

СТРАТЕГІЧНІ ВАЖЕЛІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕЗАЛЕЖНОСТІ УКРАЇНИ ЗА РАХУНОК ВИДОБУВАННЯ ГАЗОГІДРАТІВ МЕТАНУ У ЧОРНОМУ МОРІ

Події останніх двох років засвідчили суттєву небезпеку «російської теорії енергоконнекторів» [14,18], яка була розроблена задля панування у Європі і могла, у разі її успіху, спричинити катастрофічні втрати енергетичної безпеки країнами цього регіону.

Цей негативний досвід ще раз засвідчив необхідність нагальної потреби у пошуках нових альтернативних джерел отримання енергії. Одним з таких потенційних, і у деякій мірі навіть гіпотетичних, є технічна можливість і економічна доцільність використання енергетичного потенціалу ресурсу дна Чорного моря – газогідратів метану.

Енергобезпека перетворилася у важливий чинник зовнішньої політики, а енергетичним питанням надається політичне значення [11-18]. На 2021 рік енергетичний баланс України складали: вугілля - 28%, природний газ - 26%, атомна енергія - 24%, нафтопродукти – 12%, інші енергоносії – 10% [9]. Україна належить до енергодефіцитних країн і за рахунок власного видобутку забезпечує себе лише на 25% газом та на 10% нафтою.

Світ постійно стоїть перед проблемою пошуку нових джерел енергії для забезпечення своєї енергетичної безпеки. Висхідні види палива при цьому ще довгий час зберігатимуть провідну роль у паливному балансі. За прогнозами експертів Exxon Mobil, споживання енергоресурсів у найближчі 30 років на планеті зросте наполовину.

Вичерпаність світових запасів нафти та природного газу на суходолі призвели до пошуків нових джерел не відновлюваної енергії. Провідні держави світу в останній час приділяють значну увагу зміцненню своєї енергобезпеки через впровадження новітніх технологій енергозбереження та пошук нових видів палива і енергії. Одним з потенційних джерел енергії є запаси метану у газогідратах Світового океану та вічній мерзлоті Північної півкулі.

Морські гідрати метану, зазвичай, зосереджені між шарами мулу та кам'янистими поверхнями у бентичних районах океану. Їх можна знайти в інших місцях, наприклад, над лінією мулу або плаваючими на поверхні. На суходолі гідрати метану виявляються у районах з холодним кліматом, тому вони поширені в Сибіру, на Алясці та у Північній Канаді. Їх також можна знайти у гірських хребтах, наприклад, у Тибеті. Хоча гідрати можна знайти як на суходолі, так і на морі, приблизно 99% усіх гідратів переважно знаходяться на шельфі [35].

Довідково. Запаси CH_4 в океані на даний момент становлять $\approx 1600-2000$ Пг С. Більшість гідратів зосереджена у Тихому океані, оскільки нижчі рівні кисню сприяють збереженню органічного вуглецю. Низькі температури водного стовпа у високих широтах

призводять до накопичення гідратів в Арктиці та Антарктиці на менших глибинах, ніж це можливо у низьких широтах.

Більшість родовищ, деякі невеликі, а деякі великі, поховані у вічній мерзлоті та відкладеннях на дні океану вздовж континентальних околиць, де мілководні прибережні води спускаються до глибшого дна океану. Майже 99% з них за межами Антарктиди містяться у відкладеннях уздовж континентальних схилів, на глибині понад 500 метрів у середніх широтах та 300 метрів у вищих широтах. 1%, що залишився, зустрічається у полярних широтах, в основному вічномерзлих ґрунтах на суходолі і під Північним Льодовитим океаном [23].

Основні розвідані на даний момент запаси зосереджені:

- західний шельф Європи, що тягнеться у бік Ейре та Ісландії. Очікується, що гідрати метану будуть утримуватися в Середземному морі, у тому числі у деяких частинах Адріатичного, Тірренського, Егейського та Мармурового морів;

- західне узбережжя Америки від Аляски до Чилі;
- східне узбережжя Північної Америки, що включає майже усі Карибські острови;

- узбережжя Аргентини, Уругваю та південного сходу Бразилії;
- усе узбережжя Африки в усіх напрямках, включаючи Червоне море та Мадагаскар;

- повсюдно поблизу Південно-Азіатського півострова, включаючи великі зони Аравійського та Бенгальського морів;

- райони біля берегів Південної Кореї, Японії та островів Росії на північ від Японії, включаючи шельф Камчатки;

- майже усі води, океани та моря навколо країн АСЕАН;

- берегові зони Австралії та Нової Зеландії [31].

Гідрати метану були вперше виявлені Хамфрі Девісом у 1810 році, а їхня базова хімія досліджена Майклом Фарадеєм у 1823 році [32].

В 1934 Хаммершмідт визначив, що метан може конденсуватися у газопроводах з утворенням гідратів. Вперше гідрати метану було визнано енергетичним ресурсом на родовищі Мессояха у Сибіру 1964 року.

У 2013 році Японія досягла успіху, здійснивши перший безперервний видобуток газу з морських гідратів метану в Нанкайському жолобі.

Китайська Народна Республіка досягла успіху в 2017 році, вилучаючи метан із гідратів у Південно-Китайському морі. Інші країни досягли успіху у переривчастому видобутку з морських родовищ, зокрема, (США), Південна Корея та Індія [35].

Країни, які мають безпосередній вихід до Світового океану та ті, що розробили технології підводного видобутку корисних копалин, ведуть між собою суперечку відносно умов розробки цих ресурсів.

Запаси гідратів є також в Чорному морі, де на їхню розробку з часом зможе претендувати низка країн Чорноморського регіону (у першу чергу Україна, Туреччина і Румунія). Саме тому Україна вже зараз повинна дбати про свою пріоритетність щодо розробки і впровадження сучасної економічно виваженої технології видобутку метану з газогідратів.

Загальна характеристика енергетичного потенціалу українського шельфу Чорного і Азовського морів. Україна має достатньо різноманітних власних енергетичних ресурсів, які поки що використовуються не досить ефективно: те, що видобувається або купується витрачається в умовах енергетично неефективного виробництва. Існуючі потенційні запаси ресурсів експлуатуються низькими темпами, зважаючи на нестачу інвестицій.

На 2011 рік початкові потенційні ресурси вуглеводнів України в перерахунку на умовне паливо оцінювалися у 9 322,7 млн. т, у т. ч. нафти з газоконденсатом 1643,4 млн. т (17,6 %) і вільного газу – 7 254,3 млрд. м³ (77,8 %). Початкові розвідані запаси вуглеводнів (категорії A+B+C₁) складали 3501,1 млн.т у. п.; початкові ресурси нафти розвідані на 37%, вільного газу – 39%, а ступінь виробленості (частина накопиченого видобутку в початкових потенційних ресурсах) відповідно 27,4 і 25,5%, тобто 7004,3 млн. т у. п. (75,1%) початкових потенційних ресурсів залишаються ще в надрах, з яких 5821,6 млн. т у. п. відносяться до категорії нерозвіданих. Значна частина ресурсів вуглеводнів (27%) зосереджена на глибинах 5 – 7 км. 7043,5 млн. т початкових потенційних ресурсів вуглеводнів, або 75,5% від їх загальної кількості, знаходяться на суходолі, а 2279,2 млн. т (24,5%) – на шельфі Чорного й Азовського морів [15].

Довідково. Країна на сьогодні посідає друге місце в Європі за величиною запасів природного газу. На кінець 2019 року розвідані українські родовища містили 1,09 трлн. м³ природного газу. За цим обсягом Україна поступається в Європі тільки Норвегії, ресурси якої становлять 1,53 трлн. м³[4].

Поклади метану у Чорному морі виявлені на глибинах 300–1000 м. У центральній глибоководній частині моря запаси оцінюють у 20–30 трлн. м³, а загалом у Чорному морі, міститься 60–80 трлн. м³ цього газу. Очікувані запаси тільки в осадових породах в українській частині чорноморського дна – 7-10 трлн. м³ [3,8,21].

Початкові сумарні ресурси вуглеводнів українського сектора акваторій Чорного і Азовського морів у 2011 р. міжвідомчою експертною комісією затверджені в обсязі 1531,9 млн. т. умовного палива, у тому числі:

- північно-західний шельф Чорного моря - 604,1 млн. т.у. п.;
- континентальний схил і глибоководна западина Чорного моря – 346,0 млн.т.у.п.;
- Прикерченський шельф Чорного моря - 257,0 млн. т.у.п.;
- акваторія Азовського моря - 324,8 млн. т. умовного палива.

У зв'язку з низьким ступенем розвіданості Азово-Чорноморського регіону освоєність початкових ресурсів не перевищує 4%.

Потенційні запаси газогідратних родовищ шельфу Чорного моря оцінюються до 65-70 трлн м³. Це район глибоководної Кримської частини моря. Запаси газогідратних родовищ складають понад 20 трлн м³. Також прогнозуються великі запаси гідрату метану в палеодельті Дніпра [20]

До вивчення потенціалу гідрату метану як нового джерела енергії приступили на початку 70-х років. Гідрат метану це супрамолекулярна сполука метану з водою. Якщо гідрат метану нагрівається, або підвищується тиск,

сполука розпадається на воду і природний газ (метан). З одного кубічного метра гідрату метану при нормальному атмосферному тиску можна отримати 164 м³ природного газу (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика метану вугільних пластів і природних газогідрантів

Параметри	Метан вугільних пластів	Газогідратні поклади
Глибина залягання, м	200-1500	200-1100*
Середньодобовий дебіт свердловини, тис. м ³ /добу	8-10	0,1-220**
Середньодобовий дебіт води, м ³ /добу	3,5-9,5	0,001-0,014
Світові запаси, трлн. м ³	260	10-1000
Питомий вміст метану в 1 тонні породи, м ³	6-14	12-13***

* для континентальних родовищ

** для пласту гідрату потужністю 10м при комбінованому методі розробки

*** при гідронасиченості 80% та пористості 35%

Джерело:[6]

У світі виявлено понад 220 метаногідратних покладів на шельфі океанів і морів. Проблема виявлення та використання метаногідратних покладів є досить актуальною.

За оцінками геологів ГНЦ "Южморгеологія", газогідрати - поки одне з найперспективніших джерел природного газу з нетрадиційним способом видобутку. При цьому газогідрати достатньо широко поширені у Світовому океані. Вони утворюються на глибині морів понад 400-600 метрів при температурі не вище за чотири градуси за Цельсієм і атмосферному тиску не менше 40 атмосфер.

Світовий досвід визначення родовищ і видобутку газогідратів метану. Одним з регіонів потенційного видобутку гідратів є Арктика. За контроль над Арктикою активно борються п'ять держав, які мають прямий вихід до Льодовитого Океану, - Росія, Канада, США, Норвегія і Данія. Всього бажання вести розробку корисних копалин арктичного шельфу виявили більше 20 держав. Вважають, що боротьба за арктичний шельф у найближчій перспективі призведе до нової «холодної війни».

Крім кількох напрямів розвитку, Європа не відома як великий виробник вуглеводнів. У січні 2020 року Тімоті А [1]. та 30 інших вчених опублікували звіт, що свідчить про відкриття та визначення великих обсягів гідратів метану у водах та океанах навколо Європи [30]. Звіт Minshull фінансувався Європейською комісією у рамках проєкту «Морський газовий гідрат – джерело природного газу для Європи (MIGRATE) [35].

Відоми норвезький національний газогідратний проєкт GANS (газові гідрати на норвезько-баренцевому морі – околиця Шпіцбергена). Основною метою є кількісна оцінка скупчень газу у вигляді гідратних відкладень у Баренцевому морі біля архіпелагу Шпіцберген.

Для досягнення основної мети визначено такі заходи:

- а) геофізична характеристика газогідратів;
- б) геологічна та геохімічна оцінка резервуарів та просочувань газових гідратів;
- в) дисоціація газових гідратів та її вплив на геомеханічні властивості;
- г) теоретична та експериментальна оцінка газодинаміка гідратів.

Три контрастні цільові сфери були обрані для широких геофізичних, геологічних та геохімічних досліджень. Огляд результатів, досягнутих у рамках цього проєкту, представлений з акцентом на проведення міждисциплінарних досліджень [27].

США, Японія, Індія, Канада мають національні програми вивчення та промислового освоєння природних метаногідратів. За оцінкою British Petroleum, доступних запасів природного газу на північноамериканському континенті, де його щорічно споживається більше 770 млрд. м³ (близько 30% всього споживання у світі), вистачить всього на десятиліття, тому величезні зусилля урядів США, Канади і Мексики спрямовані на пошуки вирішення проблеми забезпечення своїх економік енергоресурсами. За помірними розрахунками міністерства енергетики, у США близько 6000 трлн. м³ метану газогідрата, це у сто разів більше запасів природного газу. Проблема в тому, що його видобуток технологічно важкий, небезпечний і тому вартісний.

Згідно з дослідженням, проведеним у 2012 році Університетом Альберти та Геологічною службою Канади, загальна кількість газоподібного метану в Канаді вимірюється трильйонами кубічних метрів. За оцінками, гідрати метану у два-тридцять разів перевищують кількість звичайного газу, що є в країні.

Незважаючи на цей потенційний обсяг, нещодавній технологічний прорив, що дозволив відкрити родовища та успішний досвід досліджень, Канада втратила інтерес до комерціалізації цього великого джерела енергії.

Канада та Японія були партнерами у пошуках метану з гідратів. З 2000 року Natural Resources Canada інвестувала у це підприємство понад 16 мільйонів доларів. У період з 2002 до 2008 року Японія витратила близько 60 мільйонів доларів на фінансування виробничих випробувань у канадській Арктиці.

У 2012 році японська національна корпорація з нафти, газу та металів досягла важливої віхи, успішно завершивши випробування з видобутку метану з морських гідратних утворень, вперше використовуючи методи видобутку, вперше застосовані у Канаді.

Незважаючи на успіх, канадське федеральне фінансування від Natural Resources Canada для досліджень у галузі розробки гідратів метану було припинено лише через кілька тижнів після морських виробничих випробувань у Японії [24].

Новим видом палива займаються також Норвегія і Південна Корея. Немає сумніву, що цей список розширюватиметься з кожним роком. Розробка газогідратів сприятиме економічному розвитку окремих країн.

У березні 2012 року було запущено німецько-тайванське підприємство з вивчення ресурсів метану у Південно-Китайському морі.

З жовтня 2019 р. до квітня 2020 р. було проведено друге морське випробування видобутку газогідратів на глибині 1225 м у районі Шенху (Південно-Китайське море). Було вирішено низку технічних завдань, пов'язаних із бурінням горизонтальних свердловин у неглибоких м'яких пластах у глибокому морі, включаючи стійкість гирла свердловини, похило-спрямоване буріння горизонтальної свердловини, інтенсифікацію пласта та контроль піскопрояву, а також точну розгерметизацію.

У результаті було досягнуто 30-денне безперервне видобування газу з накопиченим видобуванням $86,14 \times 10^4 \text{ м}^3$. Таким чином, середньодобовий видобуток газу становив $2,87 \times 10^4 \text{ м}^3$. Індустріалізація гідратів загалом складається з п'яти етапів, а саме теоретичних досліджень та імітаційних експериментів, розвідувальних експлуатаційних випробувань, дослідно-виробничих випробувань, продуктивних експлуатаційних випробувань та промислового видобутку [26].

Японія відповідно до положень Конвенції ООН з морського права від 1982 року, має намір добитися розширення своєї виняткової економічної морської зони, щоб отримати права на природні ресурси шельфу. Перш за все це можливість отримати таким чином контроль над запасами гідрату метану, які з часом можуть забезпечити енергетичну безпеку країни. Геологічна служба США оцінює тут запаси гідрату метану у 9,6 трлн. м^3 , що у 200 разів більше всього об'єму запасів родовищ природного газу на американському суходолі. На випадок, якщо в майбутньому технологія видобутку буде вдосконалена, японці вже намагаються закріпити за собою якомога більші ділянки океанічного шельфу.

Можливість для цього дає Конвенція ООН з морського права 1982 року. Вона дозволяє державі розширювати свою виняткову економічну морську зону, якщо доведено, що ті або інші ділянки морського дна є продовженням континентального шельфу. На першому етапі Конвенція ООН з морського права дозволяє державі розширювати економічну зону на 350 миль від берега. Потім держава повинна врегулювати свої територіальні суперечності з іншими країнами, після чого вона може претендувати на подальше розширення своєї економічної зони [10].

У 2011 році спільно із США і Канадою, Німеччиною і Індією Японія здійснювала проєкт видобутку газу з вічної мерзлоти в районі канадської провінції Маккензі з метою встановити, чи можливий комерційно виправданий видобуток гідрату метану.

19 березня 2013 року Японія стала першою країною, яка оголосила про успішне безперервне виробництво газоподібного метану з твердого шару гідрату метану, розташованого під морським дном у надглибоких водах, що підтвердило технічну здійсненність цього нового природного ресурсу та його нову технологію екстракції. Гідрати метану є унікальним природним ресурсом, який може забезпечити як величезну кількість газу, так і прісної води. Наприклад, з одного кубометра гідрату виходить 164 м^3 природного газу та понад 800 літрів води.

Враховуючи таку різноманітність гідратів метану як у вічній мерзлоті, так і у відкладеннях під морським дном, вчені в Японії почали вивчати, як спалювати природний газ, отриманий з гідратів метану, для виробництва електроенергії і як можна повторно закачувати викиди парникових газів назад у гідрати.

Випробовувалася резервуарна система. Така система могла дозволити виробляти електроенергію з нульовим викидом вуглецю для посушливих країн. Крім того, в епоху водневого палива прісна вода може бути перетворена на пару для використання у виробництві водню з природного газу, що виробляється спільно з водою. Таким чином, прісна вода може бути отримана з морських гідратів метану з попутним виробництвом газу; електроенергія, водневе паливо, а також уловлювання та зберігання вуглецю можуть здійснюватися паралельно з виробничою діяльністю.

Дослідження спрямоване на вивчення та вирішення наступних питань:

- Як гідрати метану вписуються в енергетичну політику Японії?
- Як існуюча правова база Японії регулює гідрати метану?
- Чи буде існуюча правова база щодо морських гідратів метану адекватною для усунення екологічних ризиків, пов'язаних з морськими ресурсами гідратів метану в Японії, і які нормативні зміни будуть потрібні?
- Якими будуть міжнародно-правові наслідки японської програми досліджень гідратів метану на шельфі (наприклад, зі зміною клімату)?

Проект фінансувався Японським товариством сприяння науці (JSPS), премією, що присуджується разом із Британською академією. Робочий документ було підготовлено у вересні 2019 року [28].

У 2003 році Конгрес США виділив 42 мільйони доларів на дослідження, пов'язані із видобутком метанового гідрату. У 2006 році американський уряд направив на наукові дослідження по газових гідратах 8,6 млн. доларів. У 2007 році дослідження, що фінансувалися з федерального бюджету, були сфокусовані на таких напрямках, як підтвердження можливості видобутку газових гідратів в Арктиці і встановлення можливості дистанційного виявлення і часткового визначення якісних характеристик арктичних газових гідратів. За оцінками фахівців, запаси газу, що містяться в метанових газових гідратах, у 100 разів більші за запаси газу з традиційних родовищ, що може призвести до недоцільності імпорту природного газу з інших країн [10].

На даний момент США зосереджені на видобутку сланцевого газу, але й потенційні зиски від перспектив експлуатації газогідратів також оцінюють.

Проект газових гідратів Геологічної служби США робить внесок у поглиблення розуміння американської та міжнародної науки про газові гідрати протягом як мінімум трьох десятиліть. Дослідницька група, що займається газовими гідратами в Геологічній службі США, є однією з найбільших у США і має досвід у всіх основних геолого-геофізичних дисциплінах, а також у фізиці та хімії газових гідратів, геотехнічних властивостях гідратовмісних відкладень та біогеохімія морських і багаторічних. До групи входять польові вчені, фахівці з чисельного моделювання, вчені-лаборанти та допоміжний технічний персонал

для морських, вічномерзлих та лабораторних робіт. 2012 року США провели виробничі випробування на Алясці [25].

В арктичних районах США і Канади запуснені експериментальні установки для видобутку гідрату метану, які на Алясці видали першу партію нової сировини. Арктичні поклади розташовані у вічній мерзлоті на глибині 500 метрів і нижче. У морських відкладеннях продуктивні пласти можуть мати кілометрову товщу. В умовах арктичних температур гідрати можуть залишатися стабільними після вилучення на поверхню.

Досвід України у технічних розробках видобутку газогідратів. Чорне море теж багате на поклади метану. У деяких його районах пошуково-розвідувальними організаціями ще впродовж 1988–1989 років виявлено на глибинах 300–1000 м під дном метаногідратні родовища. У центральній глибоководній частині моря запаси метану в гідратах оцінюють у 20–30 трлн. м³, а загалом у Чорному морі, за прогнозами геологів, міститься 60–80 трлн. м³ цього газу.

У 1993 році уряд України затвердив Постанову про виконання програми «Газогідрати Чорного моря» [3], якою був передбачений великий обсяг геологорозвідувальних робіт і створення технологій та конструкцій газодобувного комплексу. Була прийнята відповідна державна програма фундаментальних досліджень «Газогідрати Чорного моря», розроблений бізнес-план для інвесторів, виконані сейсмічні дослідження на значних структурах з величезними запасами газогідратів, здійснено декілька наукових експедицій. Проте відсутність коштів і індиферентність влади не дали можливості практично підійти до розробки технології видобутку.

За ініціативою президента Міжнародного науково-технічного університету (МНТУ), із залученням коштів «Укргазпрому» і участю провідних вчених НАНУ з 1993 року проводилися лабораторні роботи і стендові дослідження на молекулярному рівні з імітацією реальних умов утворення і відкладення гідратів на дні морів (з відбором проб води, піску і мула з дна Чорного моря). Це розширило уяву про умови утворення покладів газогідратів на дні морів. Лабораторні дослідження повинні були перерости у видобуток проб газогідратів з дна Чорного моря, але коштів на це не вистачило [19].

До цієї проблеми вчених залучали фактично на добровільних засадах. Так, фахівці НАН України у 2002 р. розробили «Загальнодержавну програму розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2010 року» [1], в якій важливе місце відвели вивченню запасів природного газу на шельфі Чорного моря. Цю програму Верховна Рада затвердила як закон України (набрав чинності з 1 січня 2007 р.).

У 2000 році був прийнятий Закон України «Про альтернативні види рідкого та газового палива», в якому визначалися «правові, соціальні, економічні, екологічні та організаційні засади виробництва (видобутку) і споживання альтернативних видів рідкого та газового палива на основі залучення нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини і спрямований на створення необхідних умов для розширення виробництва (видобутку) і споживання цих видів палива в Україні» [2].

В Одеській академії холоду та науково-дослідній фірмі «Лід-Газогідрат» у 2006 році було опрацьовано оригінальний бізнес-план прибуткового інноваційного проєкту «Метан - з газогідратів Чорного моря». Його реалізація лише в одному невеликому газодобувному комплексі за рік могла дати 0,97 млрд. м³ метану.

Приблизно у центрі Чорного моря, на глибині двох кілометрів, діє підводний грязьовий вулкан, по периферії якого постійно спостерігається вихід метану. Фахівці пов'язують це явище з розкладанням газогідратів. Поки газ з газогідратів на планеті видобувають тільки в двох місцях - в Західному Сибіру і на Алясці. Але це підземні, а не підводні родовища, та й технології видобутку виявилися витратними.

Розроблена в Одеській академії холоду технологія видобутку метану пропонувала вирішення цієї проблеми, але для цього потрібні були кошти, щоб провести повномасштабні випробування.

Наприкінці 2006 року був розроблений бізнес-план, в якому детально враховані витрати на розробку і прибутковість проєкту. Розрахований проєкт був на п'ятнадцять років, з них перші чотири - на розробку, проєктування і монтаж газодобувного комплексу, на третьому році початок виробництва талої води; ще одинадцять років - на видобуток метану.

Вже на першому етапі реалізації проєкту можливо видобувати до 1 млрд. м³ метану щорічно і продавати його на автозаправних станціях. На другому етапі (поки важко визначити, через який час після початку реалізації проєкту він настане) передбачалося збільшити газовидобування до 40 млрд. м³ на рік, але на це знадобилося б інвестицій на суму 2,8 млрд. доларів [14].

У Центрі енергетики майбутнього Інституту проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України, (м. Київ) розроблялися й інші, не менш привабливі проєкти за участю закордонних та вітчизняних інвесторів. Зокрема у Міжнародному науково-технічному університеті (м. Київ) була розроблена Державна програма «Розвиток паливно-комірчанних технологій в Україні «Паливні комірки», яка може використовуватися й для видобутку газогідратів метану у Чорному морі [7].

Екологічні ризики проєкту.

Видобуток гідратів метану з морського дна викликає питання про різні ризики та небезпеки для навколишнього середовища, у тому числі про можливість дестабілізації морського дна, підводних зсувів та цунамі. Багато таких ризиків і небезпек відсутні при видобутку традиційного природного газу.

В процесі видобутку метану з морського дна існує реальна небезпека підняття газогідратних мас на поверхню, що може призвести до вибухового виділення газу. По одній з вірогідних версій, саме такий підйом газогідратного пласту став причиною вибуху і руйнування платформи Deepwater Horizon у квітні 2011 р. Деякі фахівці взагалі радять не чіпати газогідрати, оскільки це може призвести до значних викидів в атмосферу метану, який є у 20 разів сильнішим парниковим газом, ніж діоксид вуглецю. Якщо метан з газогідратів

з-під води потрапить у великій кількості до атмосфери, процес парникового ефекту та руйнування озонового шару піде швидше у 20 разів.

Вченими широко обговорюється гіпотеза про можливе вивільнення гідрату метану при підвищенні температури через глобальне потепління – так звана гіпотеза «клатратної рушниці». Метан є парниковим газом, і виділення його викличе подальше потепління та ще більше вивільнення метану. Зупинити цей процес буде неможливо, і в результаті глобальне потепління може викликати глобальну екологічну катастрофу.

Буріння розвідувальних і експлуатаційних свердловин на родовищах природних газогідратів, як правило, супроводжується підвищеними газопроявами, викликаними плавленням гідратів і їх розпадом на газ і воду. Навіть невеликі зміни тиску і температури ведуть до швидкої трансформації водно-газової суміші, що викликає різке підвищення тиску в пласті газогідратів з накопиченням великої кількості газу, об'єм якого може в десятки разів перевищувати первинний об'єм газових гідратів.

Проходка нафтових і газових свердловин через гідратовмісні шари під морським дном може викликати відтаювання гідратів і деформацію стволів свердловин, що підвищує ризик аварійних ситуацій на платформах. На небезпеку розвитку зсувів морського дна значний вплив спричиняють різні геологічні процеси: землетруси, вулканічна діяльність, пониження рівня Світового океану, підвищення температури і, нарешті, діяльність людини. Все це відбувається одночасно з вивільненням газів при розкладанні скупчення гідратів в морських донних відкладеннях і може спровокувати виникнення і розвиток зсувів в шельфовій зоні.

Прикладом негативних наслідків втручання людини в газогідрати слугують найбільші аварії під час науково-дослідних експедицій. Так, наприклад, у 1989 році компанія «Сага петролеум АС» при бурінні свердловини на півночі Норвезького моря з цієї причини зазнала збитків у розмірі 90 млн. дол. Саме вивільнення великої кількості газу із скупчення газогідратів в морських донних осадах, на думку низки дослідників, призвело свого часу до руйнування видобувних платформ у Північному і Каспійському морях. Ціла низка аномальних явищ на кшталт «Бермудського трикутника» також може бути пов'язана з дестабілізацією морських газогідратів [16].

Некероване розтоплення гідрату, що може виникнути від будь-якого струсу, може призвести до утворення газового міхура, об'єм якого більш ніж у 160 разів перевищить первинний об'єм гідрату. При різкій подачі тепла можлива або так звана "бомба газогідрата" (коли усередині пласта раптово знижується тиск і відбувається локальний вибух, що загрожує потопити плавучу платформу), або "чорна дірка" (якщо значна частина пласта газогідрата відірветься від дна і спливе, то, швидко розплавившись, вона вивільнить велику кількість газу). Саме вивільнення великої кількості газу викликало свого часу руйнування добувних платформ у Каспійському морі.

Проблема морських гідратів метану при видобутку та комерціалізації полягає у переміщенні метану з підводних гідратних структур у товщу відкритої води та на поверхню моря, де він може потрапити в атмосферу. Будь-

яка сильна вібрація, тепло або інші форми енергії в цьому районі можуть викликати ушкодження покривних шарів. Перебуваючи у воді, метан, ймовірно, метаболізується у вуглекислий газ, підкислюючи прилеглі обсяги води. Одночасно дія як метану, і вуглекислого газу полягає у витісненні кисню і цим створенні задущлиивих умов для морських мешканців. Метан, що потрапляє в атмосферу, сприятиме створенню парникових газів в атмосфері та посилить ризик зміни клімату.

Гіпотетично можливе використання морських гідратів метану як спосіб ведення війни підводними човнами. Для прискореної дестабілізації газогідратів потрібні лише прості вибухи через відкладення та скидання бомб із повітря. Наслідки цих процесів і цунамі будуть більш руйнівними ніж атомна та ядерна зброя [33,34].

Складності видобутку метану з відкладень кристалогідрату - буріння під водою на великих глибинах, очищення кристалогідрату від мулу.

Небезпека витоку – по мірі падіння тиску і зростання температури метан, що виділяється, розчиняється у воді або потрапляє в атмосферу, що посилює парниковий ефект [16].

Висновки та пропозиції

Питання енергозабезпечення завжди буде стояти перед Україною і пошук нових енергоносіїв є нагально важливим. Продовження досліджень у сфері розробки технології видобутку газогідратів дасть змогу в майбутньому розраховувати на видобуток цього природного ресурсу як з дна Чорного моря, так і у Світовому океані (згідно Міжнародних конвенцій, країни, що володіють технологіями розробки ресурсів Світового океану, мають першочергове право на їхній видобуток).

На думку вчених, метан газогідратних шарів Чорного моря в майбутньому може слугувати перспективним джерелом газу для Криму і України.

У майбутньому розробка родовищ газогідратів може бути не менш рентабельною, ніж розробка великих родовищ вільного газу. Це вимагатиме будівництва підводних платформ, з яких потім можна буде перекачувати газ по трубах на спеціальні танкери. Собівартість видобутку метану з газогідратів у Чорному морі може становити не більш ніж 54 долари за 1 тисячу кубометрів палива.

Однак необхідна комплексна економіко-екологічна експертиза проєкту і неприпустимість застосування технологій, які могли б завдати шкоди природним екосистемам Чорного моря.

Для подальшого вивчення проблеми і практичної реалізації проєкту необхідно:

- надання юридичним і фізичним особам грантів, кредитних та інших пільг, встановлених відповідними законами України, для стимулювання розробок і впровадження новітніх технологій, обладнання, матеріалів у процесі виробництва (видобутку) альтернативних видів палива;

- стимулювання підприємств, які виготовляють машини, механізми, прилади, енергетичні установки, інші технічні засоби та пристрої, необхідні для дослідження та видобутку газогідратів;

- стимулювання інвестиційної діяльності і запровадження новітніх технологій у сфері альтернативних видів палива шляхом створення пільгового режиму інвестиційної та іншої господарської діяльності іноземним інвесторам;

- надання відповідно до Закону спеціальних державних гарантій захисту іноземних інвестицій, спрямованих на розвиток сфери альтернативних видів палива. Інвестору необхідна: стабільність законодавства, прогнозоване фіскальне навантаження і прозорість в оцінці запасів природних ресурсів;

- розробка ефективних способів дослідження запасів гідрату метану, які ймовірно знаходяться під морським дном на глибині від 800 до 3000 метрів;

- чітке визначення, де і як ці запаси можна буде видобувати;

- визначення екологічного ризику, пов'язаного з видобутком і споживанням ресурсу;

- розробка технологій транспортування природного газу, видобутого з газогідрату.

Наявні теоретичні розробки українських вчених і фактичні дані, отримані ними в ході вивчення газогідратів Чорного моря, потребують проведення комплексних експериментальних досліджень з метою запровадження в перспективі технологій промислового видобутку метану з газогідратів Чорного моря для потреб народного господарства України.

Необхідно уточнити реальні запаси, створити спеціалізовану державну або комерційну структуру для його пошуку та видобутку, залучити до вивчення цієї проблеми інститути НАН України, галузеві, наукові установи та вищі навчальні заклади. Для цього потрібні ґрунтовні дослідження природи утворення метаногідратів і можливості видобутку їх із застосуванням екологічно чистих технологій, без порушення біосфери моря.

Рано чи пізно Україна змушена буде повернутися до цієї нагальної проблеми. Однак на той час має бути створений надійний фундамент, закладати який слід уже сьогодні.

Для впровадження заходів щодо освоєння енергетичних ресурсів українського шельфу необхідно:

- розробити і затвердити законопроект про підтримку морського нафтогазовидобування в Україні;

- створювати сприятливі фінансово-економічні умови для підприємств, які здійснюють морський видобуток вуглеводнів;

- встановити нульову ставку ренти на природний газ, газовий конденсат і нафту, які видобуті на шельфі;

- забезпечити розвиток вітчизняного машинобудування, яке б забезпечувало галузь необхідною технікою і матеріалами.

З метою вивчення передового світового досвіду у сфері освоєння газогідратів необхідно активізувати відповідну співпрацю з науково-дослідними інституціями США, Канади, Японії, Південної Кореї, Індії та інших країн.

ПОСИЛАННЯ

1. «Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2010 року».- Закон України № 3458-ІУ від 22 лютого 2006 року .
2. «Про альтернативні види рідкого та газового палива» .- Закон України від 14 січня 2000 року № 1391-ХІУ.- Відомості Верховної Ради (ВВР), 2000, N 12, ст. 94.
3. “Про пошуки газогідратної сировини в Чорному морі і створення ефективних технологій її видобутку та переробки». Постанова Кабінету міністрів №938 від 22 листопада 1993 р.
4. Амелін А., Прокін А. Умланд А. Забутий потенціал енергетичних резервів України. URL: <https://zn.ua/ukr/economic-security/zabutij-potentsial-enerhetichnikh-rezerviv-ukrajini.html>
5. Бадов А. Сто лет без бед .- «Обзоры стран». URL: www.expert.ru/printissues/expert/2003/27/27ex-japshlf/ - 56k
6. Болтіков В. 10 000 мільярдів тонн під водою. URL: magazine.neftegaz.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=107&Itemid=2 - 27k –
7. Васильєв О., Джон І., Бродніковський Є., Лобода П., Осташ О., Полішко І., Баклан В., Михайлюк О., Щербатюк О. Міжнародна політика і енергетична безпека. *Журнал геополітичної аналітики «Бінтел»* № 1–2, 2022 рік. - С. 31-48. Незалежний аналітичний центр геополітичних досліджень Борисфен Інтел. URL: <https://bintel.org.ua/analytics/geopolitics/zhurnal-bintel-2022-1/>
8. Димитров Д, Петко Д. Черное море – нетрадиционный энергетический и сырьевой центр Европы. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*, 2010, №2. С.27-34.
9. Енергетичний баланс України на 2021 р. URL: <https://www.naftogaz.com/news/naftogaz-annual-report-2021>
10. Михайлюк О.Л. Стан і перспективи використання ресурсів гідрату метану зони Чорного моря. *Науковий вісник*, №5(83), 2009, Одеса.-С 25-35.
11. Михайлюк О.Л., Волович О.О. Екологічні ризики видобутку газогідратів метану у Чорному морі. *Международ. научно-практ. конф. «Экологические проблемы Черного моря»*, Одесса, 28-29 окт. 2010, ИНВАЦ. С .109-113.
12. Михайлюк О.Л. Екологічні аспекти видобутку газогідратів метану. *Чорноморська безпека*. 2011, №1 (19). С. 74-79.
13. Михайлюк О.Л. Екологічні і економічні аспекти видобутку газогідратів метану і сірководню в Чорному морі. *Матеріали круглого столу 23 листопада 2010 року, Одеса, РФНІСД у м. Одеса . Фенікс. 2011. С.96-100.*
14. Михайлюк О.Л., Калашнікова О.Є. Енергетична безпека України в Чорноморському регіоні: аналітична доповідь Одеса : Фенікс, 2011.— 53 с.
15. Михайлюк О.Л., Стеценко С.В. Шляхи інтенсифікації видобутку енергоносіїв на українському шельфі Чорного і Азовського морів. *Науковий вісник, ОНЕУ*, 2012, №12(164), С.112-121.

16. Михайлюк О.Л., Волович О.О. Стратегія освоєння енергетичного потенціалу Чорного і Азовського морів. Аналітична доповідь. Одеса: НІСД регіональний філіал у м. Одесі, Фенікс, 2012. 77с.
17. Михайлюк О.Л. Видобуток енергоносіїв на шельфі Чорного та Азовського морів. *Чорноморська безпека*. №2(6). 2007. С.84-88
18. Михайлюк О.Л., Сухіна Л.В. Російський капітал в економіці України. *Науковий вісник*, № 8 (28), Одеса. 2006. С.11-22.
19. Павлів С. Видобуток метану з газогідратів на шельфі Чорного моря може стати перспективним напрямом у забезпеченні України газом. *Укрінформ*. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/1566210-ukraiina_stane_liderom_iz_vidobutku_vuglevodniv_sered_kraiin_prichornomorya__ekspert_1876710.html
20. Педченко Л.О., Педченко М.М., Білецький В.С. Технологія формування газогідратних блоків з метою транспортування та зберігання вуглеводневих газів. *Вісті Донецького гірничого інституту*. № 30 (1) 2012. С. 363-374.
21. Ресурсна база України. Державна служба геології та надр України. URL: www.dgs.kiev.ua/.
22. Япония: найдены запасы топлива, которого хватит на столетия
Источник: MIGnews anomalia.kulichki.ru/news5/204.htm - 6k.
23. David Archer, Bruce Buffelt Ocean methane hydrates as a slow tipping point in the global carbon cycle. *PNAS*. 106 (49) 20596-20601. URL: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.0800885105>
24. Canada drops out of race to tap methane hydrates. URL: <https://www.cbc.ca/news/science/canada-drops-out-of-race-to-tap-methane-hydrates-1.1358966>
25. U.S. Geological Survey Gas Hydrates Project. . URL: <https://www.usgs.gov/centers/whcmssc/science/us-geological-survey-gas-hydrates-project>
26. The second natural gas hydrate production test in the South China Sea. *China Geology*. Volume 3, Issue 2, June 2020, Pages 197-209. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2096519220300719>
27. Bjorn Kvamme Gas Hydrates on the Norway-Barents Sea-Svalbard margin(GANS).
URL:https://www.academia.edu/19252440/Gas_Hydrates_on_the_Norway_Barents_Sea_Svalbard_margin_GANS_
28. Offshore Methane Hydrates in Japan: Prospects, Challenges and the Law. British Institute of International and Comparative Law. URL: <https://www.biicl.org/index>
29. Beaudoin, Y. C., Dallimore, S. R., and Boswell, R. (eds), 2014. Frozen Heat: A UNEP Global Outlook on Methane Gas Hydrates. Volume 2. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal.
30. Minshull Timothy., A. Hydrate occurrence in Europe: A Review of Available Evidence. *Mar. Petrol. Geol.* 2020;vol. 111:735–764.

31. Joo Yong Lee and others . World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics; South Korea: 8–12 September 2013. ‘The Seafloor Deformation and Well Bore Stability Monitoring during Gas Production in Unconsolidated Reservoirs; pp. 703–707.

32. Partain Roy A. Avoiding epimetheus: planning ahead for the commercial development of offshore methane hydrates. *Sustainable Development Law and Policy*. 2015;15(1):16–57.

33. Makogon Y.F., Holditch S. A, Makogon T.Y. Natural Gas-Hydrates — a Potential Energy Source for the 21st Century. *J. Petrol. Sci. Eng.* 2007;56(1):14–31.

34. De Silva Jill Marcelle, Dawe Richard. Towards Commercial Gas Production from Hydrate Deposits. *Energies*. 2001;4(2):215–238.

35. Roy Andrew, Constantinou Yiallourides Hydrate occurrence in Europe: Risks, rewards, and legal frameworks. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7428787/>