



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 89104

(13) C2

(51) МПК (2009)

G01V 9/00

G01N 25/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

## (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ГАЗОГІДРАТІВ В ПРИДОННОМУ ШАРІ МОРСЬКИХ ОСАДКІВ

1

(21) а200803976

(22) 31.03.2008

(24) 25.12.2009

(46) 25.12.2009, Бюл.№ 24, 2009 р.

(72) КУТАС РОМАН ІВАНОВИЧ

(73) ІНСТИТУТ ГЕОФІЗИКИ ІМ. С.І. СУББОТІНА  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(56) UA 45219, 15.03.2002

SU 1574796, 30.06.1990

RU 2021584, 15.10.1994

RU 2103483, 27.01.1998

US 3920072, 18.11.1975

US 2007209799, 13.09.2007

US 2005017722, 27.01.2005

US 3172467, 09.03.1965

(57) 1. Спосіб визначення вмісту газогідратів в придонному шарі морських осадків, що базується на використанні ефекту поглинання тепла при розпаді газогідратів та реалізується через вимірю-

2

вання температури, який відрізняється тим, що присутність газогідратів в донних відкладах морів та океанів визначають безпосередньо в умовах природного залягання за результатами вимірювання температури осадків при одночасному їх нагріванні джерелом тепла постійної потужності, за зміною темпу нагрівання, обумовленою поглинанням тепла при розпаді газогідратів, після того, як температура осадків перевищила рівень температури стабільного існування газогідратів, встановлюють вміст газогідратів.

2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що визначення вмісту газогідратів здійснюють за зміною теплопровідності, спричиненою виділенням води і вільного газу при розпаді газогідратів, яка розраховується за результатами вимірювання температури при нагріванні осадків джерелом тепла постійної потужності.

Винахід відноситься до області геофізичних досліджень фізичних параметрів осадових порід, які складають придонний шар морів і океанів, і призначений для виявлення в них гідратів газів (здебільшого метану) за особливостями зміни розподілу температури при їх нагріванні.

Газогідрати утворюються і зберігають стабільність в морських осадах в обмеженому діапазоні температур і тисків. Фазова діаграма стабільності газогідратів метану зображена на Фіг.1 [1]. При нагріванні або зниженні тиску, зокрема за нормальних умов (атмосферному тиску і температурі, що перевищує 0°C) вони розпадаються на воду і газ. Реакція розкладання проходить з поглинанням тепла (420-450кДж/кг [1]) і, відповідно, супроводжується зниженням температури.

Було зроблено спробу цю властивість газогідратів використати для визначення газогідратності осадків на зразках, піднятих з дна на поверхню (на борт судна) ґрунтовими трубками [2]. Виявилось, що температура осадків після розпаду гідратів знижується часом на декілька градусів [2, 3]. Саме

цей спосіб оцінки наявності газогідратів в осадах може бути прийнятий в якості прототипу.

Вказаний спосіб має суттєві недоліки.

1. Необхідність відбору гравітаційними ґрунтовими трубками або іншим способом зразків осадків і підняття їх на поверхню (на борт судна). Відбір донних зразків є дуже громіздким і трудомістким процесом, який вимагає додаткового обладнання, значної кількості часу і, відповідно, тривалої затримки судна та прийняття заходів проти його дрейфу.

2. Для порівняння температури піднятих на поверхню зразків з середньою температурою осадків в умовах їх природного залягання, необхідно провести спеціальні геотермічні вимірювання в донних відкладах, що також вимагає додаткового обладнання і часу.

3. Підняття зразків на поверхню потребує певного часу (десять хвилин). За цей час може статися повний розпад газогідратів і суттєва зміна температурного стану зразків, що значно знижує достовірність результатів.

(13) C2

(11) 89104

(19) UA

4. Для відбору зразків донних осадків використовують масивні ґрунтові трубки великого діаметру, занурення яких у донні відклади порушує їх природне залягання і, як наслідок, впливає на їх фізичні параметри та ускладнює прив'язку зразків до конкретної глибини.

Метою винаходу є розробка нової технології, підвищення надійності, інформативності та оперативності визначення вмісту газогідратів в придонному шарі морських осадків в умовах їх природного залягання.

Суть винаходу полягає в тому, що вміст газогідратів в придонному шарі морських осадків визначають в умовах природного залягання за особливостями зміни їх температури в часі при одночасному нагріванні та вимірюванні температури, що дозволяє при піднятті температури до рівня температур фазової рівноваги газогідратів визначати їх наявність за різкою зміною темпу нагрівання, обумовленою поглинанням тепла при їх розпаді; крім цього за зміною температур при нагріванні осадків можна визначити їх теплопровідність і одержати додатковий критерій для визначення наявності газогідратів, враховуючи, що їх теплопровідність суттєво нижча за теплопровідність осадків (0,5Вт/м·К проти 0,8-1,0Вт/м·К осадків), а при розпаді газогідратів вона суттєво змінюється в зв'язку з виділенням вільної води та газу. Розпад газогідратів потребує теплової енергії, тому з початком їх розпаду темп нагрівання сповільнюється, або припиняється повністю в залежності від концентрації газогідратів.

Для нагрівання осадків з одночасним вимірюванням температури можна використати різні технічні конструкції. Але найбільш оптимальним з точки зору впровадження конструкції в слабо ущільнені осадки дна є циліндричний зонд малого діаметру. Якщо циліндричний зонд довжиною  $L$  і діаметром  $r$  ( $L$  набагато більше за  $r$ ) є лінійним джерелом тепла постійної потужності  $Q_L$  на одиницю довжини, то розподіл температур  $T$  навколо нього через деякий проміжок часу визначається рівнянням [4]

$$T = \frac{Q_L}{4\pi\lambda} \left[ \ln t + \ln \frac{4a}{CR^2} \right], \quad (1)$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності середовища, Вт/м·К;

$a$  - коефіцієнт температуропровідності, м<sup>2</sup>/с;

$t$  - час, с;

$R$  - віддаль від осі лінійного джерела тепла, м;

$C$  - постійна Ейлера,  $C = 1,7811$ .

Величину надлишкової температури  $T$ , на яку потрібно нагріти осадки відносно рівня їх природних температур, і відповідно потужність нагрівача за формулою (1) розраховують як різницю між температурою фазової рівноваги газогідрату для даної глибини моря і природною температурою осадків.

Природна температура донних відкладів залежить від багатьох факторів і, зокрема, від глибини моря. Практично вона не виходить за межі 2-10°C. У внутрішніх та крайових морях, які знаходяться в середніх широтах, вона складає 7-10°C (в Чорному морі - 8-9°C). Порівнюючи ці температури

з фазовою діаграмою стабільності гідрату метану (Фіг.1) можна зробити висновок, що для порушення фазової рівноваги гідрату метану в донних відкладах на малих глибинах досить підняти температуру на декілька градусів, а при глибинах моря понад 3000м - на 10-15°C. Реалізація таких температур може бути здійснена за відносно низьких потужностей нагрівача.

За результатами нагрівання осадків джерелом постійної потужності можливо визначити їх теплопровідність з рівняння (1) за відомою методикою [4]. В логарифмічному масштабі зміна температури в часі за рівнянням (1) є пряма лінія, кут нахилу якої зв'язаний з теплопровідністю середовища оберненою залежністю. Тобто, за різницею температур ( $T_2 - T_1$ ) на часовому відрізку від  $t_1$  до  $t_2$  коефіцієнт теплопровідності визначається із співвідношення

$$\lambda = \frac{Q_L \ln t_2 / t_1}{4\pi(T_2 - T_1)}. \quad (2)$$

Для оцінки теплопровідності осадків із вмістом газогідратів максимальне підвищення температури не повинно перевищувати температуру стабільного існування газогідратів. В практичній реалізації способу вибір потужності джерела і відповідно підвищення температури, яке визначається за формулою (1), повинен бути узгоджений з кривою фазової рівноваги системи газ + вода ↔ газогідрат.

Фіг.1 ілюструє термобаричні умови фазової рівноваги системи метан + вода ↔ газогідрат в залежності від солоності води (1 - чиста вода, 2 - морська вода) [1]. Пунктирні лінії обмежують поле найбільш імовірних природних температур донних відкладів морів і океанів (крива 3 - залежність від глибини моря температури донних відкладів у Чорному морі). Із Фіг.1 випливає, що гідрати метану в донних відкладах морів і океанів можуть утворюватися та існувати починаючи з глибин 320-380м за температур 2-4°C і до 730-780м за температур 10-10,5°C.

На Фіг.2 наведено розраховані за формулою (1) температурні криві, які характеризують зміну температури осадків з теплопровідністю 0,87Вт/м·К в часі на контакт з циліндричним зондом малого діаметру (криві 1, 2, 3) і на віддалі від нього 0,4 см (криві 4, 5, 6) при їх нагріванні лінійним джерелом тепла потужністю 30 (криві 1 і 4), 20 (криві 2 і 5) і 10 (криві 3 і 6) Вт/м. Підвищення температури через 10 хвилин на поверхні зонду становить відповідно 16,5, 11 і 5,5°C, а на віддалі 0,4см - 7,7, 5,1 і 2,5°C. Співставлення цих даних з фазовою діаграмою стабільності гідрату метану (Фіг.1) показує, що за природної температури осадків 4°C підвищення температури, обумовлене лінійним джерелом тепла потужністю 20 і 30Вт/м, забезпечує умови розпаду гідрату метану безпосередньо на контакт з циліндричним зондом при глибинах моря відповідно до 1500 і 3000м, а на віддалі 0,4см - до 700 і 950м. Для досягнення відповідних умов при більших глибинах моря необхідно підвищити потужність джерела, або збільшити час нагрівання. В Чорному морі, де температура донних відкладів складає 8-9°C, а глибина моря не перевищує 2200м, потужність

нагрівача 20Вт/м забезпечує розпадання гідратів метану на контакт з зондом у всьому інтервалі глибин їх існування.

Наведені результати розрахунків мають експериментальне підтвердження. На Фіг.3 наведено результати експериментального дослідження температури в придонному шарі осадків Чорного моря при їх нагріванні. Вимірювання виконувались циліндричним зондом, усередині якого знаходились нагрівач і чотири датчики температури, розміщені вздовж нагрівача через 0,5м. Температурні криві, наведені на Фіг.3, зареєстровані за потужності нагрівача 20Вт/м датчиками температури на глибинах 2,5м (крива 1), 1,75м (крива 2), 1,25м (крива 3) і 0,75м (крива 4) від поверхні дна. Вони узгоджуються з теоретичними кривими, розрахованими за формулою (1) для однорідного середовища, що свідчить про відсутність в них газогідратів. На Фіг.4 наведено температурні криві, зареєстровані тим же зондом за такої ж потужності нагрівача, але їх характер (криві 1, 2, 3) суттєво змінюється. При підвищенні температури до 6-7°C темп нагрівання різко сповільнюється, що свідчить про наявність в осадках в зоні 1, 2 і 3 датчиків процесів, які проходять з поглинанням тепла, обумовленим розпадом гідратів метану (гідрати метану в пункті вимірювання температури були виявлені в зразках донних відкладів, піднятих ґрунтовими трубками). Верхній датчик ніяких змін в розподілі температур не зареєстрував, що дає підстави для висновку про відсутність в його зоні газогідратів.

Як видно з Фіг.4 присутність газогідратів в осадках суттєво змінює розподіл температур при їх нагріванні. Ці зміни можуть бути різними, але головний критерій - сповільнення темпу нагрівання або повне припинення підвищення температури - залишається. Особливості зміни температури залежать від концентрації газогідратів і форми їх локалізації. Газогідрати можуть заповнювати до-

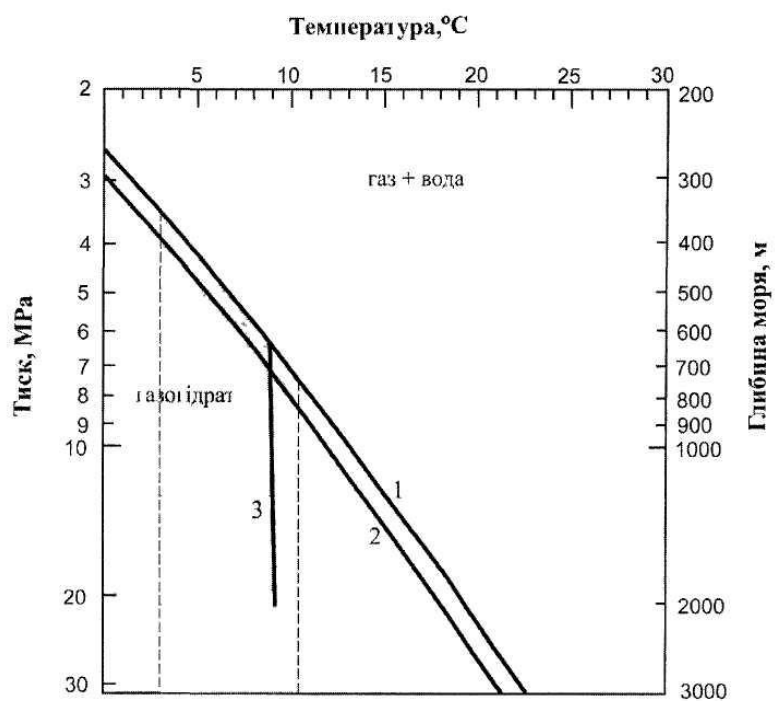
сять рівномірно весь поровий простір осадків або лише окремі тріщини, а можуть утворювати локалізовані краплі поодинокі кристали або їх скупчення, а тому їх вплив на тепловий баланс і розподіл температур буде різний.

Технічними результатами винаходу є наступне:

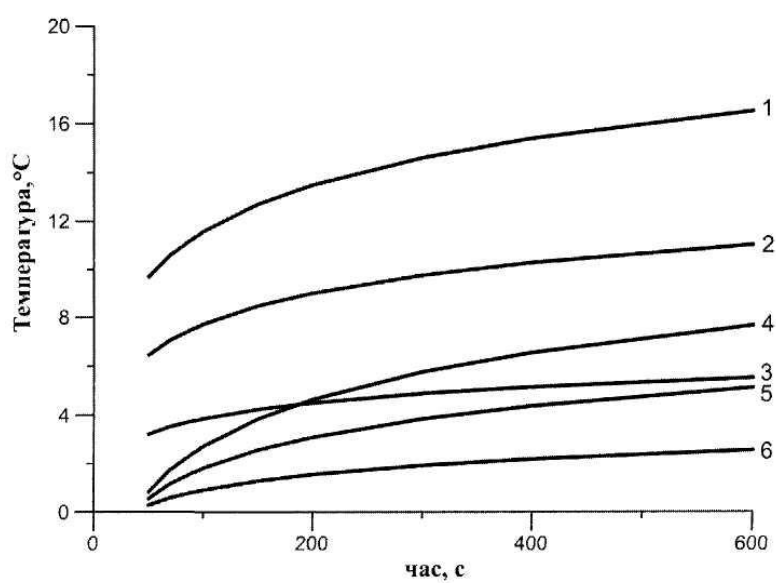
- створення нової технології визначення газогідратності придонного шару осадків морів і океанів;
- підвищення надійності діагностики газогідратності морських осадків, оскільки оцінка наявності газогідратів виконується безпосередньо в умовах природного залягання осадків;
- підвищення інформативності в зв'язку з можливістю для оцінки вмісту газогідратів використати два критерії, які визначаються за одними і тими ж результатами вимірювання температури осадків при одночасному їх нагріванні - за зміною темпу нагрівання і за зміною теплопровідності;
- збільшення оперативності за рахунок скорочення спуско-піднімальних операцій для відбору і піднімання на поверхню зразків порід з придонного шару осадків.

Джерела інформації:

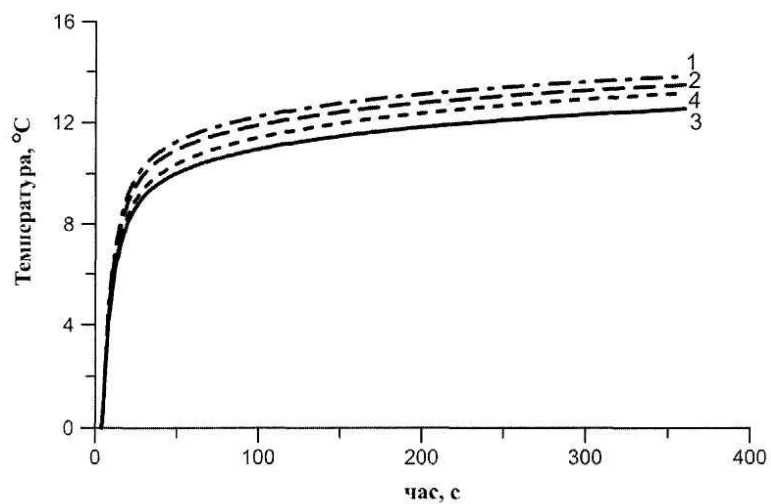
1. Sloan E.D. Clathrate hydrates of natural gases. - N.Y.; Basel: Marcel Dekker, 1990. - 641p.
2. Vassilev A.D. Mathematical model of a method for on-board geothermal measurements // Comptes Rendus de l'Academie bulgare des Sciences. - 1996. - Vol.49, №11-12. - P.25-28.
3. Шнюков Е.Ф., Коболев В.П. Геолого-геофизические исследования в 57-ом рейсе научно-исследовательского судна «Профессор Водяницкий» в Черном море // Геофиз. журн. - 2004. - Т.26, №6. - С.185-189.
4. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. - М.: «Наука», 1964. - 488с.



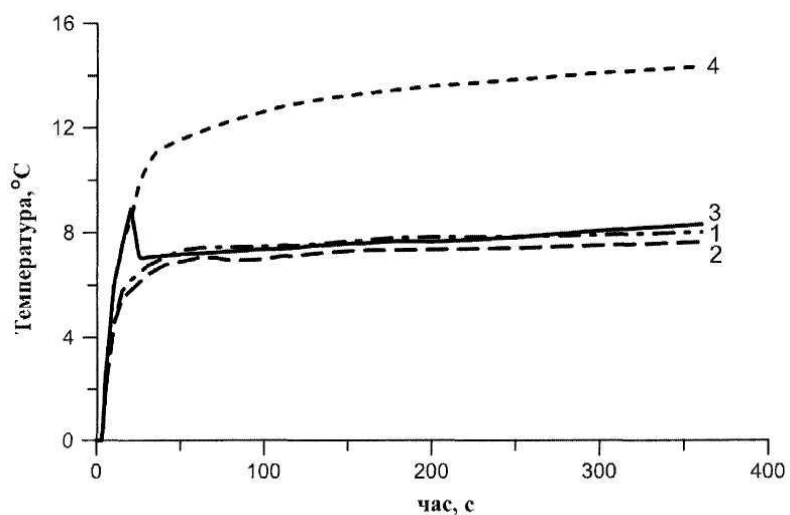
Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4