



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **64869** (13) **U**  
(51) МПК  
**E21B 47/04 (2006.01)**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

**(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ РІДКИХ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ У ПОГЛИНАЛЬНІЙ СВЕРДЛОВИНІ**

1

2

(21) u201104009

(22) 04.04.2011

(24) 25.11.2011

(46) 25.11.2011, Бюл.№ 22, 2011 р.

(72) СУХОНОСЕНКО СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ,  
КРИВУЛЯ СЕРГІЙ ВІКТОРОВИЧ, КУТІНОВ СЕРГІЙ  
ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(73) ДОЧІРНЯ КОМПАНІЯ "УКРГАЗВИДОБУВАН-  
НЯ" НАЦІОНАЛЬНОЇ АКЦІОНЕРНОЇ КОМПАНІЇ  
"НАФТОГАЗ УКРАЇНИ"

(57) Спосіб вимірювання рівня рідких промислових  
відходів в поглинальній свердловині, який включає

вимірювання об'єму газу при змінненні тиску та ви-  
значення рівня рідини за визначеною формулою,  
який **відрізняється** тим, що об'єм атмосферного  
повітря, що засмоктується у свердловину при зни-  
женні в неї рівня рідких промислових відходів, ви-  
мірюється на усті свердловини, після чого здійс-  
нюється перерахування цього об'єму в довжину  
насосно-компресорних труб, що відповідає глибині  
рівня рідких промислових відходів у свердловині,  
та визначення швидкості цього зниження і величи-  
ни максимального зниження статичного рівня рід-  
ких промислових відходів.

Корисна модель належить до екології та охо-  
рону навколишнього середовища і може бути ви-  
користана при закачуванні в надра супутньо-  
пластових вод і промислових стічних вод в нафто-  
газової та інших галузях промисловості, а також  
при гідрогеологічних дослідженнях свердловин.

При закачуванні рідких промислових відходів в  
поглинальну свердловину існує необхідність вимі-  
рювання динамічного і статичного рівнів рідини, які  
використовуються при визначенні швидкості коль-  
матації порід привибійній зони пласта-колектора,  
встановленні часу виникнення максимальної коль-  
матації порід пласта-колектора та часу переключення  
закачування в іншу (резервну) поглиналь-  
ну свердловину. Кольматація порід пласта-  
колектора виявляється в зменшенні приймальності  
поглинальної свердловини, яке відображається  
в поступовому уповільненні швидкості зниження  
динамічного рівня супутньо-пластових вод і про-  
мислових стічних вод та зменшення глибини їх  
статичного рівня в поглинальній свердловині при  
припиненні закачування. Значення динамічного і  
статичного рівнів рідини в свердловині використо-  
вуються при розрахунках коефіцієнта фільтрації  
(коефіцієнта проникності) порід за відомими фор-  
мулами.

Відомий спосіб дистанційного контролю рівня  
рідини в свердловині з насосною установкою (па-  
тент Російської Федерації №2295034, МПК E21B  
47/04, публ. 10.03.2007), який включає викорис-  
тання акустичного зондуючого сигналу, запису  
ехограм до отримання послідовності відбитих сиг-

налів з однаковими інтервалами часу між ними і  
однаковими початковими фазами та порівняння  
ехограм для встановлення рівня рідини.

Недоліками відомого способу є використання  
складної технічної апаратури та кривизна труб  
експлуатаційних свердловин, що значно усклад-  
нює контроль.

Відомий спосіб індикації рівня рідини у сверд-  
ловині (патент Російської Федерації №2175387,  
МПК<sup>7</sup> E21B 47/04, G01F 23/30, публ. 27.10.2001),  
який передбачає використання приладу, складо-  
вими частинами якого є геркон, поплавки з магні-  
том, джерело електроживлення, ковзні контакти  
тощо, за допомогою якого здійснюють вимірюван-  
ня рівнів пластових та техногенних рідин у сверд-  
ловинах.

Недоліком такого способу є складність кон-  
струкції приладу з використанням електроживлен-  
ня, який розміщують в насосно-компресорних тру-  
бах, що мають малі значення внутрішнього  
перерізу.

Відомий спосіб вимірювання рівня свердло-  
винної рідини і розділення двох середовищ різної  
щільності (патент Російської Федерації №2357079,  
МПК<sup>9</sup> E21B 47/04, G01F 23/30, публ. 10.03.2007),  
який заснований на визначенні змінення натягу  
троса при досягненні поверхні свердловинної рі-  
дини і поверхні розділення двох середовищ різної  
щільності.

Недоліком відомого способу є складність реа-  
лізації за допомогою приладу з використанням

(13) **U**  
(11) **64869**  
(19) **UA**

двох ваг, які кріпляться утримуючими замками у приладі.

Взагалі, використання усіх вказаних способів потребує тимчасового зняття з устя поглинальної свердловини устєвого обладнання і наступного монтажу після вимірів, використання складних пристроїв, внаслідок чого збільшується трудомісткість процесу вимірювання.

Найбільш близьким за технологічною суттю і результатом, що досягається, є спосіб визначення рівня рідини в затрубному просторі глибинно-насосної свердловини (А.с. СРСР №1346774, МПК<sup>4</sup> E21B 47/04, публ. 23.10.1987, бюл. №39), за яким випускається частка об'єму газу з затрубного простору, реєструється його об'єм та вимірюється зміна тиску в затрубному просторі, після припинення випуску частки об'єму газу реєструється збільшення тиску в затрубному просторі, а положення рідини в свердловині розраховують за формулою

$$H = \frac{\Delta V_1 \cdot B \cdot P_0 \cdot Q_1}{F(\Delta P_1 \cdot P_1 + \Delta P_2 \cdot P_0)}, \text{ де}$$

$H$  - глибина рівня рідини в затрубному просторі, м;

$Q_1$  - об'єм газу, що був випущений;

$B$  - перекладний коефіцієнт;  $B = \frac{Z(T \cdot P_{cm})}{T_{cm} \cdot P_0}$ ;

$P_0$  і  $P_1$  - тиски в затрубному просторі до і після випуску газу, МПа;

$\Delta P_1 = P_0 - P_1$  - зниження тиску в затрубному просторі за час випуску газу, МПа;

$\Delta P_2$  - збільшення надлишкового тиску в затрубному просторі за час, який дорівнює тривалості випуску газу, МПа;

$F$  - площа перерізу затрубного простору, м<sup>2</sup>;

$Z$  - коефіцієнт стиснення газу при температурі

$T$  тиску  $P_0$  в затрубному просторі;

$T$  - середня температура газу в затрубному просторі, К;

$T_{cm}$  і  $P_{cm}$  - стандартні температура і тиск, К і МПа.

У разі, коли межі зміни надлишкових тисків в процесі випуску газу незначні, то положення рівня з достатньою для промислових розрахунків точністю визначається по рівнянню

$$H = \frac{\Delta V_1}{F} \cdot \left( \frac{P_{cm}}{\Delta P_1 + \Delta P_2} \right).$$

Суттєвим недоліком цього способу є проведення вимірювань в затрубному просторі невеликих об'ємів рідини та визначення рівня рідини з урахуванням великої кількості параметрів, зокрема температури, тиску тощо.

Задачею корисної моделі є спрощення процесу вимірювання рівня рідких промислових відходів у поглинальній свердловині одразу після встановлення на усті свердловини тиску в 0,1 МПа з використанням газового лічильника, який розміщується на окремому відводі оголовка поглинальної свердловини, шляхом послідовного фіксування об'ємів атмосферного повітря, яке засмоктується у сверд-

ловину при зниженні рівня рідини, при визначених інтервалах часу в автоматичному або ручному режимі.

Поставлена задача вирішується шляхом перерахування об'єму повітря, яке засмоктується у свердловину при зниженні рівня рідких промислових відходів, в довжину насосно-компресорних труб (НКТ), визначення швидкості цього зниження і величини максимального зниження статичного рівня рідких промислових відходів.

Технічним результатом від використання запропонованого способу є підвищення техніко-економічних показників та якості контролю закачування рідких промислових відходів в свердловину, попередження аварійних ситуацій шляхом своєчасного оцінювання швидкості кольматації порід пласта-колектора, визначення часу можливої кольматації привибійної зони поглинальної свердловини, тобто терміну переключення закачування на резервну поглинальну свердловину і терміну проведення ремонтних робіт по поновленню прийнятності поглинальної свердловини.

Отримані дані використовуються, по-перше, для якісної оцінки ступеня кольматації привибійної зони порід пласта-колектора по уповільненню швидкості зниження рівня рідких промислових відходів та підвищенню глибини статичного рівня їх у свердловині і, по-друге, для кількісної оцінки ступеня кольматації привибійної зони порід пласта-колектора шляхом порівняння розрахованих по відомих формулах початкового і (або) поточного коефіцієнта фільтрації (коефіцієнта проникності) порід пласта-колектора.

На відміну від способу за прототипом, виключається вимірювання тиску в трубному просторі з врахуванням того, що в умовах постійності технологічних характеристик поглинальної свердловини (глибина, діаметр) тиск повітря на поверхні рівня рідких промислових відходів, що знижується, в НКТ свердловини дорівнює атмосферному тиску від початку зниження до його закінчення.

Відносна постійність фізичних властивостей (щільність, в'язкість і температура) як рідких промислових відходів, так і атмосферного повітря при достатньо швидкому (десятки хвилин) зниженні рівня рідини дозволяють заміряти об'єм атмосферного повітря, що засмоктується у свердловину, і дорівнює об'єму зниження рідких промислових відходів у НКТ без врахування коефіцієнта розширення. НКТ в свердловині під час закачування приймають температуру рідких промислових відходів, що закачуються, яка практично дорівнює при розташуванні ємностей з рідкими промисловими відходами на поверхні землі температурі атмосферного повітря, яке засмоктується в свердловину внаслідок зниження рівня рідких промислових відходів після припинення закачування їх. В такому випадку немає необхідності врахування температурних поправок для атмосферного повітря, а розрахункова формула приймає вигляд:

$$H = \frac{\Delta V_1}{F}.$$

Порівняння декількох послідовних вимірів зниження рівня дозволяє якісно оцінити відносну швидкість кольматації порового простору в прифі-

льтровій зоні поглинальної свердловини по зменшенню швидкості зниження рівня рідких промислових відходів та підвищенню глибини кінцевого статичного рівня.

Абсолютна (кількісна) величина зменшення коефіцієнта фільтрації (коефіцієнта проникності) порід у прифільтровій зоні поглинальної свердловини розраховується по формулі наливу води в одиночну свердловину.

Для пояснення суті запропонованого способу на кресленні зображено поглинальну свердловину, в яку закачані рідкі промислові відходи, з наступними позначеннями: 1 - положення рівня рідких промислових відходів на початок дослідження, 2 - положення рівня рідких промислових відходів в розрахунковий момент часу  $t$ , 3 - статичний рівень рідких промислових відходів, 4 - фільтр свердловини.

$H$  - глибина динамічного рівня рідини в НКТ, м

$H_0$  - глибина статичного рівня рідини в НКТ, м

$C$  - перевищення статичного рівня над фільтром, м

$l$  - довжина фільтра, м.

Як приклад наводиться спосіб визначення зниження рівнів при поверненні супутньо-пластових стічних вод у надра Дружелюбівського газоконденсатного родовища у Дніпровсько-Донецькій западині з використанням запропонованого способу.

Поглиналину свердловину переобладнано з експлуатаційної свердловини на газ після обводнення, в ній були проведені ремонтно-ізоляційні роботи з перфоруванням інтервалу 1964-1972 м в горизонті М-6 московського ярусу середнього кар-

бону. Проникність у середньому складає 378 мД (0,4 мкм<sup>2</sup>), що відповідає коефіцієнту фільтрації 0,32 м/добу.

Статичний рівень пластових вод встановлюється на глибині ( $H_0$ ) 324 м.

Внутрішній діаметр насосно-компресорних труб (НКТ) 76 мм складає 75,9 мм (0,0759 м), а площа перерізу дорівнює  $4,5 \cdot 10^{-3}$  м<sup>2</sup>. При такому діаметрі об'єм в один літр знаходиться в частині труби довжиною 22 см; п'ять літрів об'єму відповідають 1,1 м довжини НКТ.

Об'єм НКТ до глибини 324 м дорівнює 1472,7 літрам (1,473 м<sup>3</sup>).

Швидкість зниження рівня супутньо-пластових і/або стічних вод у поглинальній свердловині:

$$t = 2,3 \frac{\omega}{k} \lg \frac{H_0 - H}{H_0}, \text{ де}$$

$\omega$  - площа перерізу НКТ, м<sup>2</sup>

$k$  - коефіцієнт фільтрації

$H$  - глибина динамічного рівня рідини в НКТ, м

$H_0$  - глибина статичного рівня рідини в НКТ, м

$l$  - довжина фільтра, м.

Одразу після встановлення на усті свердловини тиску в 0,1 МПа за визначеними інтервалами часу фіксували об'єми засмоктування в свердловину атмосферного повітря через газовий лічильник у процесі зниження рівня рідких промислових відходів, в ручному режимі. Отриманні дані використовували для розрахунку швидкості зниження рівня промислових відходів в поглинальній свердловині, а результати занесли у таблицю.

Таблиця

|                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| $V, \text{ м}^3$     | 0,336 | 0,564 | 0,736 | 0,982 | 1,104 | 1,177 | 1,246 | 1,325 | 1,382 | 1,427 | 1,45 | 1,458 |
| $H, \text{ м}$       | 74    | 124   | 162   | 216   | 243   | 259   | 274   | 291,6 | 304   | 314   | 319  | 320,8 |
| $H_0 - H, \text{ м}$ | 250   | 200   | 162   | 108   | 81    | 65    | 50    | 32,4  | 20    | 10    | 5    | 3,2   |
| $(H_0 - H)/H_0$      | 1,30  | 1,62  | 2,00  | 3,00  | 4,00  | 4,98  | 6,48  | 10,0  | 16,2  | 32,4  | 64,8 | 100   |
| $\lg[(H_0 - H)/H_0]$ | 0,11  | 0,21  | 0,30  | 0,48  | 0,60  | 0,70  | 0,81  | 1,00  | 1,21  | 1,51  | 1,81 | 2,00  |
| $t, \text{ сек}$     | 18,7  | 34,8  | 49,4  | 78    | 98    | 114   | 133   | 164   | 199   | 248   | 297  | 328   |

Отримані дані свідчать про те, що зниження рівня рідких промислових відходів від устя до статичного рівня при вказаних параметрах поглинальної свердловини на Дружелюбівському родовищі стається у середньому за 6 хвилин. При проведенні контрольних досліджень зниження рівня вимірювання об'єму повітря, що засмоктується у свердловину через газовий лічильник, необхідно виконувати через 5 сек., 20 сек., 50 сек. і далі через одну хвилину. В подальшому, внаслідок кольматації порід, може наступати уповільнення зниження рівня рідких промислових відходів, тому інтервал між вимірами збільшується.

Окремі поглинальні свердловини відрізняються загальними параметрами, тому в кожному випадку зниження рівня є унікальним.

Запропонований спосіб використовується при кожній зупинці закачування рідких промислових відходів, а також обов'язково наприкінці безперервного закачування супутньо-пластових вод і/або промислових стічних вод протягом п'яти років, після яких у відповідності до СОУ 90.0-30019775-041:2005 "Захоронення стічних вод у надра з використанням нафтогазових свердловин" необхідне виконання геофізичних досліджень стану свердловини.

Крім того, дослідження змінення глибини рівня рідких промислових відходів необхідно виконувати при освоєнні нових поглинальних свердловин (або нових інтервалів поглинання), а також після робіт по відновленню прийнятності пласта.

