, яка призведе з часом до глобального забруднення навколишнього середовища. Слід також акцентувати увагу на те, що у випадку аварійних ситуацій існує загроза раптового радіоактивного забруднення достатньо великих територій. Вказане вже відбулось під час аварій атомних електростанцій в Чорнобилі

та на Японських островах. На даний час у зв'язку з активністю сильних землетрусів (магнітудою до 8-9 балів за шкалою Ріхтера, як це відбулось у Японії, на узбережжі Індії, Тайланду, Шрі-Ланки, на острові Суматра) земна осі, навколо якої Земля збалансована по масі, за даними Американського Національного Агентства з Космонавтики і Аеронавтики США (NASA), змістилась на 15 см в бік 139⁰ Східної довготи (в проекції на поверхню), земна доба скоротилась на 1,6 мікросекунди. Зміщення земної осі, у свою чергу, ймовірно впливає на інтенсифікацію інших проявів катаклізмів у земній корі, наприклад, на поновлення дії вулканів (Ісландія, Чилі). Порушення стабільності у поступовому розвитку земної кулі значно підвищує небезпеку на атомних електростанціях у процесі виробництва електроенергії з наступним одержанням інших видів енергії: механічної, теплової тощо [1].

Астрофізики вважають, що більшість фізико-геологічних процесів на Землі, що призводять до катаклізмів, пов'язані із змінами сонячної активності, яка проявляється циклічно через 11, 22, 87, 210, 2300 і 6000 років. Але науково підтвердженими циклами, що базуються на практичних спостереженнях, є одинадцятирічні та двадцятидворічні [2; 3; 4]. Максимум активності Сонця, у відповідності до 11-річного циклу, був зареєстрований у 2000 і 2002 роках. За даними астрофізиків наприкінці 2012 і початку 2013 року очікується сильна активізація сонячної активності, що призведе до так званого «сонячного шторму», який обумовить на Землі посилення магнітних бурь. Магнітні бурі можуть спровокувати потужні землетруси на нашій планеті. Як вважає директор НДІ по прогнозуванню і вивченню землетрусів Єльчин Халілов (Азербайджан), період з 2011 по 2015 рік є найбільш небезпечним стосовно вулканічної і сейсмічної активності Землі [5].

Враховуючи велику небезпеку розвитку виробництва енергії на атомних електростанціях, у Німеччині вже прийнятий закон, згідно з яким атомні електростанції повинні бути ліквідовані до 2022 року. У проведеному в Італії плебісциті абсолютна більшість громадян висловила аналогічно. В інших країнах світу також висловлюється неспокій щодо проблеми подальшого використання атомних електростанцій.

В 2000 році фірма Devon Energy у США розпочала масштабний видобуток так званого сланцевого газу (СГ) на площі Барнетт Шейл із горизонтальних свердловин, пробурених в товщі бітумінозних сланців від темного до чорного кольору, шляхом викривлення вертикальних свердловин на певних глибинах до горизонтального положення. Пізніше, в результаті поступового удосконалення вказаної технології одержання СГ з горизонтальних свердловин і поширення її на інших площах (Вудфорд, Марцеллус, Монтней та ін.), видобуток СГ в США, згідно інформації з Інтернету, сягнув у 2010 році нібито 51 млрд. м³. Але одразу, міністерство інформатики США визнало, що цифри про видобуток СГ в країні практично завищува-

лись, в зв'язку з чим ці дані будуть корегуватись в бік зменшення [6; 7; 8; 9]. Головні аспекти американської технології утворення штучних резервуарів у горизонтальних свердловинах шляхом застосування в них гідророзривів і видобутку сланцевого газу описані нами в [10]. Технічно видобувні запаси СГ у США були оцінені в 24 трлн. м³.

Сланцевим газом зацікавились майже всі країни світу. Визначену можливість видобутку газу з сланців назвали газовою революцією. Але експерти підраховали, що сланцевий газ коштує дуже дорого (до 283 дол. США), а при його продажі – купівлі, ціна буде ще вищою. Для порівняння можна навести такі дані: видобуток 1000 м³ газу Газпрому коштує 19 дол. США. У США ціна кілокубу газу з традиційних родовищ є ще меншою, оскільки ці родовища знаходяться там в обжитих і впорядкованих районах [8].

Крім вказаного, видобуток СГ пов'язаний з дуже сильним забрудненням надр і навколишнього середовища: здійснення гідророзривів на хімічно оброблених рідинах у горизонтальних свердловинах призводить до значної токсифікації пластових ґрунтових і артезіанських питних вод. Тому в США вже в 2005 році ухвалою Конгресу використання дизельного палива та інших продуктів, особливо відходів при крекінгу нафти для виготовлення рідин для гідророзривів, було заборонено в законодавчому порядку на основі діючого закону про охорону питної води [9]. Утворені штучні резервуари (зони дроблення) вздовж горизонтальних свердловин не довготривалі. Якщо вони на невеликих глибинах, їх обвалювання негативно відображається на поверхні, що також є одним із суттєвих негативних показників щодо охорони навколишнього середовища.

Але попри високу ціну і негативні екологічні показники видобутку СГ, який на сьогодні практично виробляється тільки в США, людство вимушене буде виявляти нові запаси СГ на всіх континентах і видобувати вуглеводневі енергоносії, так як виробництво енергії на атомних електростанціях є більш небезпечним і може привести людство до часу, коли передбачення древнього племені Майя справдяться. Тому розвиток технології видобутку СГ в промислових масштабах – необхідність, що вплине на обмеження виробництва електроенергії на атомних електростанціях та поступове їх закриття, а, головне, дасть можливість виграти час для пошуку та розробки нових технологій виробництва енергії з хімічних елементів, ядерна енергія яких є безпечною. Сучасне виробництво ядерної енергії є смертельно небезпечним для людства, у зв'язку з радіоактивним забрудненням навколишнього середовища, чого не можна сказати про сланцевий газ.

На даному етапі розвитку науки в області одержання термоядерної енергії встановлено, що в природі існують хімічні елементи, з яких можна отримувати безпечну термоядерну енергію стосовно радіоактивного забруднення навколишнього середовища.

На сьогоднішній день таким елементом є один з ізотопів гелію (He), а саме He-3 (^3He). Гелій (переклад з грецької Helios – Сонце) – один з найпоширеніших у Всесвіті. За розповсюдженням і легкістю він займає друге місце після водню в періодичній системі хімічних елементів Д.І. Менделєєва. Природний гелій складається з двох стабільних ізотопів ^3He і ^4He . Крім стабільних ізотопів до складу He входять ще 6 нестабільних ізотопів, які отримують в лабораторіях штучно [11; 12]. Ядро ^3He складається з двох протонів і одного нейтрона, ^4He складається з двох протонів і двох нейтронів. Загальна кількість ^3He в атмосфері – 0,000137%, що дорівнює приблизно 35 тис т, але він є ще також в мантії Землі в кількості на 2 порядки вищій, ніж в атмосфері. Виділення ^3He в атмосферу з надр Землі при проявах вулканізму і через розломи в земній корі – дуже мале і оцінюється не більше як декілька кілограмів на рік. ^4He розповсюджений в He набагато більше, ніж ^3He . Його в атмосфері і на Землі приблизно 99,99986% [11]. Гелій-3 є продуктом реакцій, що відбуваються на Сонці. Вважається, що ^3He викидається Сонцем у Всесвіт в дуже великій кількості. Астрофізики називають це явище «сонячним вітром». Частинки ^3He у космічному просторі врізаються в об'єкти, що зустрічаються на їх шляху, але на Землю вони майже не потрапляють у зв'язку з тим, що магнітне поле Землі не підпускає ^3He [13]. Але встановлено, що ^3He у достатньо великій кількості є на Місяці. Цьому сприяє, як вважають астрофізики, те, що на Місяці відсутні атмосфера і дипольне магнітне поле [12; 13].

На даний час встановлено, що в реакторах синтезу, на відміну від реакторів ділення, Гелій-3 може слугувати елементом для одержання ядерної енергії з практично нульовою радіоактивністю.

Як свідчать результати досліджень пилу і взірців порід з Місяця, ^3He достатньо багато на місячній поверхні. Пил Місяця складається з гострих часток, оскільки тут практично відсутні процеси ерозії, а сам супутник володіє електростатичним зарядом. В результаті місячний пил легко проникає в інші матеріальні субстанції.

За даними NASA американці планують політ на Місяць за програмою «Constellation» («Сузір'я») з метою ретельного вивчення проблеми використання поверхні Місяця для утворення баз з проживанням людей на 2040 – 2060 роки [13; 14; 15; 16; 17]. Згідно з виступом в січні 2006 року Н.Н. Севастьянова, який на той час був президентом Ракетно-космічної корпорації «Енергія», Росія планує розпочати видобуток ^3He на Місяці вже в 2020 році з метою використання його на Землі для виробництва безпечної ядерної енергії. Стосовно вказаної можливості, це було різко розкритиковано в інтерв'ю газеті «Труд» 31.01.2006 року академіком Р.З. Сагдєєвим, який сьогодні проживає в США. В основному Р.З. Сагдєєв приділив увагу Місяцю як проміжній базі для польотів на інші планети [15]. Але В.В. Путін під час візиту до Смоленської області 07.04.2011 року вказав, що

Росія через 20 років планує побудувати космічну базу на Місяці, а саме в приполюсних її частинах, де, ймовірно, присутня вода поряд з іншими дуже цінними корисними копалинами, дефіцит яких відчувається на Землі [18].

Сьогодні проблемою освоєння місячної поверхні і побудовою там баз зацікавились Китай, Індія, Японія. Ці країни розпочали дослідження місячної поверхні за своїми власними програмами. Вже успішно запущений китайський супутник на Місяць «Чаньз-1» (2007 р.), індійський супутник «Андріяне-1» (2008 р.) з приладами, робота яких полягає у пошуку ^3He , води та металів [12].

Одержувати ^3He передбачається з поверхневого шару порід Місяця, який одержав назву реголіт. У місячному реголіті вміст ^3He може бути до 10 млн. т [13; 14]. В програмі NASA передбачається видобуток ^3He на поверхні Місяця шляхом концентрації його часток з подальшим транспортуванням їх на Землю [16]. На Землі ^3He видобувається в дуже малих кількостях – до кількох грамів на рік. В реголіті встановлені також інші цінні для промисловості елементи, такі як титан, алюміній, залізо. А індійським супутником в районі місячних полюсів виявлена вода у вигляді льоду, що дуже важливо для побудови баз на Місяці [15]. Вихідний матеріал для синтезу ^3He , який не потребує особливих умов для його зберігання у зв'язку з тим, що він не є радіоактивним. Згідно з даними академіка РАН, члена бюро по космосу РАН Е.М. Галімова, місячний ^3He – це подарунок природи, який забезпечить людство енергією на тисячі років. Щоб забезпечити людство енергією гелію-3 на рік, за підрахунками Е.М. Галімова, необхідно до трьох польотів на Місяць космічними кораблями з вантажопідйомністю 10 т. Витрати на це будуть меншими у десятки разів, ніж кошти, що витрачаються зараз на виробництво енергії на електростанціях. За Е.М. Галімовим 1 т ^3He забезпечує енерговиділення, еквівалентне 20 млн. т нафти [17; 19; 20].

Теоретично підраховано, що ККД гелієвих реакторів дуже високий. Але проекти інфраструктури термоядерної енергетики із застосуванням ^3He сьогодні тільки розробляються. Роботи в цьому напрямі інтенсивно ведуться. Наприклад, у Франції вже розробили проект Міжнародного експериментального реактора термоядерного синтезу і розпочали його будівництво [19]. Складність полягає в тому, що для проведення синтезу дейтерію з гелієм-3 необхідно створити надвисоку температуру для запалювання плазми утричі більшу, ніж дейтерію з тритієм. Утворення високих температур для ядерного синтезу дейтерію з тритієм зайняло понад 50 років. Але протягом цих 50 років людство спромоглося створити температури від декількох тисяч до кількох мільйонів градусів за Цельсієм. Процес розвитку сучасної науки та інженерних технологій більш інтенсивний порівняно з технологіями та науковими досягненнями в галузі ядерної фізики, які були в минулому столітті.

Питання пошуків нових видів екологічно безпечних джерел енергії і розробки технологій їх використання на сьогодні є надзвичайно важливою проблемою. Проекти використання гелію-3 із реголіту Місяця, який є унікальною сировиною для одержання небезпечної термоядерної енергії, як було процитовано вище, інтенсивно розробляється в різних промислово розвинутих країнах. Дуже шкода, що Україна не бере участі в цих проектах. Вартість такої участі не була б вищою вартості будівництва гігантських футбольних стадіонів, на утримання яких в належному стані щорічно необхідно витратити значні кошти.

Повертаючись до проблеми видобутку газу з бітумінозних сланцевих порід, на наш погляд, першочерговим об'єктом для проведення наукових досліджень і, як наслідок цього промислових робіт з видобуванням газу за американською технологією з горизонтальних свердловин, є неогенові відклади Зовнішньої зони і відклади менілітової світи олігоцену Внутрішньої зони Передкарпатського прогину.

Зовнішня зона вважається газосною. В тортон-сарматських відкладах зони у південно-західній частині відомі поклади бурого вугілля загальним простяганням майже 130 км при ширині 15-20 км [21]. Крім цього, вказані тортон-сарматські відклади збагачені органічною речовиною, в основному гумусового ряду, про що свідчить наявність в осадах скам'янілих рослинних залишків. Зовнішня зона Передкарпатського прогину знаходиться на території з підвищеною інтенсивністю теплового потоку в осадочній оболонці земної кори, що є позитивним для розкладання органічної речовини з виділенням газу [22].

Цікаво згадати, що у ході проведення наукових досліджень в ІФНТУНГ у 2002-2004 роках стосовно виявлення причин пропускання продуктивних горизонтів газу в неогенових відкладах Зовнішньої зони Передкарпатського прогину були зроблені висновки, що в цій зоні промислові горизонти газу можуть бути одержані не тільки з традиційних піщаних колекторів, а в певних умовах, і з глинистих порід. На окремих площах це підтвердилося приростом запасів газу навіть в процесі буріння вертикальних свердловин [23].

Поклади бурого вугілля відомі і в Закарпатській западині у вигляді смуги, що простягається майже на 125 км у південно-східному напрямку від міста Ужгород. Поклади вугілля розміщені у відкладах верхнього тортону, середнього сармату і панон-левантину [21].

До першочергових експериментальних ділянок стосовно видобутку газу та інших вуглеводневих енергоносіїв із бітумінозних товщ слід віднести, безумовно, менілітові сланці Внутрішньої зони Передкарпатського прогину на глибинах перших тектонічних поверхів, шляхом буріння горизонтальних свердловин, в інтервалах залягання пологих крил лежачих складок і утворення в них штучних проникних зон.

На сході України в Перехідній зоні від Дніпровсько-Донецької западини до Донецько-

го складчастого кам'яновугільного басейну, де спостерігаються ділянки з підвищеною інтенсивністю теплового потоку, також доцільно отримання промислових припливів газу з горизонтальних свердловин.

Безпосередньо в Донецькому басейні проблемою можливості одержувати вугільний газ з інтенсивно порушених структур, що мають місце в межах шахтних полів, потрібно вивчати окремо і поступово, з врахуванням необхідної безпеки при експлуатації вугільних покладів та екологічної обстановки цієї густозаселеної території.

Буріння у вугільних породах горизонтальних свердловин з подальшими гідророзривними роботами можуть призвести до прориву пластових вод з водоносних пластів вміщуючих порід у вугільні пласти і шахтні лави. Густина пластових вод (а вони, як правило, є мінералізовані) набагато більша густини газу. Тому в пробурені по вугільному пласту горизонтальні свердловини при відкачуванні води і досягненні тиску десорбції газу, він буде надходити в стовбур свердловини разом з накопиченим у закритих порах і тріщинах (іноді це призводить до неочікуваних викидів) водою, оскільки осадові відклади, що складають Донецький кам'яновугільний басейн, надто сильно зім'яті в складки. Пласти вугілля тут залягають під дуже крутими кутами. Крім того, в них багато локальних флексур і перетискань. Гідродинамічні умови у відкладах Донбасу надзвичайно напружені. У флюїдоносних горизонтах тут повсюди можна очікувати аномально високі пластові тиски. У вугільних пластах на ділянках локальних пережимів флексур та інших тектонічних порушень, що слугують локальними екранами, формуються накопичення напірних газів. Це, ймовірно, і є однією з причин неочікуваних викидів газу вугілля в процесі його видобування.

Таким чином, для видобування газу з вугільних пластів повинні бути проведені всебічні дослідження кожної ділянки, де плануються ці роботи, з вивченням витриманості вугільного пласта по його товщині, структурних умов залягання і характеру локальних плікративних і диз'юнктивних порушень, літологічних властивостей порід, тріщинуватості та, особливо, гідродинамічного режиму.

У вугленосних басейнах, що не зазнали інтенсивного складкоутворення і в яких пласти вугілля залягають горизонтально та не є порушеними, видобування газу з горизонтальних свердловин, ймовірно, буде пов'язано з меншими труднощами. До цих районів можна віднести згадані вище пласти бурого вугілля в Зовнішній зоні Передкарпатського басейну Закарпатської западини, а також у Волинському кам'яновугільному басейні. Буріння горизонтальних свердловин у вугільних пластах у зазначених областях для видобування газу за американською технологією може викликати певний інтерес.

Література

- 1 Японское землетрясение сместило земную ось: <http://www.utro.ru/articles/2011/03/11/961595.shtml>
- 2 Солнечная активность: <http://ru.wikipedia.org>
- 3 Великие моменты в истории Солнечной физики: http://www.astro.umontreal.ca/paulahar/sp/great_moments.html
- 4 SIDC-Solar influences Data Analysis Center: <http://sidc.oma.be/sunspot-data/>
- 5 Матеріал наукової конференції 14-15 квітня 2011 року, газета «Казахстан сьогодні», <http://commentaries/view/52668/>, <http://adamant-lv@yandex.ru>
- 6 Сланцевий газ – Вікіпедія: http://ru.wikipedia.org/wiki/Сланцевый_газ
- 7 Маленькая ложь о сланцевом газе – Война и Мир: <http://www.warandpeace.ru/ru>
- 8 Сланцевый газ: <http://ru.wikipedia.org/%DO%>
- 9 Лукин А.Е. Сланцевый газ и перспективы його видобутку в Україні // Геологічний журнал. – 2010. – №3. – С.17 – 33.
- 10 Орлов О.О. Проблема видобування нафти і газу із бітумінозних товщ в Україні / Орлов О.О., Омельченко В.Г. // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2010. – №4 (37). – С. 28-32.
- 11 Гелий-4: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%DO%>
- 12 Хоменко Н.Г. Общая химия. – Москва: Химия, 1987. – 464 с.
- 13 Гелий-3 – Вікиновости: <http://ru.wikinews.org/wiki/%DO%>
- 14 Гелий-3 – Вікіпедія: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%DO%DO%>
- 15 Колонизация Луны. – Вікіпедія: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%DO%9A>
- 16 Сколько стоит Луна: Гелий – 3 и перспектива его добычи: <http://www.starmission.ru/blog/moon/146/hitl>
- 17 Лунный гелий-3 или все пути ведут на Луну: Новости космонавтики: <http://www.novosti-kosmonavtiki.ru/phpBB2>
- 18 Российская база на Луне // Наша планета. – 11 квітня 2011 року http://planeta.moy.su/blog/rossijskaja_baza_na_lune/2011-04-11-1653
- 19 Ученые России разрабатывают на Луне фабрики энергии....: <http://www.news.ru.com/russian/23jan.2004/dream.html>
- 20 Лунный гелий-3 эффективное термоядерное горючее будущего. Знание-сила: http://znaniya-sila.narod.ru/live/unknown_14_1.html
- 21 Геологическое строение и горючие ископаемые Украинских Карпат; под ред. В.В. Глушко и С.С. Круглова. – М: Недра, 1971. – 343 с.
- 22 Орлов О.О. Проблема використання гідротермальної енергії Землі як альтернативи вуглеводневим джерелам енергоносіїв в Україні / О.О. Орлов, В.Г. Омельченко // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2010. – №1. – С. 121-131.
- 23 Локтев А.В. Особливості до розвідки газових покладів у тонкошаруватих піщано-глинистих відкладах неогену Зовнішньої зони Передкарпатського прогину: Автореферат канд. дисертації / Локтев А.В. – 2004. – 22 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії
06.07.11

Рекомендована до друку професором
Д.Д. Федоришиним