



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **111919** (13) **U**

(51) МПК (2016.01)

**G01H 3/00**

**G01K 11/00**

**G01N 21/00**

**G01N 7/00**

**G01S 15/00**

**G01V 1/00**

**G01V 1/38** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2016 05513</b>	(72) Винахідник(и): <b>Гошовський Сергій Володимирович (UA), Шнюков Євген Федорович (UA), Гошовський Володимир Сергійович (UA), Сиротенко Петро Тимофійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>23.05.2016</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.11.2016</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.11.2016, Бюл.№ 22</b>	(73) Власник(и): <b>Гошовський Володимир Сергійович, вул. Срібнокільська, 24, кв. 69, м. Київ, 02095 (UA)</b>

## (54) СПОСІБ ВИЯВЛЕННЯ ПРОСОЧУВАННЯ МОРСЬКОГО ГАЗУ ТА ОЦІНКИ ЙОГО КОНЦЕНТРАЦІЇ У ВОДНІЙ ТОВЩІ

### (57) Реферат:

Спосіб виявлення просочування морського газу та оцінки його концентрації у водній товщі, який включає розгортання локального зонда на або поблизу дна моря, вироблення бульбашок у воді поблизу або в межах локального зонда, формування даних виявлених бульбашок, що відображають відносну концентрацію газу у вільному стані у воді, і асоціювання підвищення концентрації газу у вільному стані у воді при наявності поблизу просочування морського газу, при цьому в способі використовують акустичний перетворювач при отриманні зазначених бульбашок, проводять різні активізації локального зонда, щоб почати і припинити виробництво бульбашок, визначають рівень активізації локального зонда при виробництві бульбашок шляхом використання операцій старт і закінчення, щоб обчислити відносну концентрацію розсіяного газу у воді, а локальний зонд розгортають шляхом вбудови зонда в донні відклади для виявлення вказаних бульбашок та їх характеристик, при цьому застосовують один або декілька акустичних перетворювачів, які налагоджені на одну або декілька резонансних частот, крім того в способі проводять вимірювання тиску і температури, при яких вказані бульбашки утворюються і виявлені, при цьому локальний зонд розгортають на дистанційно керованому транспортному засобі або автономному підводному апарату. Проводять накачування акустичної енергії в морське середовище щонайменше на двох резонансних частотах, відфільтровують прийняті розсіяні сигнали бульбашками в морській воді щонайменше на одній різницевій частоті випромінюваних частот акустичними перетворювачами, при цьому установлюють частотний діапазон накопичування високочастотної акустичної енергії в морському середовищі в діапазоні частот від 2 до 1000 кГц.

UA 111919 U

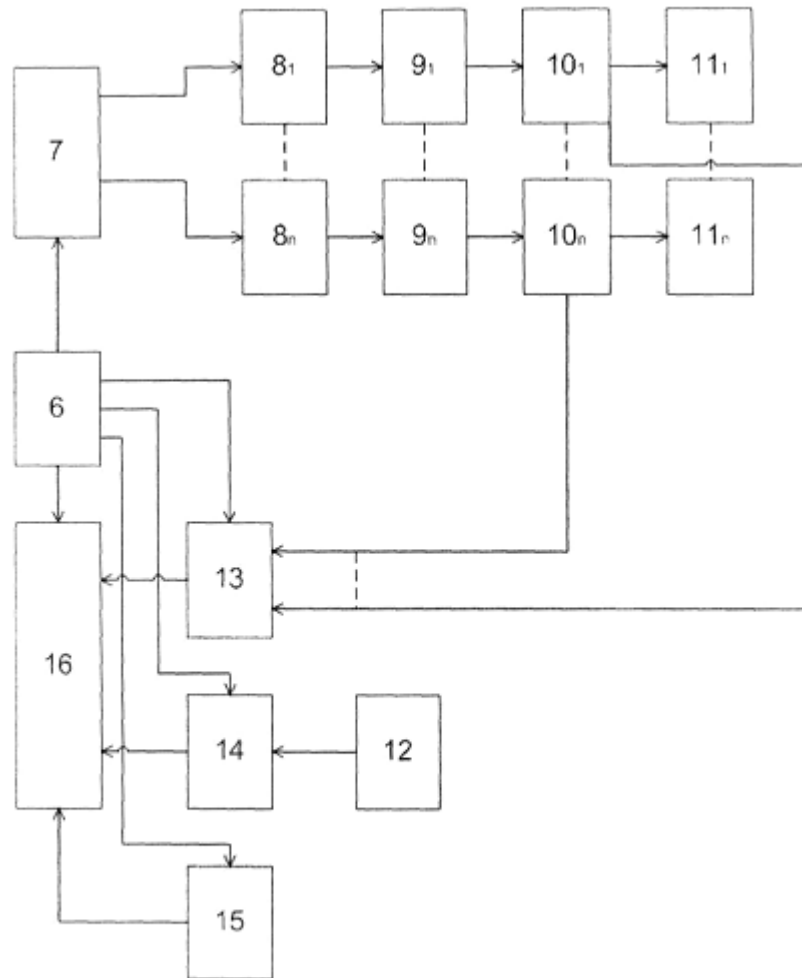


Fig. 3

Запропонована корисна модель належить до способів і пристроїв для розвідки і оцінки газових родовищ. Більш конкретно дане технічне рішення стосується способів і пристроїв для визначення місцеположення підземних газових відкладів в покритих областях водою. У ще більш конкретному аспекті дана корисна модель належить до способів і пристроїв для визначення місце розташувань просочувань з підземних газових відкладів в морських покритих областях водою.

В розвідці підземних родовищ досі практикуються різні наземні методи. Ці сучасні методи можливо розбити на наступні основні категорії (групи): сейсмічні методи для виявлення та опису підземних пластів (формацій), які демонструють характеристики подібні до вміщуваних вуглеводнів або які можуть бути продовженням відомих газоносних утворень; вимір на поверхні певних фізичних або фізико-хімічних явищ, зокрема гравіметричних, магнітних або радіоактивних, які, як правило, пов'язані з вуглеводневими формаціями і виявленням або вимірюванням на земній поверхні вибраних елементів або декількох компонентів газоносного родовища, які просочуються на поверхню Землі. Незважаючи на те, що третій з цих перерахованих методів спирається на складові частини підповерхневого родовища як індикатор в той час, як перший і другий методи засновані на непрямих показниках підповерхневих утворень, які можуть містити або не містити газоносних відкладів, проте тільки сейсмічні, магнітні і гравіметричні методи були застосовані в покритих водою областях, і ніхто не запропонував до сих пір на промисловій основі визначення місцеположення просочування як засіб розвідки, тим більше добування газу в таких областях. Не затребуваний на практиці найбільш прямий метод розвідки, тобто виявлення місцеположення просочування у вигляді газових сипів в покритих водою районах, це, ймовірно, пов'язано перш за все з деякими неминучими обмеженнями сучасних методів виявлення просочувань на поверхні Землі.

Відомий спосіб розвідки нафтогазових родовищ за допомогою виявлення місцеположення просочування нафти або газу [1]. Спосіб розвідки підземних нафтогазоносних родовищ в судноплавних покритих водою областях, що включає безперервне видалення проб води із зони вивчення під час проходження над вказаною областю на рухомому плавному засобі цих відокремлених газів для аналізу щонайменше одного типу попередньо вибраного газу, виконання запису параметрів концентрацій попередньо вибраного газу і кореляції вказаного реєстрованого параметра з місця розташування, з якого отримували кожен інкрементальний зразок води, щоб одержати карту зазначеної області.

Недоліком відомого способу є низька продуктивність досліджень, що пов'язано з великим часом на проведення як збирання проб води, так і їх аналізу.

Також відомий спосіб дистанційного виявлення просочування вуглеводнів в морі або на землі, який включає в себе запит на розпізнавання аерозолів, який утворюється над поверхнею моря або землі з інтенсивним пучком первинного світлового випромінювання, що генерується на борту повітряного судна або іншого засобу. Спектральний склад пучка вибирається так, щоб викликали вторинне світлове випромінювання в деяких вуглеводневих матеріалів, що містяться в аерозолях, які генеруються просоченими вуглеводнями і піднімаються до поверхні моря або землі. Вторинне світлове випромінювання виділяють на борту повітряного судна і піддають спектральному аналізу, щоб визначити чи є характеристики аерозолів, які генеруються вуглеводнями просочування у складі аерозолів [2].

Вказаний спосіб дистанційного виявлення просочування вуглеводнів має недоліки, зокрема це вплив погодних умов на точність досліджень через виникнення туманів, дощів, хмарності, які впливають на розповсюдження світлового випромінювання, завдяки чому знижується точність визначення наявності вуглеводнів.

Найбільш близьким технічним рішенням до корисної моделі за призначенням та технічною суттю є спосіб виявлення газових виходів з морського дна [3], який включає розгортання локального зонда на або поблизу дна моря, вироблення бульбашок у воді поблизу або в межах локального зонда, формування даних виявлених бульбашок, що вказують на відносну концентрацію газу, який знаходиться у водній товщі, і асоціювання підвищення концентрацій вільного газу у воді, при наявності поблизу просочування морського газу. Кращі варіанти здійснення даної корисної моделі використовують ультразвуковий перетворювач для вироблення і виявлення бульбашок.

Таким чином, в даному способі використовують акустичний перетворювач при отриманні зазначених бульбашок, проводять різні активізації локального зонда, щоб почати або припинити виробництво чи реєстрацію бульбашок. Також в способі визначають рівень активізації локального зонда при виробництві бульбашок, використовуючи операції старт і закінчення, щоб обчислити відносну концентрацію розсіяного газу у воді, а локальний зонд розгортають шляхом вбудови зонда в донні відклади або розташування поблизу морського дна. Крім цього

застосування в способі акустичного перетворювача забезпечує можливість виявлення та вивчення вказаних бульбашок на одній або декількох резонансних частотах їх електричних характеристик відгуку, зокрема напруги, напруги в квадраті, струму, струму в квадраті, куті зсуву фаз між струмом і напругою, потужності, що розсіюється, і електричного імпедансу.

Також в зазначеному способі виробництво бульбашок виділяється при спостереженні наявності гармонік, при яких з використанням зазначеного акустичного перетворювача вказане виробництво бульбашок виявляється шляхом спостереження змін в електричних характеристиках відгуку перетворювача, розташованого поблизу або усередині згаданого зонда, зокрема візуально або оптично появу бульбашок, крім того в способі додатково проводять вимірювання тиску і температури, при яких вказані бульбашки утворюються і виявлені.

Крім цього на практиці локальний зонд розгортають на дистанційно керованому транспортному засобі або автономному підводному апарату, а також спосіб додатково містить засіб для асоціювання з підвищеною концентрацією газу поблизу морського просочування.

До переваг цього патенту можна віднести відображення результатів досліджень про умови появи бульбашок в морському середовищі, проте не можна вважати, що в патенті отримують характеристики і параметри для бульбашок всього діапазону їх існування за розмірами, енергією та іншими показниками. Однак завдання виявлення присутності в морській воді бульбашок за критерієм «Так» або «Ні» можна вважати виконано в прототипі з непоганою похибкою. В прототипі є також важливе підтвердження нелінійності морського середовища в звуковому діапазоні (див. фіг. 8 прототипу), на якому продемонстрований аналіз частотного спектра ультразвукових коливань, на яких відображені гармонійні коливання в частотному діапазоні від 20 до 200 кГц. Це підтверджує перспективність створення параметричних антен і систем для морських умов [4, 5].

Суттєвим недоліком прототипу є неврахування ефекту нелінійності морського середовища з бульбашками при його реалізації, оскільки суміщення збудження і приймання звукових коливань на одній фізичній точці за прототипом не є раціональним, тому що не дозволяє охопити дослідженням великий простір морського середовища. Однак відомо, що є одиниці і групові газові сипи, розміри яких можуть складати наближено від 5 до 100 м і більше [6], тому складно озвучити такі великі морські простори в високочастотному ультразвуковому діапазоні, тим більше з використанням методу розсіяних хвиль, що є найбільш точним методом виділення та оцінки газових бульбашок.

Крім цього сьогодні потрібна оцінка витоків газу з просочувань морського дна, в залежності для яких потреб буде використане запропоноване технічне рішення, а саме екологічних чи промислових застосувань. Цілком очевидно, що найжорсткіші вимоги будуть при промисловому застосуванні, оскільки в такому разі необхідно буде забезпечити досягнення найбільшого видобутку газу.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення ефективності виявлення газових бульбашок в морських умовах, у тому числі різних за розмірами та в різних умовах їх утворення. Зокрема за рахунок забезпечення оцінки параметрів і характеристик, утворюваних газових бульбашок як на різних глибинах моря, так і в якомога більшому морському просторі.

Технічний результат корисної моделі полягає в створенні вискоефективного способу виявлення просочування морського газу та оцінки його концентрації у водній товщі. Виділення в способі різних за розмірами газових бульбашок на основі нелінійних ефектів, що виникають в морському середовищі при створенні в ньому газових бульбашок, дозволяє більш ефективно зробити оцінку концентрації різних за розмірами газових бульбашок в морському середовищі та досліджувати значно більші простори морського середовища.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі виявлення просочування морського газу та оцінки його концентрації у водній товщі, який включає розгортання локального зонда на або поблизу дна моря, вироблення бульбашок у воді поблизу або в межах локального зонда, формування даних виявлених бульбашок, що відображають відносну концентрацію газу, що утворений у воді, і асоціювання підвищення концентрації утвореного газу у воді при наявності поблизу просочування морського газу, при цьому в способі використовують акустичний перетворювач при отриманні зазначених бульбашок, проводять різні активізації локального зонда, щоб почати і припинити виробництво бульбашок, визначають рівень активізації локального зонда при виробництві бульбашок, використовують операції старт і закінчення, щоб обчислити відносну концентрацію розсіяного газу у воді, а локальний зонд розгортають шляхом вбудови зонда в донні відклади для виявлення вказаних бульбашок та оцінки їх характеристик застосовують один або декілька акустичних перетворювачів, які налагоджені на одну або декілька резонансних частот бульбашок, крім того в способі проводять вимірювання тиску і

температури, при яких вказані бульбашки утворюються і виявлені, при цьому локальний зонд розгортають на дистанційно керованому транспортному засобі або автономному підводному апараті, згідно з корисною моделлю, проводять накачування акустичної енергії в морське середовище щонайменше на двох резонансних частотах, відфільтровують прийняті розсіяні сигнали бульбашками в морській воді щонайменше на одній різницевої частоті випромінюваних частот акустичними перетворювачами, при цьому генерують накопичування акустичної енергії в морському середовищі в діапазоні частот від 2 до 1000 кГц.

В корисній моделі додатково проводять оцінку солоності морської води для її спільного використання одночасно з даними тиску і температури для оцінки характеристик і параметрів бульбашок в морській воді.

Також в корисній моделі при дослідженнях морського середовища і оцінки газових бульбашок застосовують діапазон різницевих частот від 1 до 50 кГц.

Порівняно з прототипом [3] корисна модель відрізняється тим, що:

- проводять накачування акустичної енергії в морське середовище щонайменше на двох резонансних частотах в діапазоні частот від 2 до 1000 кГц;

- відфільтровують прийняті розсіяні сигнали бульбашками в морській воді щонайменше на одній різницевої частоті, випромінюваних частот акустичними перетворювачами;

- додатково проводять оцінку солоності морської води для її спільного використання одночасно з даними тиску і температури при оцінці характеристик і параметрів бульбашок в морській воді;

- при дослідженнях морського середовища і оцінки газових бульбашок застосовують діапазон різницевих частот від 1 до 50 кГц.

Кожна з цих ознак, які включені в формулу корисної моделі, є необхідна, а всі вони разом достатні для досягнення поставленої мети. Ці ознаки є суттєвими і забезпечують досягнення поставленої задачі корисної моделі.

Запропонована корисна модель пояснюється кресленнями на фіг. 1 - 7.

Нижче корисна модель буде описана більш детально з поєднанням наступних креслень, на яких наведено наступне.

Фіг. 1. Схематичне зображення просочування газу на морському дні і структура системи виявлення просочування морського газу та оцінки його концентрації у водній товщі.

Фіг. 2. Структура і компоненти системи для здійснення способу, які пов'язані з операціями локального зонда при реалізації нелінійних процесів взаємодії хвиль накачування з бульбашками в морському середовищі та використанням параметричних випромінювачів і приймачів звуку, а також додаткових датчиків для визначення зовнішніх умов функціонування системи.

Фіг. 3. Схематичне відображення винесеної лінійки приймачів системи здійснення способу.

Фіг. 4. Графічне відображення коливального процесу при наявності газових бульбашок в морському середовищі.

Фіг. 5. Типовий розподіл газових бульбашок за розмірами у воді.

Фіг. 6. Типова залежність фазової швидкості звуку від концентрації у воді вільного газу.

Фіг. 7. Типова залежність зсуву фази від концентрації у воді вільного газу.

На фіг. 1 показане обладнання для виявлення газу морського просочування, відповідно до деяких варіантів здійснення даного технічного рішення. На фіг. 1 відображене судно 1, що використовується для дистанційного управління транспортним засобом 2, на якому встановлений локальний зонд 3. Природний газ просочується з морського дна 4 у вигляді газового сипа 5, при цьому кількість газу настільки велика, що, незважаючи на значний тиск морської води, в ній утворюються газові бульбашки. Локальний зонд 3 з його обладнанням може бути розгорнутий на транспортному засобі 2 з дистанційним управлінням для обстеження заздалегідь вибраної області інтересу в морському середовищі. В той же час автономний підводний апарат, що доставляється транспортним засобом 2, може обстежити більшу область морського простору 5 і повідомляти про свої висновки після повернення на денну поверхню або його відновлення.

Локальний зонд 3 також може бути постійно встановлений на морському дні 4 у випадку значного просочування газу, а також при забезпеченні ним достатньої потужності випромінювання акустичних хвиль для озвучування заданого простору морського середовища.

Створений спосіб виявлення морського газу просочування включає розгортання локального зонда 3 на або поблизу дна моря 4, в районі, де виробляються газові бульбашки при генеруванні газового сипа 5. Отримані дані про вільний газ у воді дозволяють визначити його відносну концентрацію у вигляді бульбашок при наявності поблизу морського газу просочування типу газового сипу 5. Наведені дані про відносну концентрацію вільного газу в морському

середовищі можуть бути подані, наприклад двійковими даними, зокрема як «високі концентрації вільного газу виявлені» чи «високі концентрації вільного газу не виявлені». Такі дані можуть бути використані для складання карт на морське дно, що відображають розташування підозрюваних просочувань газу з морського дна та локальні концентрації вільного газу в газових сипах 5.

При зйомках в глибокій воді, а в деяких випадках і підводних відкладах, ультразвукові перетворювачі локального зонда 3 можуть одночасно як утворювати, так і виявляти штучні бульбашки при створенні кавітаційних процесів в морському середовищі. Це можливо завдяки великій потужності перетворювачів та їх чутливості до згенерованих акустичних хвильових процесів, які сфокусовані в одному напрямку. Перевагою цього типу систем є їх здатність як генерувати, так і виявляти кавітації одним приладом. Така функція системи для здійснення даного способу є дуже важливою, оскільки дозволяє швидко виявити правильність функціонування системи та визначити її показники з точності.

Спосіб реалізується наступним чином. Для уявлення принципів реалізації способу використані креслення на фіг. 1 і 2, які схематично ілюструють структуру і компоненти системи для здійснення способу та пов'язані з операціями локального зонда 3 при реалізації нелінійних процесів взаємодії хвиль накачування з бульбашками в морському середовищі та використання параметричних випромінювачів і приймачів звуку, а також додаткових датчиків для визначення зовнішніх умов функціонування системи.

Генераторний тракт системи складається з таких елементів: керуючого блока 6; синтезатора частоти 7; фазообертачів  $8_1 \dots, 8_n$ ; підсилювачів  $9_1, \dots, 9_n$ ; комутаторів  $10_1, \dots, 10_n$ ; одночастотних випромінюючих акустичних антен  $11_1, \dots, 11_n$ .

Приймальний тракт системи складається з широкосмугової селективної приймальної акустичної системи 12 (лінійки віднесених від випромінюючих акустичних антен  $11_1, \dots, 11_n$  низькочастотних приймачів 12), комутатора 13 приймального тракту, селектора 14 низькочастотного приймального тракту, блока 15 датчиків для визначення солоності, температури і тиску морської води в місці розташування зонда, блок 16 оброблення даних та індикації і об'єкт дослідження (бульбашка) 17.

Керуючий блок 6 періодично через задані часові інтервали виробляє синхронізуючі електричні сигнали, які надходять на керуючі входи комутатора 13 низькочастотного приймального тракту, селектора 14 низькочастотного приймального тракту, блока 15 датчиків для визначення солоності, температури і тиску морської води в місці розташування зонда, блока 16 оброблення даних та індикації і синтезатора частоти 7. На  $n$  виходах синтезатора частоти 7 виробляються радіоімпульси з частотами  $f_1, f_2, \dots, f_n$ , кожний з яких надходить через послідовно з'єднані фазообертачі 8, підсилювачі 9, комутатори 10 і одночастотні акустичні антени 11 резонансних частот  $f$ . Антени 11 розташовані в просторі таким чином, що їх характеристики спрямованості в середовищі локації перекриваються. При наявності великої кількості резонансних акустичних частот зондування можливо їх скомбінувати таким чином, що різниця резонансних акустичних частот може бути однаковою і дорівнюватиме низькій частоті  $F$  при всіх парах комбінацій резонансних частот  $f$ . Це дозволить підняти рівень сигналів різницевої частоти  $F$  за рахунок їх багатократного накопичення і відповідно збільшити досліджуваний простір морського середовища та відпаде необхідність наближення приймальної антени до об'єкта дослідження, як це відображено на фіг. 3.

Важливою перевагою запропонованого способу є забезпечення при розповсюдженні в морському середовищі локації  $n$  високочастотних акустичних сигналів з частотами  $f_1, f_2, \dots, f_n$  в можливому діапазоні частот від 2 до 1000 кГц, при цьому буде відбуватись їх взаємодія і формування низькочастотних акустичних сигналів  $F_1, F_2, \dots, F_n$  в можливому низькочастотному діапазоні від 1 до 50 кГц. Вибір числа використовуваних високих частот, як правило, обмежується двадцятьма, а низької частоти десятьма. Це обумовлено технічними можливостями і доцільними затратами при проведенні досліджень. Таким чином, можливо буде забезпечити високу точність виділення бульбашок як за розмірами, так і кількістю за вибраний часовий проміжок.

Висока ефективність виділення бульбашок при їх реєстрації забезпечується правильною установкою фаз високочастотних сигналів фазообертачами 8 таким чином, щоб рівень формованого в морському середовищі низькочастотного сигналу з частотою  $F$  був максимальним. Розсіяні сигнали в морському середовищі від бульбашок сприймаються широкосмуговою низькочастотною антеною 12 та низькочастотним селективним приймальним трактом 14, який розділяє їх за розмірами і подає на блок 16 оброблення та індикації. На формування і виділення бульбашок в блоці 16 впливають зовнішні умови функціонування, які визначаються комплектом 15 датчиків тиску, температури і солоності морської води. Керуючий

блок 6 забезпечує стабільну роботу системи для здійснення способу завдяки використанню термостабільного кварцового генератора частоти. Ці високостабільні частоти надходять на синтезатор 7 частоти для генерування необхідних частот зондування морського середовища і на блок 16 оброблення та індикації даних, що дозволяє забезпечити необхідну точність синхронізації всіх вузлів системи. Для випромінювання високої потужності акустичної енергії в морське середовище в генераторному тракті установлені підсилювачі 9.

Оскільки в системі здійснення способу для виділення утворених бульбашок в морській воді використовується розсіяна ними акустична енергія, яка значно менше енергії відбитих хвиль, то доцільно наблизити приймачі до місця подій утворення розсіяних хвиль бульбашками. В такому випадку доцільно не об'єднувати генераторні і приймальні перетворювачі в одній фізичній точці, а рознести їх і установити приймальні перетворювачі якомога ближче до місця виникнення газового сипу і бульбашок в ньому (див. фіг. 3). На фіг. 3 відображені наступні компоненти системи для здійснення способу. Це комутатор 10, через який передається потужний акустичний сигнал для випромінювання одночастотної акустичною антеною 11, її сектор (діаграма) випромінювання відображений пунктирними лініями. При цьому лінійка акустичних приймачів низькочастотної акустичної антени 12 наближена до цільового об'єкта (бульбашок) 17, що дозволить уловлювати розсіювання навіть від маленьких за розміром бульбашок. На фіг. 4 відображено прийняті шумові акустичні сигнали для двох крайніх випадків, коли існують газові бульбашки в морській воді і коли вони відсутні взагалі. На цій фігурі продемонстрована можливість виділення з допомогою акустичних зондувань бульбашки, у випадку коли можливо отримати розсіяні сигнали високого рівня на фоні апаратурних шумів, шумів навколишнього середовища у вигляді мікросейсм і фонових наводок.

Запропонована система для реалізації способу (фіг. 2) може ефективно виконувати функцію розподілу бульбашок за розмірами завдяки її багатоканальності як при генеруванні, так і прийманні акустичних сигналів. Наприклад, в способі доцільно застосувати до десяти градацій бульбашок за розмірами. На фіг. 5 приведено типовий розподіл бульбашок за розмірами у воді, який показує, що розміри бульбашок будуть змінюватися по експоненті, а кількість бульбашок в одиниці об'єму зі збільшенням їх розміру буде зменшуватися при незмінних умовах реєстрації (глибини, температурі, солоності та ін.). Звичайно, яким би не був прийнятий варіант теоретичного математичного подання для вирахування розподілу бульбашок за розмірами досягти високої точності буде складно, оскільки при дослідженнях будуть змінюватися умови виділення і реєстрації бульбашок, зокрема, коли маємо справу з концентрованими джерелами емісії газу, такими як газовими сипами. В цьому випадку конче необхідне застосування тарування, яке дозволить врахувати зміни умов процесу утворення і реєстрації бульбашок.

Найбільш перспективними методами вимірювання вмісту вільного газу в рідині є акустичні, які засновані на властивості газових бульбашок впливати на згасання і швидкість звуку, що розповсюджується в середовищі рідина - газові бульбашки [4]. Так наприклад, концентрацію вільного газу в морській воді можливо визначити шляхом оцінки зміни фазової швидкості у воді. Відомо, що в чистій воді швидкість звукової хвилі наближено дорівнює 1500 м/с. Тоді як поява вільного газу в морській воді призведе до падіння фазової швидкості по експоненціальному закону, причому ці зміни для звукової хвилі будуть значними (може бути зменшення з 1500 м/с до 900 м/с і більше). Проте, оскільки залежність вмісту газу у воді не має лінійного характеру (див. фіг. 7), то для підвищення точності визначення вільного газу у морській воді потрібно проводити тарування на об'єкті дослідження. До того ж на точність вимірювання концентрації вільного газу в морській воді впливає її тиск, температура, солоність та інші фактори [7], зокрема морські течії, різні турбулентні процеси. Тому використання в системі для здійснення способу (фіг. 2) комплексу датчиків з солоності, температури і тиску є дуже актуальним, це дозволить підвищити точність визначення концентрації вільного газу в газових сипах.

До того ж підвищити точність визначення концентрації газу у воді дозволить застосування комплексування різних методів досліджень, наприклад додаткове застосування визначення зсуву фази акустичного сигналу від концентрації у воді вільного газу (див. фіг. 6). Часовий зсув фази акустичного сигналу в залежності від концентрації у воді вільного газу зростає по експоненціальному закону. Зсув фази акустичного сигналу описується виразами:

$$\Delta T = f(U),$$

$$\Delta T = L/C_{\phi} - L/C_0,$$

де  $C_0 = 1500 \text{ м/с}$  - акустична швидкість в чистій воді;

$C_{\phi}$  - фазова акустична швидкість

$L$  - відстань між акустичним випромінювачем і приймачем,

$U = (0,3 - 100) \times 10^{-6}$  - діапазон вимірювань величини концентрації вільного газу у воді.

З допомогою тарування визначають абсолютні значення концентрації морського газу у водній товщі. Відносна концентрація газу в бульбашках визначається на основі зміни швидкості акустичних хвиль у водному середовищі, в якому існують газові бульбашки (фіг. 5, 6 і 7).

Таким чином, поставлена задача в корисній моделі виконана, запропонований спосіб дозволяє підвищити ефективність виявлення просочування морського газу та установлення оцінки концентрації вільного газу у водній товщі.

Джерела інформації:

1. Патент США US2918579, МПК G01N 21/37; G01V 9/00, опублікований 22.12.1959.

2. Патент США US4517458, МПК G01V 8/02; G01V 9/00, опублікований 14.05.1985.

3. Патент США US 6578405, МПК G01N 7/14; G01V 1/00; G01V 1/38, опублікований 17.06.2003 (прототип).

4. Гаврилов Л.Г. Содержание свободного газа в жидкости и методы его измерения. В сб.: Физические основы ультразвуковой технологии, под ред. Р.Л. Розенберга. - М.: Наука, 1970. - С. 395 - 426.

5. Кленин С.А. Акустические методы исследования газовых пузырьков в морской воде. Автореферат диссертации. - Владивосток, 1984.

6. Шнюков Е.Ф., Коболев В.П., Пасынков А.А. Газовый вулканизм Черного моря. - К.: Лотос, 2013. - 394 с.

7. Valeport Ltd (UK), 2016. CTD and Multiparameter Instrumtns/ - 4 p.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб виявлення просочування морського газу та оцінки його концентрації у водній товщі, який включає розгортання локального зонда на або поблизу дна моря, вироблення бульбашок у воді поблизу або в межах локального зонда, формування даних виявлених бульбашок, що відображають відносну концентрацію газу у вільному стані у воді, і асоціювання підвищення концентрації газу у вільному стані у воді при наявності поблизу просочування морського газу, при цьому в способі використовують акустичний перетворювач при отриманні зазначених бульбашок, проводять різні активізації локального зонда, щоб почати і припинити виробництво бульбашок, визначають рівень активізації локального зонда при виробництві бульбашок шляхом використання операцій старт і закінчення, щоб обчислити відносну концентрацію розсіяного газу у воді, а локальний зонд розгортають шляхом вбудови зонда в донні відклади для виявлення вказаних бульбашок та їх характеристик, при цьому застосовують один або декілька акустичних перетворювачів, які налагоджені на одну або декілька резонансних частот, крім того в способі проводять вимірювання тиску і температури, при яких вказані бульбашки утворюються і виявлені, при цьому локальний зонд розгортають на дистанційно керованому транспортному засобі або автономному підводному апараті, який **відрізняється** тим, що проводять нагачування акустичної енергії в морське середовище щонайменше на двох резонансних частотах, відфільтровують прийняті розсіяні сигнали бульбашками в морській воді щонайменше на одній різницевої частоті випромінюваних частот акустичними перетворювачами, при цьому установлюють частотний діапазон накопичування високочастотної акустичної енергії в морському середовищі в діапазоні частот від 2 до 1000 кГц.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що додатково проводять оцінку солоності морської води для її спільного використання одночасно з даними тиску і температури при оцінці характеристик і параметрів бульбашок в морській воді.

3. Спосіб за пп. 1 і/або 2, який **відрізняється** тим, що аналіз різницевих частот, які утворені за рахунок нелінійного акустичного ефекту морського середовища з газовими бульбашками, проводять в низькочастотному діапазоні їхнього розсіювання від 1 до 50 кГц.



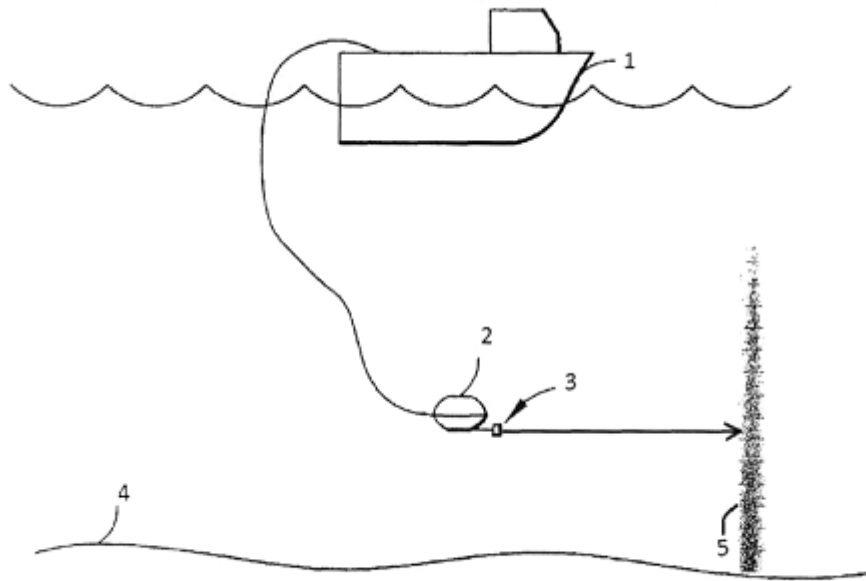


Fig. 1

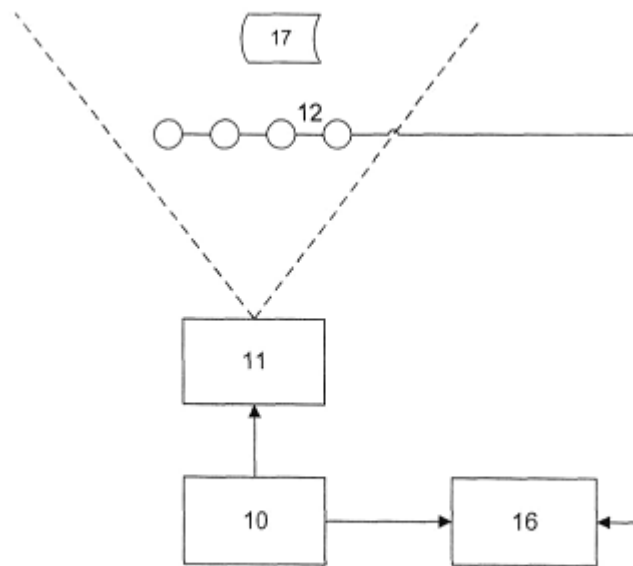
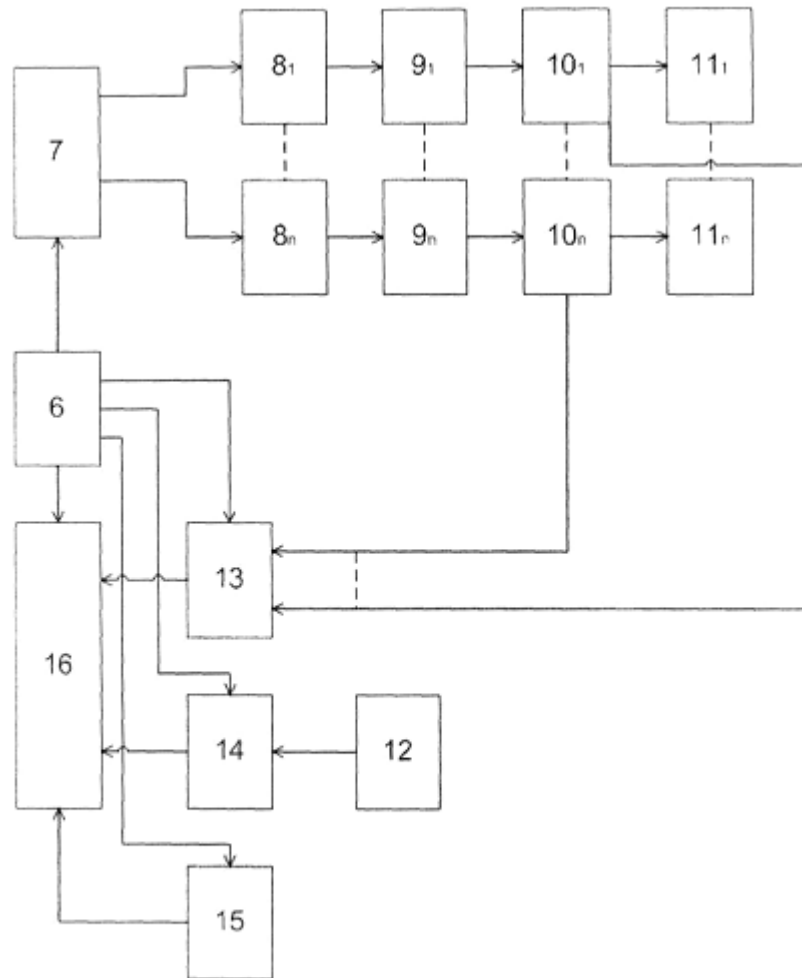
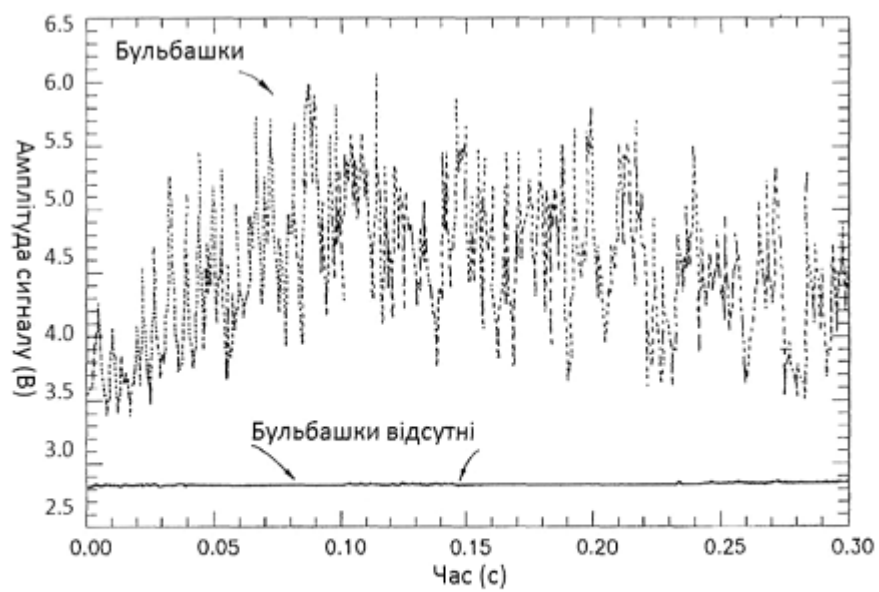


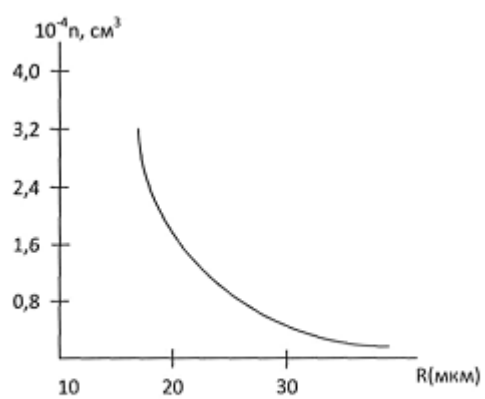
Fig. 2



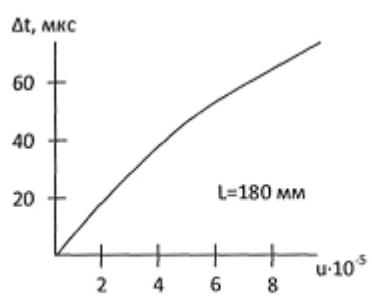
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

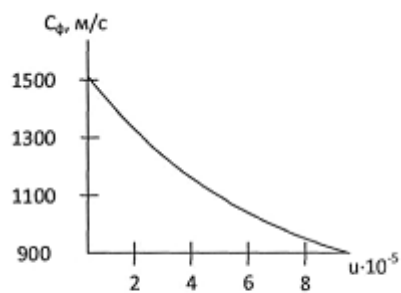


Fig. 7

---

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601