

КЛАСИФІКАЦІЯ СПОСОБІВ ВИДОБУВАННЯ МЕТАНУ З ГАЗОГІДРАТНИХ ПОКЛАДІВ ДНА ЧОРНОГО МОРЯ

О.Ю. Витязь, Я.М. Фем'як, С.О. Овецький

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727182,
e-mail: oveskuj@rambler.ru

В даній статті розглядається питання щодо порівняно нового потенційного джерела енергії, а саме – газових гідратів та існуючих на сьогодні методів їхнього видобування, як на суші, так і на континентальному шельфі. Основну увагу приділено технологіям, які вже успішно реалізуються на основних газогідратних родовищах світу, а саме: Мессояхському родовищі газових гідратів, яке знаходиться на півночі Західного Сибіру, родовищі Купарук на Алясці, родовищі М'ялік (Канада), та скупченні родовищі в западині Нанкай на шельфі Японського моря.

Зацікавленість у вивченні газогідратів із кожним роком постає все гостріше у зв'язку із безперервним видобуванням таких традиційних вуглеводневих джерел енергії, як нафта, газ, газоконденсат тощо. Запаси газогідратів на планеті, за орієнтовними оцінками, складають не менше 250 трлн. м³. Це достатньо песимістична оцінка, але навіть вона переважає відомі запаси традиційного природного газу, що становлять за поточними даними BP Statistical Review 187,1 трлн. м³. Близько 98% світових запасів газових гідратів зосереджено в океані, 2% - на суші в зоні вічного холоду.

Наявні теоретичні розробки українських вчених і фактичні дані, отримані нами в ході вивчення газогідратів Чорного моря, підтверджують доцільність проведення комплексних досліджень з метою запровадження технологій практичного видобутку метану із газогідратів Чорного моря для потреб економіки України.

У даній статті представлено основні методи видобутку природних газових гідратів, які можуть бути успішно використані на родовищах Чорного моря. До таких методів відносять: метод циркуляції гарячої води по стовбуру свердловини, метод обігріву стовбура свердловини нагрівачами, пароциклічна обробка, термозаводнення, поступове розчинення верхнього шару скупчень газових гідратів водою, зниження гідростатичного тиску тощо.

Ключові слова: газогідрати, перспективне джерело енергії, океан, доцільність проведення комплексних досліджень в Чорному морі, основні методи видобутку газових гідратів.

В данной статье рассматривается вопрос о сравнительно новом потенциальном источнике энергии, а именно - газовых гидратов и существующих на сегодня методов их добычи, как на суше, так и на континентальном шельфе. Основное внимание уделено технологиям, которые уже успешно реализуются на основных газогидратных месторождениях мира, а именно: Мессояхском месторождении газовых гидратов, которое находится на севере Западной Сибири, месторождении Купарук на Аляске, месторождении М'ялик (Канада), и скоплениях месторождений во впадине Нанкай на шельфе Японского моря.

Заинтересованность в изучении газогидратов с каждым годом встает все острее, в связи с непрерывной добычей таких традиционных углеводородных источников энергии, как нефть, газ, газоконденсат и т.п. Запасы газогидратов на планете, по ориентировочным оценкам, составляют не менее 250 трлн. м³. Это достаточно пессимистическая оценка, но даже она превышает известные запасы традиционного природного газа, которые составляют по текущим данным BP Statistical Review 187,1 трлн. м³. Около 98% мировых запасов газовых гидратов сосредоточено в океане, 2% - на суше в зоне вечной мерзлоты.

Имеющиеся теоретические разработки украинских ученых и фактические данные, полученные нами в ходе изучения газогидратов Черного моря, подтверждают целесообразность проведения комплексных исследований с целью внедрения технологий практической добычи метана из газогидратов Черного моря для нужд экономики Украины.

В данной статье представлены основные методы добычи природных газовых гидратов, которые могут быть успешно использованы на месторождениях Черного моря. К таким методам относятся: метод циркуляции горячей воды по стволу скважины, метод обогрева ствола скважины нагревателями, пароциклічна обробка, термозаводнення, постепенное растворение верхнего слоя скопленных газовых гидратов водой, снижение гидростатического давления и другие.

Ключевые слова: газогидраты, перспективный источник энергии, океан, целесообразность проведения комплексных исследований в Черном море, основные методы добычи газовых гидратов.

This article discusses a relatively new potential source of energy, namely, gas hydrates and existing methods of their production, both onshore and on the continental shelf. Emphasis is placed on the technologies that are successfully used on the main gas hydrate fields of the world, namely: Messoiakhske field of gas hydrates, which is located in the north of the Western Siberia, Alaska Kuparuk field, Mialik field (Canada), and the accumulation of fields in the Nankai basin on the Japan Sea shelf.

Interest in studying gas hydrates is increasing every year due to the continuous production of such traditional hydrocarbon energy sources as oil, gas, and gas condensate. Hydrate reserves on the planet, according to rough estimates, comprise at least 250 bln. m³. This is a rather pessimistic estimation, but even it exceeds the known reserves of conventional natural gas that are equal to 187,1 bln. m³ in accordance with the current data of the BP Statistical Review. Approximately 98% of the world gas hydrate reserves are concentrated in the ocean, and 2% are accumulated on land in permafrost.

The available theoretical developments of Ukrainian scientists and actual data obtained in the study of gas hydrates of the Black Sea, confirm the value of comprehensive research in order to introduce technology of methane practical extraction from the Black Sea hydrates for the needs of the Ukrainian economy.

This article presents the basic methods of extraction of natural gas hydrates, which can be successfully used on the fields of the Black Sea. Such methods include the method of hot water circulation in the well bore, method of heating the well bore by heaters, cyclic-steam stimulation treatment, thermal flooding, gradual dissolution of the top layer of gas hydrate with water, reduction of the hydrostatic pressure etc.

Key words: hydrates, promising source of energy, ocean, appropriateness of comprehensive research in the Black Sea, main methods of extraction of gas hydrates.

Постановка проблеми. Гігантські природні запаси газових гідратів роблять їх перспективним і важливим джерелом вуглеводнів в XXI столітті. Україна шукає нові джерела нетрадиційної енергії з моменту підняття цін на вуглеводневу сировину. Газогідрати – це джерело нової енергії, яке здатне збудувати майбутнє України без енергетичної залежності від інших країн. Гідрати вуглеводних газів у надрах викликають зацікавленість як потенційна корисна речовина і як нестабільний компонент техносфери, розкладання якої може мати небажані наслідки. Наявні теоретичні розробки українських вчених і фактичні дані, отримані ними в ході вивчення газогідратів Чорного моря, підтверджують доцільність проведення комплексних досліджень з метою запровадження технологій практичного видобутку метану із газогідратів Чорного моря для потреб економіки України. При розробці газогідратних родовищ і зміні термодинамічних умов, близьких до межі фазової стійкості газогідратів, можуть виникнути серйозні екологічні проблеми. Тому освоєння газогідратів Чорного моря може забезпечити енергетичну незалежність України лише за умови вибору ефективного та екологічно безпечного методу їх видобування.

За попередніми оцінками провідних науковців, в українській економічній зоні Чорного моря запаси метану в газогідратах відповідають 100-річному традиційному видобуванню метану в Україні. Таким чином, якщо видобувати метан з моря в тому ж обсязі, в якому видобувають на суші, його вистачить на 1000-1500 років [1, 2].

Видобування природних гідратів в Чорному морі пов'язане з рядом економічних і екологічних проблем, які необхідно розв'язати. У більшості випадків перехід невикористовуваного нетрадиційного джерела в розряд використовуваних залежить від розміру інвестицій та рівня розвитку технологій. Газові гідрати можуть вважатися потенційним джерелом вуглеводнів тільки в тому випадку, коли отримана в результаті енергія буде перевищувати енергію, необхідну для виділення з них метану.

Слід зауважити, що видобування метану з газогідратів має ряд застережень:

- порушення стійкості придонних відкладень на континентальних схилах;
- підшва зони газових гідратів може бути місцем різкого зниження міцності товщі осадових порід;
- присутність гідратів може перешкоджати нормальному ущільненню та консолідації донних відкладень.

Таким чином, будь-яка з технологій розробки родовищ метанових газових гідратів (МГ) може виявитися успішною лише в тому випадку, якщо буде виключено додаткове зниження стійкості порід і забезпечена належна екологія навколишнього середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки цікавість до проблеми газових гідратів в усьому світі значно посилилася. Зростання активності досліджень можна пояснити наступними основними чинниками:

- активізацією пошуків альтернативних джерел вуглеводневої сировини в країнах, що не володіють ресурсами енергоносіїв, оскільки газові гідрати є нетрадиційним джерелом вуглеводневої сировини, промислове освоєння якої може початися вже в найближчі роки;

- необхідністю оцінки ролі газових гідратів в приповерхневих шарах геосфери, особливо у зв'язку з їх можливим впливом на глобальні зміни клімату;

- вивченням закономірностей утворення і розкладання газових гідратів в земній корі в загальнотеоретичному плані з метою обґрунтування пошуків і розвідки традиційних родовищ вуглеводнів (природні гідратопроявлення можуть служити маркерами більш глибокозалегаючих традиційних родовищ нафти і газу);

- активним освоєнням родовищ вуглеводнів, розташованих у складних природних умовах (глибоководний шельф, полярні регіони), де проблема техногенних газогідратів загострюється;

- доцільністю скорочення експлуатаційних витрат на попередження гідратоутворення в промислових системах видобутку газу за рахунок переходу на ресурсозберігаючі та екологічно чисті технології;

- можливістю використання газогідратних технологій при розробці, зберіганні та транспорті природного газу.

Дослідження геологічних і технологічних проблем газових гідратів були розпочаті в середині 60-х років науковцями різних країн світу [3]. Спочатку ставилися і вирішувалися технологічні питання попередження гідратоутворення, потім тематика поступово розширювалася: включалися в сферу інтересів кінетичні аспекти гідратоутворення, далі значну увагу було приділено геологічним аспектам, зокрема можливостям існування газогідратних покладів, теоретичним проблемам їх освоєння.

У лютому 2011 року японське дослідницьке судно «Тікю», орендоване корпорацією «Japan Oil, Gas and Metals National Corp», поча-

ло пробне буріння свердловини під океанським дном в 70 км на південь від півострова Ацумі (поблизу міста Нагоя) з метою експериментів з видобутку газових гідратів. Передбачається пробурити три свердловини глибиною 260 м (глибина океану в цьому місці - близько кілометра) з метою перевірки можливості видобутку газових гідратів і проведення вимірювань. Очікується, що для переведення гідратів метану в газ буде використовуватися процес розгерметизації, розроблений корпорацією «Japan Oil, Gas and Metals National Corp». Повномасштабний пробний видобуток в даному районі було проведено в лютому - березні 2013 року, а промислова розробка запланована на 2018 рік. Станом на 14 березня 2013 року Японія стала першою країною, якій вдалося видобути природний газ з газогідратних покладів дна океану, що досі не вдалося це зробити жодній країні світу [4].

Вчені Іркутського державного технічного університету вперше застосували новітню технологію для оцінки запасів газогідратів в озері Байкал. Ця подія відбулась 15 серпня 2013 року і стала суттєвим досягненням російських вчених в сфері пошуку та ідентифікації скупчень природних газових гідратів. Згідно з повідомленням, у розробці та виготовленні гідроакустичного комплексу брали участь вчені з Іркутська, Москви і Санкт-Петербурга. Комплекс успішно пройшов випробування на Байкалі: він може занурюватися на глибину до 1,6 тисячі метрів; здатний вивчати профіль придонних порід, морфологію, робити заміри температури, електропровідності, оцінювати вміст метану. У разі позитивної експертної оцінки фахівцями інших розвинутих країн, виробництво роботів-розвідників може набути масового характеру.

Новітні технології, що стосуються розвідки та освоєння газогідратів загалом з'являються не тільки в сфері технологій, призначених для їх пошуку, але і для їх безпосереднього видобування. Так, нещодавно було запропоновано нову технологію, яка відноситься до галузі газовидобутку, зокрема до видобутку газу з кристалогідратів. Технологію засновано на способі створення локальних перепадів тиску за рахунок застосування спеціальних гідродинамічних кавітаційних апаратів, які характеризуються мінімумом енергоспоживання, що робить в підсумку вирішення такого завдання економічно ефективним.

Властивість газових гідратів при відносно невеликих тисках концентрувати значні запаси газу привертає увагу фахівців досить тривалий час, оскільки технологічні пропозиції щодо зберігання та транспорту природного газу в гідратному стані з'явилися ще в 40-х роках минулого століття, але справжньої актуальності вони набули саме сьогодні, тобто на початку 21-го століття. Розрахунки економістів стверджують, що найбільш ефективним є морське транспортування газу в гідратному стані, причому додатковий економічний ефект може бути досягнутим за одночасної реалізації споживачам газу, що транспортується і чистої води, що

залишається після розкладання гідрату (при утворенні газогідратів вода очищається від домішок). Тому вчені передових країн світу активно працюють над цим питанням і вже досягли певних успіхів. Так, було створено проект з організації газогідратних сховищ газу в рівноважних умовах (під тиском) поблизу значних споживачів газу.

Спорудження подібного сховища не є складним: сховище являє собою батарею газгольдерів, розміщених в котловані або ангарі, що сполучена з газовою трубою. У весняно-літній період сховище заповнюється газом, що формує гідрати, в осінньо-зимовий - віддає газ при розкладанні гідратів з використанням низькопотенційного джерела теплоти. Будівництво подібних сховищ поблизу теплоенергоцентралей може істотно внормувати сезонну нерівномірність у виробництві газу і представляти собою реальну альтернативу будівництву ПСГ в деяких випадках.

В даний час активно розробляються технології щодо видобування газогідратів, зокрема з використанням сучасних методів інтенсифікації технологічних процесів (добавки ПАР, які прискорюють тепломасоперенесення; використання гідрофобних нанопорошків; акустичний вплив різного діапазону, аж до отримання гідратів в ударних хвилях та ін.) [5].

Виділення невирішених частин загальної проблеми. Дослідження умов утворення, стабільного існування і властивостей гідратів у природних умовах дають змогу впевнено прогнозувати їх наявність у різних регіонах суші, Світового океану та, зокрема, в межах Чорного моря. Цілеспрямовані пошукові роботи, що проводяться як на суші, так і в акваторіях, завжди виявляли газогідратні поклади. За результатами сейсмічних і геоакустичних досліджень у Чорному морі виділено аномалії (типу BSR, VAMP'S), які свідчать про наявність газогідратів (див. рис. 1, 2). Такі ділянки відомі у Західно-Чорноморській западині, Бар'єрній антиклінальній зоні, на піднятті Паласа, у прогині Сорокіна, на Анапському виступі, біля підніжжя Кавказького континентального схилу. Взагалі у Чорному морі виявлено більше десятка відкладень газогідратів у приповерхневій товщі донних відкладів, в інтервалі залягання від 0,6 до 2,85 м (на Кримському континентальному схилі, на піднятті Паласа тощо). У деяких районах Чорного моря на глибинах 300-1000 м виявлено газогідратні поклади метану товща шару яких коливається від 400 до 800 м під дном моря. Нижня межа існування гідратів метану і сірководно залежить від глибини моря і величини термічного градієнта в розрізі порід.

Ресурси метану в покладах газогідратів навпроти Криму оцінюються в 20-25 трильйонів м³; кількість же метану у всьому Чорному морі за оцінками експедицій Української академії наук, а саме за результатами розбурювання і підйому зразків ґрунту морського дна більш, ніж у 400-х кернах – не менше 100 трильйонів м³. При цьому залишаються не дослі-

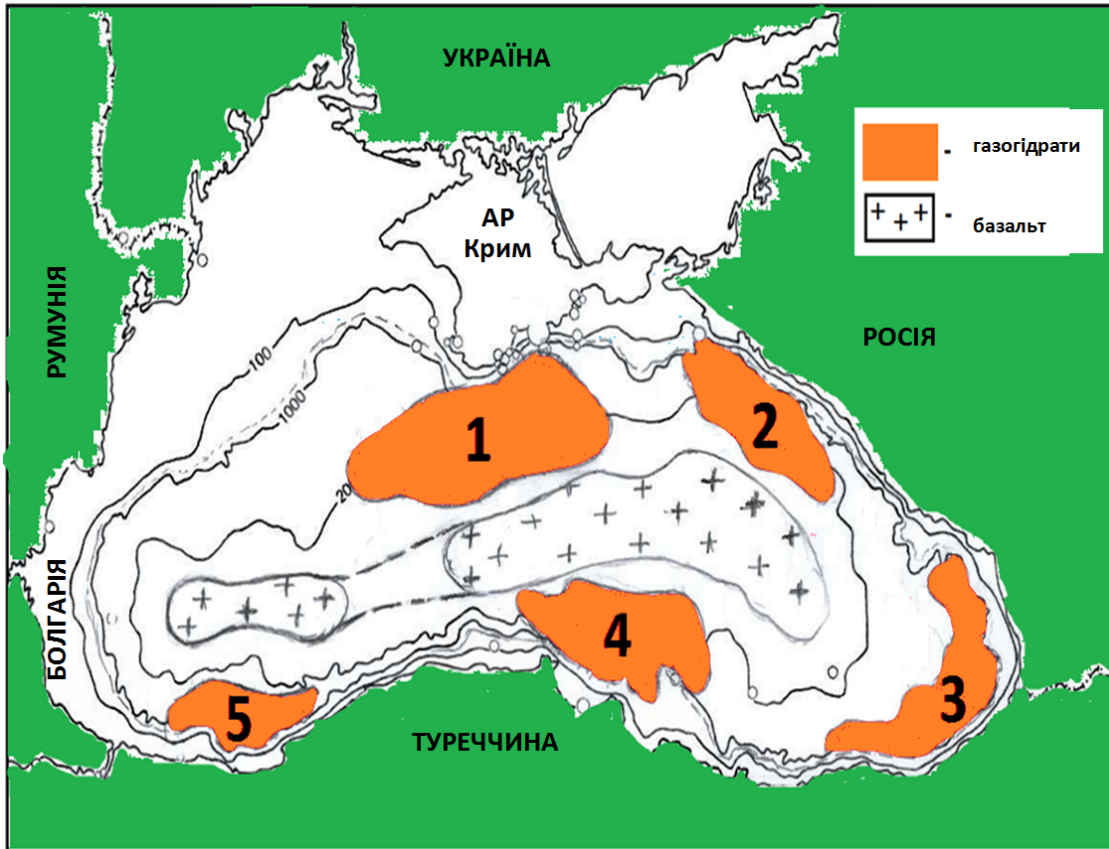
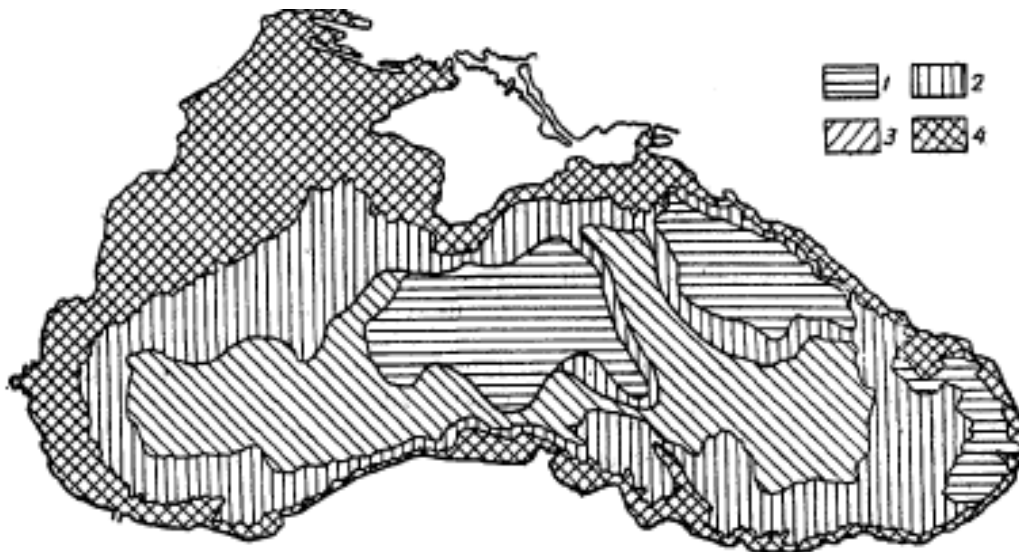


Рисунок 1 – Оглядова карта поширення газогідратів на дні Чорного моря
(за <http://www.gashydat.org/infodatb.htm>)



1 – високоперспективні; 2 – перспективні; 3 – малоперспективні; 4 – безперспективні.

Рисунок 2 – Оглядова схема поширення зон газогідратів на дні Чорного моря
(за Е. Ф. Шнюковим, А. П. Зіборовим)

дженими регіони інших шельфів, континентального схилу, Чорноморської западини, Азовського моря [6].

Основна маса газогідратів припадає на Україну та Румунію, в меншому обсязі припадає на Туреччину, Болгарію і Росію. Якщо вихід метану знаходиться досить глибоко під водою, газ пов'язується у складі «теплого льоду». Але іноді товщу газогідратів проривають віль-

ні, дуже потужні викиди газу. Іноді такий «метановий фонтан» б'є днями, місяцями або навіть починає «працювати» періодично, то стихаючи, то знову прориваючись на поверхню моря. Такі феномени називають грязьовими вулканами, – адже газ, прямуючи з дна вгору, захоплює з собою маси донного ґрунту, камінів, води. У багатьох місцях з дна піднімаються менші струмені метану, що розпливаються у

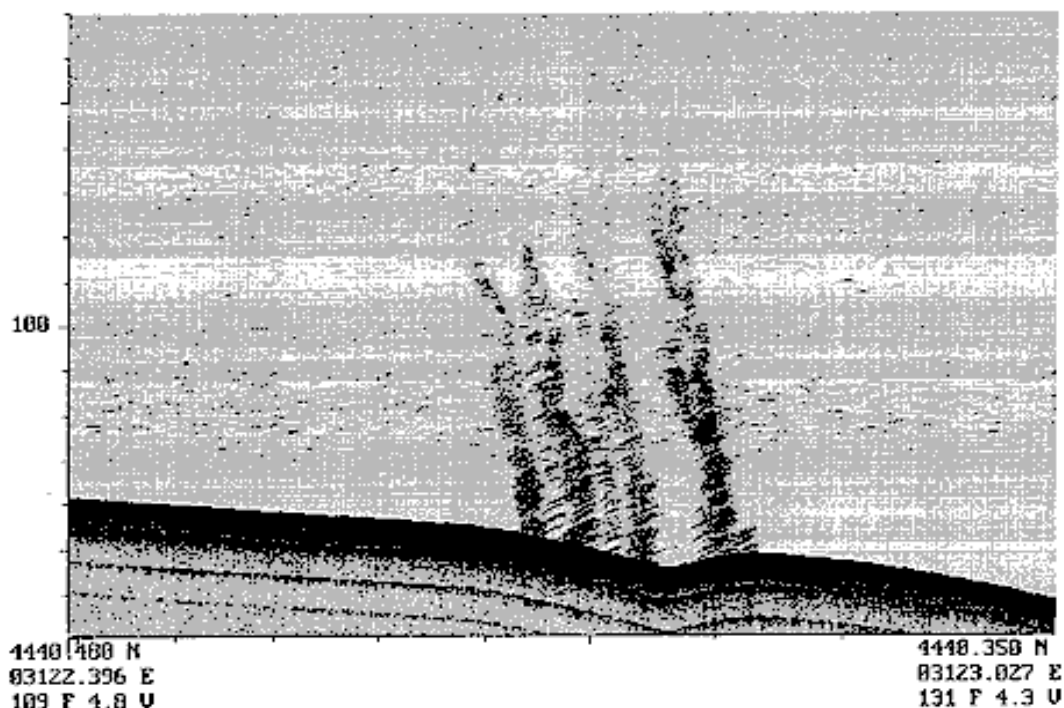


Рисунок 3 – Газовий факел метану на шельфі Чорного моря, що виходить на поверхню води

вигляді хмар, їх називають сипами: одні з них викидають газ рівним, постійним потоком, інші – пульсують, нагадуючи трубку курця, як це відображено на рис. 3.

У 2010 році німецько-українська експедиція виявила запаси газогідратів неподалік від м. Севастополя. Але для їх більш-менш точної оцінки потрібно провести широкомасштабні розвідувальні роботи.

Втім, говорити про те, що Україна в найближчому майбутньому зможе досягти енергетичної незалежності завдяки розробці чорноморських газогідратів, ще рано. Проблема в тому, що газ, укладений у крижаній пастці, дуже складно вилучити. За прогнозами та оцінками багатьох вчених різних країн світу ми можемо стверджувати, що Україна дуже багата нетрадиційними джерелами природного газу. У неї є великі запаси шахтного метану, є сланцевий газ, доведено наявність родовищ газогідратів. Однак всіх їх об'єднує велика складність і висока вартість видобутку, а також відсутність ефективних та економічно обґрунтованих технологій. Щоб бути на передньому краю прогресу в цій галузі, українським спеціалістам потрібні значні інвестиції на розвиток і фінансування дослідницько-промислових програм стосовно розробки природних газогідратів дна Чорного моря.

Газогідрати являють собою дуже перспективне джерело природного газу для України. Слід зазначити, що це своєрідна “заначка на майбутнє”, коли традиційні запаси вуглеводнів будуть вичерпані, а на той час ми вже знайдемо способи і технології, що забезпечать нескладно і недорого видобувати такий газ.

Постановка задачі. Останнім часом в Японії, США, Канаді, Росії та інших країнах, що володіють величезними ресурсами газових гідратів, активізувався пошук інженерних рішень проблеми видобутку вуглеводнів з газових гідратів. Складність і незвичайність цієї проблеми в тому, що газовий гідрат - твердий матеріал, який мимовільно газифікується при зниженні тиску або підвищенні температури. Але зниження тиску без підведення тепла призводить до ендотермічного охолодження, контактна поверхня покривається кіркою льоду, яка обмежує дифузію та подальше утворення газу (самоконсервація). У багатьох випадках це тепло необхідно підводити в ґрунт на велику глибину, для чого науковцями розроблено ряд методів.

Слід зауважити, що в Чорному морі запаси донних газогідратів умовно можна віднести до двох критеріїв, не врахувавши які у нас можуть виникнути суттєві ускладнення при їх розробці: першим є те, що гідрати розташовані переважно в глибинних зонах, морське дно яких насичує сірководень; другим те, що газогідрати існують при тиску від $2 \cdot 10^{-8}$ до $2 \cdot 10^3$ МПа і температурі від 70 до 350 К і для утворення гідрату необхідними є: наявність води, газу, певного тиску та температури одночасно; хімічні зв'язки між молекулами відсутні; молекули води з'єднані водневим зв'язком, який легко руйнується при зниженні тиску та збільшенні температури (див. рис. 4).

Саме ці два критерії повинні нами бути враховані при виборі технологічних методів видобутку донних газогідратів у Чорному морі.

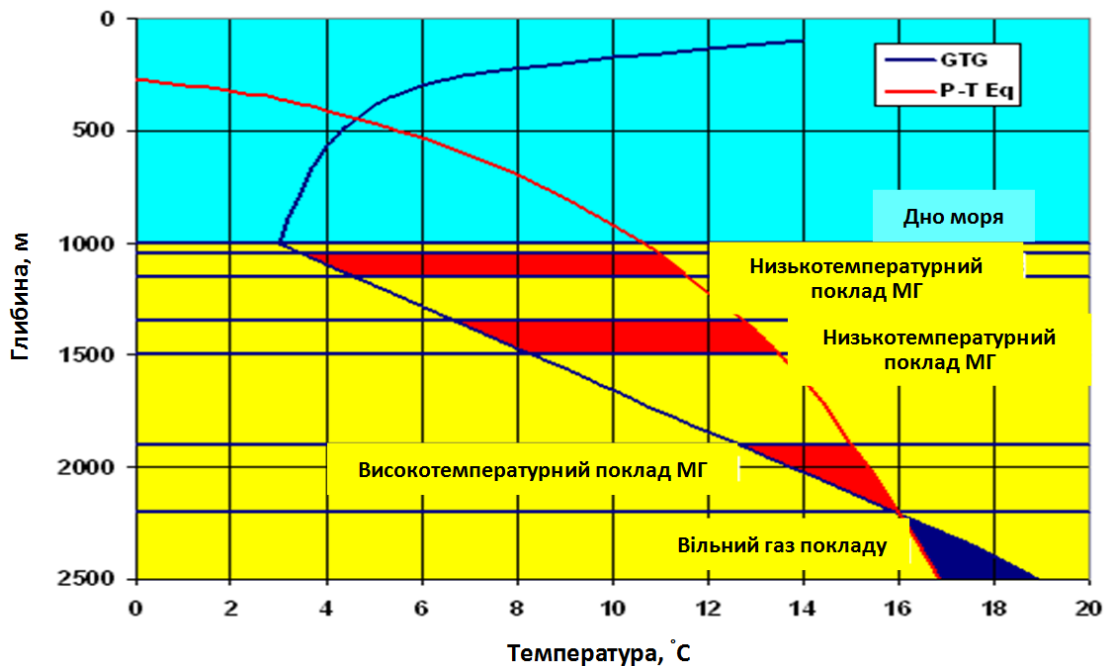


Рисунок 4 – Розподіл газогідратних покладів за глибиною залягання

Основний матеріал дослідження. На сьогоднішній день існує ряд методів видобування природних газових гідратів, кожен з яких має певні недоліки і переваги, і, в свою чергу включає багато варіантів реалізації процесу видобування з дна Чорного моря. Існують методи, які являють собою комбіноване поєднання деяких з них. Так, до загальних методів видобування природних газових гідратів відносять: термальні методи, які включають в себе циркуляцію гарячої рідини по стовбуру свердловини, пароциклічну обробку пласта, нагрівання стовбура свердловини електрообігрівачами, а також метод термозаводнення; метод зниження гідростатичного тиску, хімічні (інгібіторні) методи, а саме закачування в поклад газогідрату певних хімічних реагентів (діоксид вуглецю, метанол, нітроген тощо), і механічні методи видобування, які наразі вважаються малоперспективними. Як вже зазначено вище, існують і комбіновані методи видобування газу з гідратних покладів. Так, наприклад, поєднання термальних методів із методом зниження гідростатичного тиску дає майже 100%-ий ефект.

Ми пропонуємо провести розгляд існуючих методів видобування метану з природних газових гідратів на основі класифікаційної схеми, яка наводиться на рис. 5.

З наведеної на рис. 5 схеми, окремі способи мають комплексний характер, тому можуть бути віднесені до різних методів. Наприклад, найбільш розповсюджений на даний час є спосіб зниження тиску у свердловині, який застосовується у районах вічного холоду Росії і Канади.

Для видобування газу з газогідратів за допомогою зниження гідростатичного тиску [7] застосовують випуклий уловлювач продуктів розкладання газогідратів (УПРГ), який опускають на підвісному пристрої з борта плавзасобу

на морське дно (див. рис. 6). Ізолюють внутрішній об'єм УПРГ від зовнішнього морського середовища. Електронасосом відкачують з уловлювача морську воду з донними осадами, знижуючи в ньому гідростатичний тиск, в результаті чого газогідрат під уловлювачем розкладається на прісну воду і газ. Газ відбирають по гнучкій трубі в ємності плавзасобу, або в плавучій газгольдері, або на берег для подальшого використання. Вироблену прісну воду при необхідності подальшого використання відкачують по іншій гнучкій трубі зі своїм електронасосом на плавзасіб або на берег. Під дією власної ваги УПРГ опускається в западину до тих пір, поки процес розкладу газогідратів не дійде до підшви його пласта. УПРГ піднімають до поверхні дна і переміщують на сусідню ділянку газогідратних покладів.

Перевагами даного методу є:

- практично реалізується принцип зниження тиску для розкладання газогідратів;
- не потрібно дорогого громіздкого підводного буріння;
- не вимагається штучного нагрівання води для термічного розкладання газогідратів;
- не потрібно дорогого використання інгібіторів (метанолу та ін);
- можливість одночасного використання багатьох уловлювачів в комплексі.

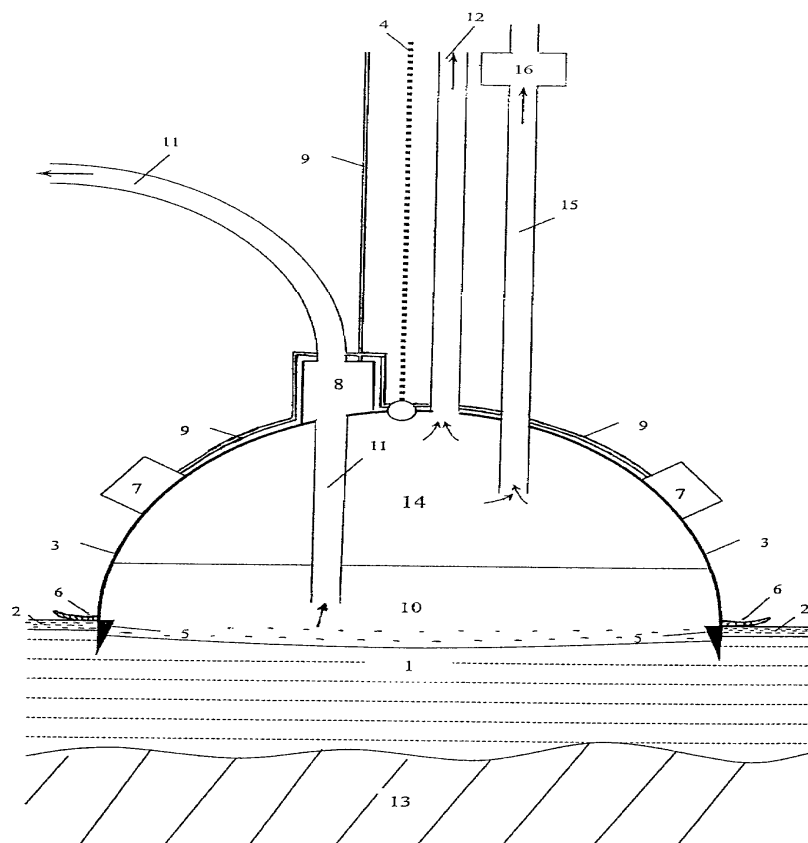
Недоліками даного методу є:

- великі енергозатрати та кількість електронасосів, які виконують певні операції;
- не враховані умови впливу сірководню на ковпак уловлювача та труб, які до нього під'єднані;
- довготривалість процесу при проведенні операції.

Методи теплової дії на пласт спрямовані на підвищення температури у привибійній зоні пласта (ПЗП). До них відносять метод циркуля-



Рисунок 5 – Схема класифікації методів видобування газу з газогідратних покладів



1 – поклад газових гідратів; 2 – донні осади; 3 - уловлювач продуктів розкладання газогідратів; 4 – підвісний пристрій (канат); 5 - край уловлювача по нижньому периметру; 6 – водонепроникний еластичний фартух; 7 – електровібратор; 8 – електронасос; 9 – електрокабель; 10 – мінеральна частина газогідратів; 11, 12, 15 – гнучкі труби; 13 – підшова газогідратного покладу; 14 – середня частина уловлювача; 16 - насос

Рисунок 6 – Схема видобування газу з газогідратів за допомогою зниження гідростатичного тиску

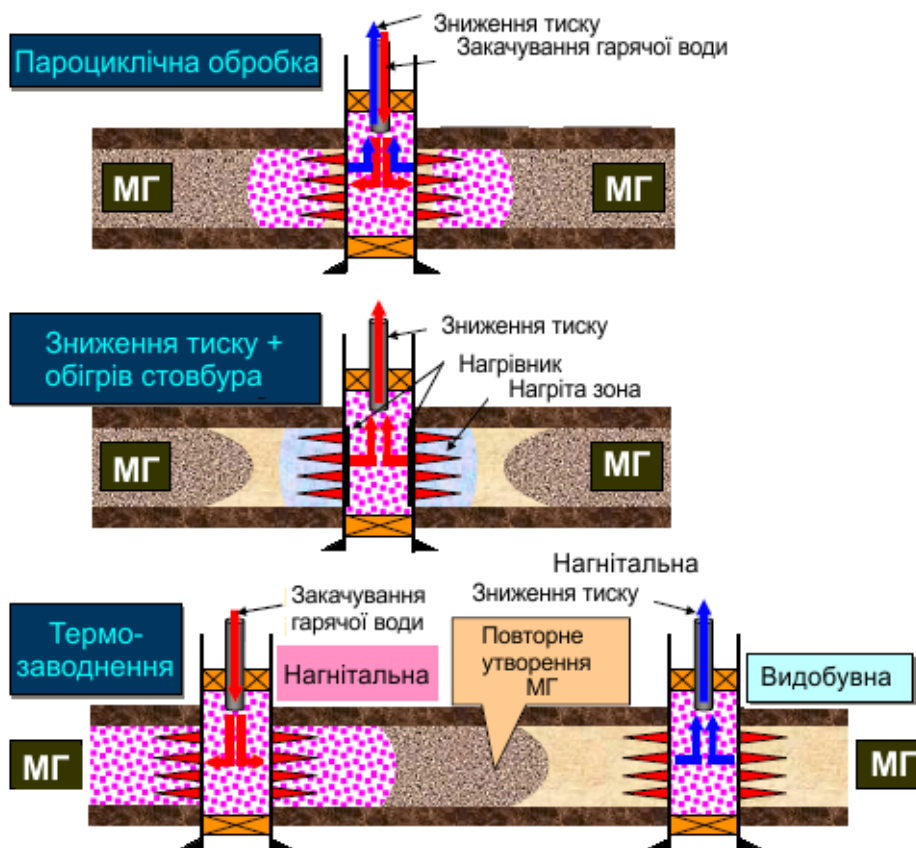


Рисунок 7 – Різновиди термальних методів впливу на пласт

ції гарячої води по стовбуру свердловини для підвищення температури на вибої, метод обігріву стовбура свердловини нагрівачами, встановленими на вибої для підвищення температури в пристовбурній зоні і пароциклічна обробка свердловини, яка передбачає закачування гарячої води в продуктивний горизонт, з подальшим глушінням на період, необхідний для достатнього переміщення тепла в пласті, після чого відбувається видобуток газу та води з тієї ж свердловини, через яку нагнітали гарячу воду. З іншого боку, при термозаводненні, тепло від гарячої води, яка нагнітається, рухається в напрямку інших свердловин, підвищуючи температуру, що, в свою чергу, спричиняє дисоціацію метанового гідрату (МГ) між свердловинами (метод термозаводнення).

При застосуванні методів циркуляції гарячої води та обігріву стовбура свердловини, в районі, де пластова температура досягає значення вищого за 3-фазову ідентичну температуру, відбувається дисоціація МГ і в той же час спостерігається підвищення тиску, яке пов'язане з газом, що виділяється з МГ. Дисоціація МГ припиняється в районі, де пластовий тиск стає рівним значенню 3-фазового ідентичного тиску. При застосуванні даних методів, процес збільшення зони з підвищеною температурою надзвичайно повільний, оскільки тепло переноситься завдяки теплопровідності. У 2002 році в районі родовища М'ялік (Канада) вперше в світі проведено дослідження, в результаті якого було досягнуто успіх з видобування метанового

газу з покладів МГ, застосувавши метод циркуляції гарячої води. При застосуванні методів, які базуються на закачуванні гарячої води в пласт, як це відображено на рис. 7, таких як пароциклічна обробка і термозаводнення, поширення тепла відбувається набагато швидше в порівнянні з іншими тепловими методами, а, отже, і збільшення зони дисоціації МГ, за умови, що нагнітання гарячої води буде рівномірним, тобто без ускладнень. Насправді, закачування гарячої води є складним процесом. Більше того, при термозаводненні, метановий газ, що виділяється внаслідок дисоціації МГ біля нагнітальної свердловини, охолоджується знову, в напрямку поширення видобувної свердловини і при цьому спостерігається вторинне утворення МГ між свердловинами, що, в свою чергу, миттєво знижує проникність і запобігає подальшому рівномірному нагнітання гарячої води.

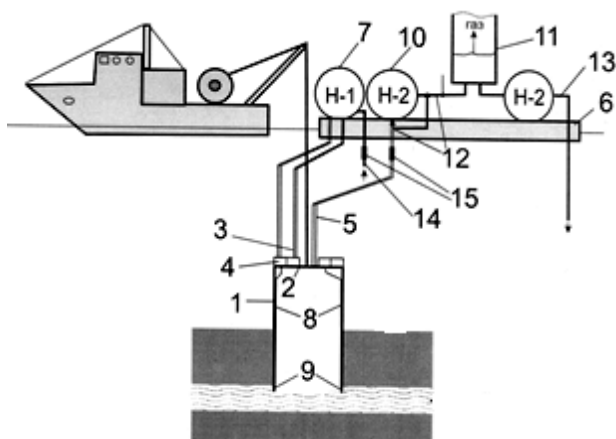
До переваг термальних методів слід віднести:

- простоту застосовуваного обладнання;
- відсутність шкідливих і небезпечних технологічних речовин.

Недоліками даних методів є:

- процес збільшення зони з підвищеною температурою надзвичайно повільний;
- для застосування у поверхневих покладах необхідна наявність додаткових пристроїв;
- складність процесу закачування води при високих тепловтратах.

Якщо поклад газогідратів знаходиться на дні моря, тоді застосування термальних способів зводиться до використання додаткового пристрою (дзвону), опущеного з плавзасобу на дно, як це зображено на рис. 8 - 9.



1 – дзвін; 2 – торцева поверхня дзвона; 3 – труба; 4 – пристрої баки; 5 – труби для відбору суміші; 6 – судно; 7, 10 – насоси; 8 – тонкі труби; 9 – гідранти-форсунки; 11 – бак-роздільник газу; 12 – система труб; 13 – трубопровід для відкачування води; 14 – труби для подачі води; 15 – односторонні клапани

Рисунок 8 – Загальна схема роботи при застосуванні насосів, встановлених на плавзасобі

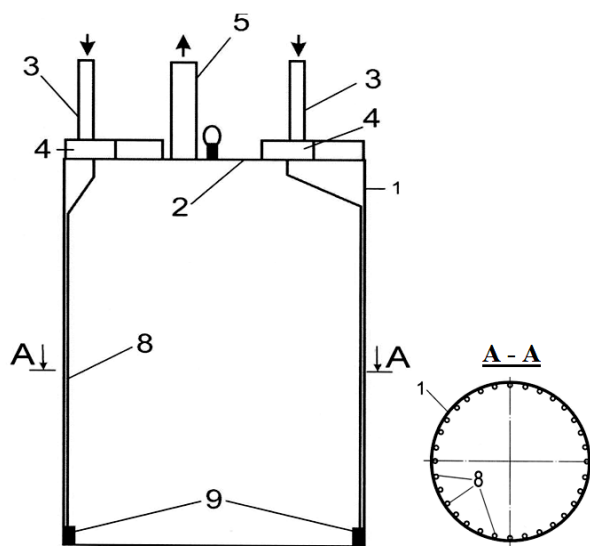


Рисунок 9 – Дзвін, повздовжній розріз

Дзвін 1 являє собою циліндричну металеву конструкцію, де на верхній торцевій поверхні 2 встановлені труби 3 з пристроями у вигляді баків 4 для розподілу і подачі води у труби 5 для відбору суміші, що утворюється. На платформі (див. рис. 8) 6 або судні розташовані насоси 7 і вимірні прилади для контролю подачі води. Насоси 7 можуть бути зануреними і розташованими на торцевій поверхні 2 дзвону 1 або встановленими в шарі води залежно від технологічної необхідності.

Вода, що надходить під тиском по трубах 3, розподіляється в середині пристроїв - баків 4, установлених на верхній торцевій поверхні 2 дзвону 1, і по тонких трубах 8, на кінцях яких розташовані гідранти-форсунки 9, виходить під напором в нижній торцевій частині дзвону. На платформі 6 також розміщують насос 10 і прилади для контролю за системою відкачування продукту, що утворюється, а також бак-роздільник 11. Система труб 12 з'єднує труби 5 для відбору суміші, що утворюється з газу і води з баком-роздільником 11 газу. Бак-роздільник 11 має насос і трубопровід 13 для відкачування води на глибину. На трубах 14 для закачування води з шару води з низьким вмістом газу і на трубах 5 для відбору водної суміші, що утворюється встановлено односторонні клапани 15.

Насоси можуть бути також зануреними і розташованими як поблизу дзвону, так і в шарі води з низьким вмістом метану.

Перевагами даного методу є:

- мобільність установок – все обладнання може бути розташоване на судні;
- зниження екологічного навантаження на територію видобутку газу;
- зниження матеріальних та експлуатаційних затрат, в залежності від інших методів видобутку газогідратів;
- робочою рідиною служить морська вода з природною температурою водойми.

Недоліками даного методу є:

- не врахована можливість контакту сірководню з зануреним обладнанням;
- піднята на поверхню водо-газова суміш потребує розділення та очищення, що призводить до певних витрат;
- неможливість використання декількох дзвонів з одного судна. Це значно б збільшило продуктивність роботи за встановлений час.
- невідома максимальна допустима глибина для спуску глибинного обладнання з урахуванням донних тисків, температур, тощо.

Наступним методом отримання вуглеводнів з газових гідратів є сорбційна газифікація твердих газових гідратів (див. рис. 10).

Суть методу полягає у подачі в зону залягання газових гідратів відносно теплої морської води або води, взятої з рівня вищого залягання газових гідратів. Подача здійснюється через апарат, який забезпечує контакт з газовим гідратом, що призводить до розкладання гідрату. Потім рідина переноситься в іншу частину апарату, несучи захоплені пари вуглеводнів у вигляді бульбашок, які можуть бути легко відділені від рідини. Після короткої процедури запуску, процес та апаратура працюють в режимі самопідтримання.

Перевагами даного методу є:

- простота застосовуваного обладнання;
- відсутність енергетичних втрат при транспортуванні сорбента до пласта.

Недоліком цього способу є необхідність створення наземних споруд для подачі в зону залягання газогідрату через свердловину твердого сорбенту і подальшої регенерації сорбен-

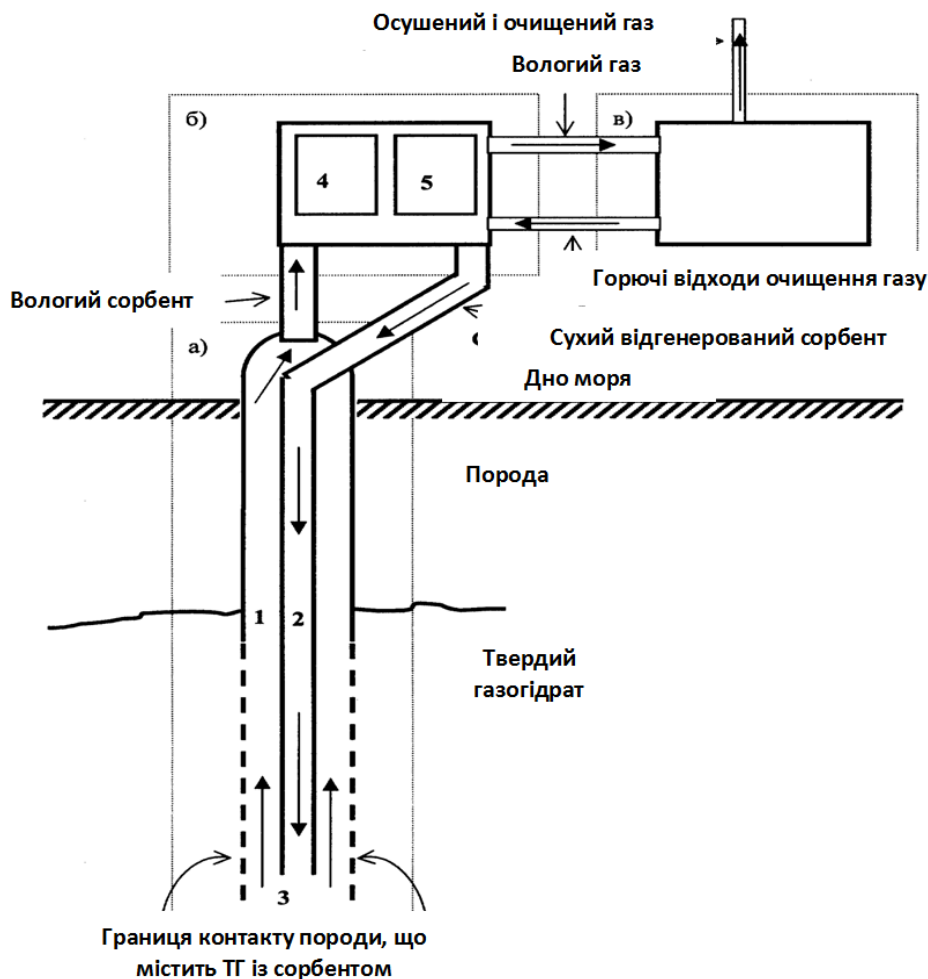


Рисунок 10 – Схема сорбційної газифікації твердих газових гідратів

ту, а також мала площа контакту сорбенту у вертикальному стовбурі свердловини з породою, що містить газогідрат.

Висновки

Проведені нами дослідження щодо можливості застосування вищенаведених способів видобування природних газогідратів насамперед пов'язані з рядом економічних і екологічних проблем, які необхідно першочергово розв'язати. У більшості випадків перехід невикористовуваного нетрадиційного джерела в розряд використовуваних залежить від розміру інвестицій та рівня розвитку технологій. Газові гідрати можуть вважатися потенційним джерелом вуглеводнів тільки в тому випадку, коли можна довести, що отримана в результаті енергія буде перевищувати енергію, необхідну для виділення метану.

Недоліки наведених прикладів і класифікаційна схема методів видобування газу з газогідратних покладів дають можливість зробити наступні загальні висновки:

- теплові методи є дуже енерговитратні;
- спалювання частини метану у покладі може призвести до неконтрольованого горіння;
- застосування інгібіторів гідратоутворення складне і небезпечне для обладнання;

- механічні способи руйнування гідратів є малоперспективними;

- процес з використанням зниження гідростатичного тиску є малодобітним, як і застосування сорбентів;

- для видобування газу з найрозповсюдженіших у Чорному морі газогідратних покладів на глибинах 300–500 м під дном акваторії є використання заміщуючих гідратоутворюючих газів, а саме сірководню. Для інтенсифікації припливу газу пропонується застосовувати постійний або тимчасовий ударно-кавітаційний вплив.

Література

- 1 Шпак П.Ф. Газогідрати Чорного моря – новий вид енергетичної сировини України / П. Ф. Шпак, В. Х. Геворк'ян, П. Ф. Гожик та ін. // Вісник НАН України. – 1994. – № 11-12. – С. 43 - 49.
- 2 Шнюков Ф.А. Минеральные богатства Черного моря / Ф. А. Шнюков, А. П. Зиборов. – К., 2004. – 286 с.
- 3 Оровецкий Ю. П. Горячие пояса Земли / Ю. П. Оровецкий, В. П. Кобалев. – Киев: Наукова думка, 2006. – 310 с.

4 Алиев Н. А. Концептуальные проблемы организации рентабельной разработки полезных ископаемых со дна морей и океанов / Н. А. Алиев, В. П. Шулико // Сборник трудов НИИГМ им. М. М. Федорова. – Донецк, 2009.

5 Овецкий С. О. Визначення основних напрямків дослідження можливості видобування донних гідратів / С. О. Овецкий, О. Ю. Витязь, Я. М. Фем'як, Я. П. Галик // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2012. – №2. – С. 7–14.

6 Femyak Y.M. Natural gas hydrates of Black Sea / Y. M. Femyak, O.Y. Vytyaz, S. O. Ovetskiy. // Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції “Нафтогазова енергетика – 2013” 7–11 жовтня 2013 р. – Івано-Франківськ, 2013. – С. 60–62.

7 Vytyaz O.Y. Physical methods of extraction of natural gas hydrates from the Black Sea bottom / O.Y. Vytyaz, Y.M. Femyak, S.O. Ovetskiy, S.S. Fomin. // Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції “Нафтогазова енергетика – 2013” 7–11 жовтня 2013 р. – Івано-Франківськ, 2013. – С. 23–25.

Стаття надійшла до редакційної колегії
22.01.14

Рекомендована до друку
професором **Копеєм Б.В.**
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
професором **Павленком А.М.**
(Полтавський національний технічний
університет ім. Ю. Кондратюка, м. Полтава)