

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2779170

СПОСОБ БУРЕНИЯ СКВАЖИН В ЛЕДНИКОВОМ ПОКРОВЕ

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Литвиненко Владимир Стефанович (RU), Трушко Владимир Леонидович (RU)*

Заявка № 2022107673

Приоритет изобретения **23 марта 2022 г.**

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации **05 сентября 2022 г.**

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **23 марта 2042 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
E21B 7/18 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022107673, 23.03.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.03.2022

Дата регистрации:
05.09.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.03.2022

(45) Опубликовано: 05.09.2022 Бюл. № 25

Адрес для переписки:
190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный
университет", Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Литвиненко Владимир Стефанович (RU),
Трушко Владимир Леонидович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2751030 C1, 07.07.2021. SU 369753
A3, 08.02.1973. RU 2225931 C1, 20.03.2004. RU
2178506 C1, 20.01.2002. RU 2168532 C1,
10.06.2001. CN 106988680 A, 28.07.2017. CN
109798071 A, 24.05.2019.

(54) СПОСОБ БУРЕНИЯ СКВАЖИН В ЛЕДНИКОВОМ ПОКРОВЕ

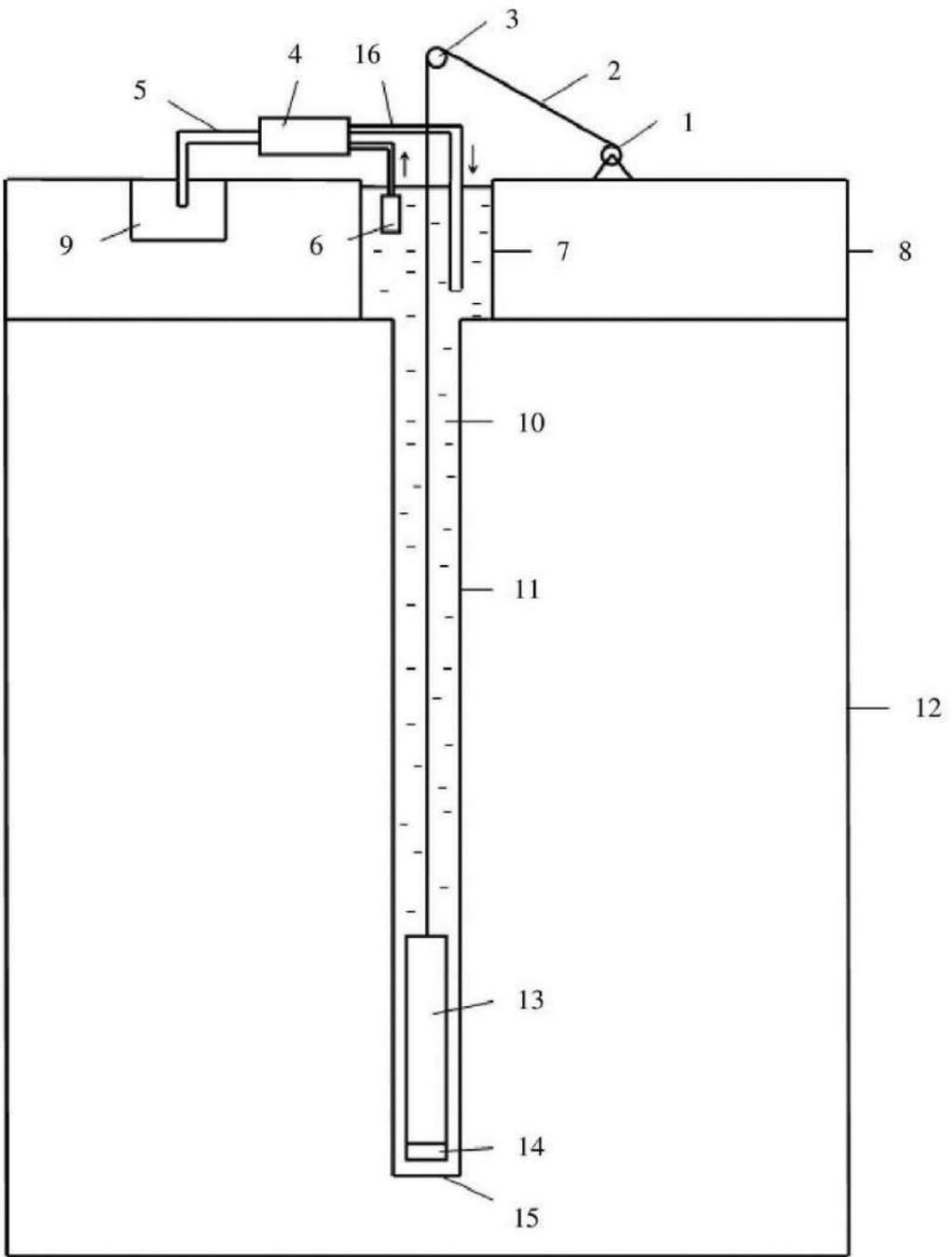
(57) Реферат:

Изобретение относится к области бурения скважин в ледниковых покровах с помощью струи жидкости под высоким давлением, конкретно – к бурению глубоких скважин во льдах Арктики и Антарктики для изучения подледниковых горных пород и водоемов. Для осуществления способа бурения скважин в ледниковом покрове устанавливают обсадную колонну в фирн и заполняют обсадную колонну кремнийорганической жидкостью. Производят спуск в скважину на грузонесущем кабеле гидронасоса высокого давления с закрепленной на нём поворотной режущей гидроструйной головкой. Устанавливают головку на расстоянии от 3 до 10 мм от забоя. Струей жидкости высокого давления от 50 МПа до 100 МПа разрезают лед

по контуру скважины. Соблюдают заданный диаметр скважины и разрушают лед в забое, ледяной шлам под давлением заливочной кремнийорганической жидкости выносятся по скважине наверх. Подают смесь шлама с кремнийорганической жидкостью шламовым погружным насосом в сепаратор. Отделяют шлам и сбрасывают его в емкость. Очищенную кремнийорганическую жидкость возвращают по трубе в скважину. Достигается технический результат – повышение эффективности процесса бурения скважин во льду с обеспечением заданного диаметра по глубине скважины и сохранением природных температурных условий окружающего льда. 1 ил., 2 табл.

RU 2 779 170 C1

RU 2 779 170 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
E21B 7/18 (2022.08)

(21)(22) Application: **2022107673, 23.03.2022**

(24) Effective date for property rights:
23.03.2022

Registration date:
05.09.2022

Priority:

(22) Date of filing: **23.03.2022**

(45) Date of publication: **05.09.2022** Bull. № 25

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU
VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet",
Patentno-litsenziionnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Litvinenko Vladimir Stefanovich (RU),
Trushko Vladimir Leonidovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet» (RU)**

(54) **WELL DRILLING METHOD IN ICE COVER**

(57) Abstract:

FIELD: wells drilling.

SUBSTANCE: invention relates to the field of drilling wells in ice sheets using a high-pressure fluid jet, specifically to drilling deep wells in the ice of the Arctic and Antarctic for the study of subglacial rocks and reservoirs. To implement the method for drilling wells in the ice cover, a casing string is installed in a firn and the casing string is filled with an organosilicon fluid. The descent into the well is carried out on the load-carrying cable of the high-pressure hydraulic pump with a rotary cutting hydrojet head fixed on it. Install the head at a distance of 3 to 10 mm from the face. A high-pressure liquid jet from 50 MPa to 100 MPa cuts the ice along the well contour. The predetermined

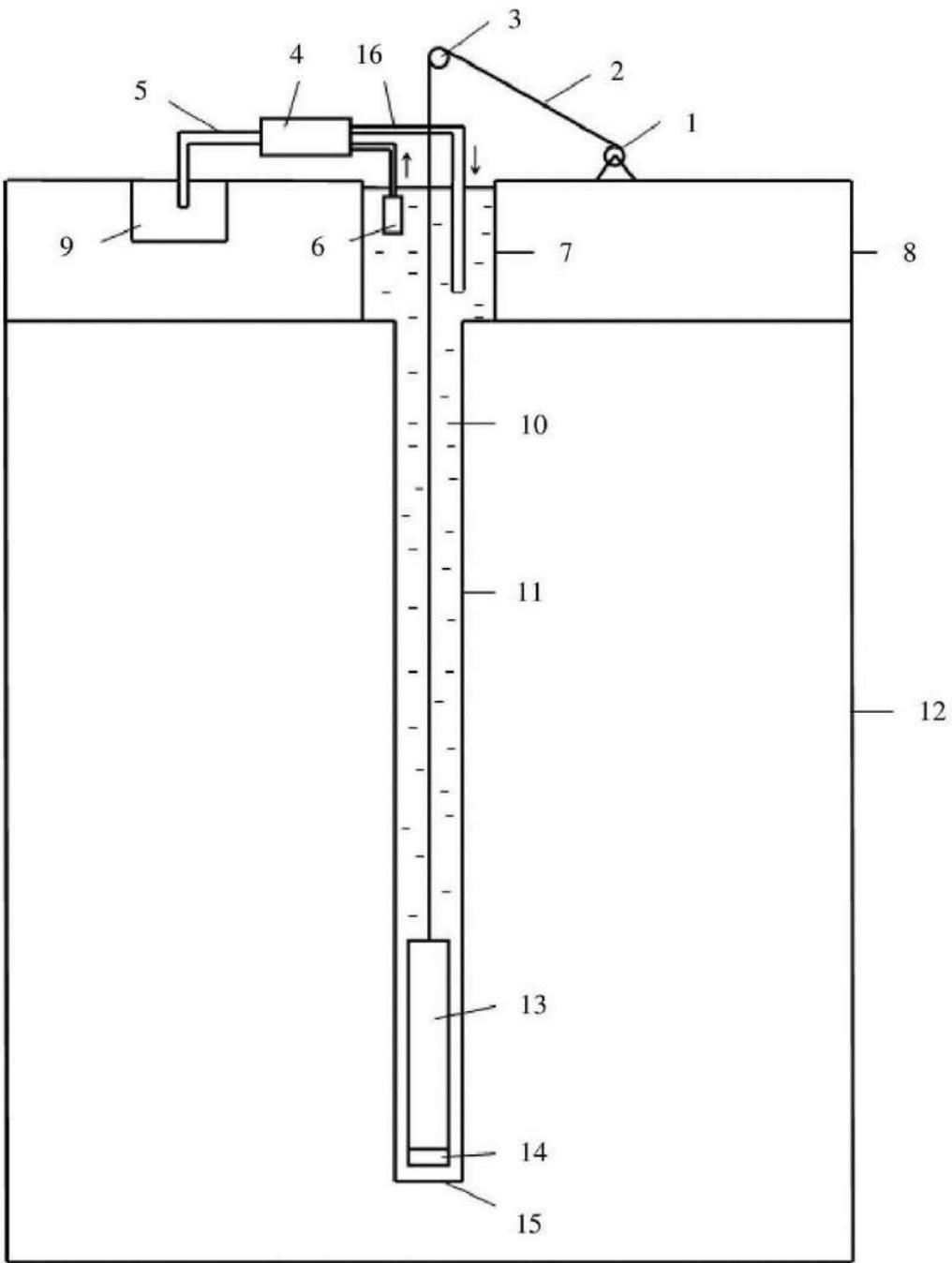
borehole diameter is observed and the ice in the bottomhole is destroyed, the ice mud under the pressure of the organosilicon filling fluid is carried up the borehole. A mixture of sludge with organosilicon liquid is fed by a sludge submersible pump into the separator. Separate the sludge and dump it into a container. The purified organosilicon fluid is returned through the pipe to the well.

EFFECT: increasing the efficiency of the process of drilling wells in ice, ensuring a given diameter along the depth of the well and maintaining the natural temperature conditions of the surrounding ice.

1 cl, 1 dwg, 2 tbl

RU 2 779 170 C1

RU 2 779 170 C1



Фиг. 1

Изобретение относится к области бурения скважин в ледниковых покровах с помощью струи жидкости под высоким давлением, конкретно – к бурению глубоких скважин во льдах Арктики и Антарктики для изучения подледниковых горных пород и водоемов.

5 Известен способ гидроструйной резки (патент RU № 2552512, опубликован 10.06.2015), включающий гидроструйную резку материала с охлаждением рабочей жидкости (воды) до образования в режущей струе льда путем ее охлаждения в теплообменнике до полного замораживания и последующего адиабатического сжатия до рабочего давления с
10 получением двухфазной взвеси «жидкость-лед», которую подают в сопло, посредством которого обеспечивают формирование режущей струи, сопровождающейся падением давления, достаточным для обратного превращения ядра формирующейся струи в лед, и поддержание давления резания 1000-3500 бар.

Недостатком способа является замерзание рабочей жидкости – воды, при бурении льда с отрицательной температурой и низкая эффективность резания льда в скважине
15 ввиду нарушения адиабатического процесса при изменении давления с увеличением глубины скважины. Также ограниченное время использования скважины во льду и необходимость соблюдения непрерывности процесса бурения льда, поскольку вода замерзает в скважине.

Известен способ проходки буровых скважин во льду (патент SU 369753, опубликован
20 08.11.1973), включающий растапливание льда в нижней части скважины путем подвода тепла к полой буровой головке с режущей кромкой и частичным отводом талой воды с охлаждением стенки скважины подачей охлаждающего агента до образования ледяной оболочки, ограничивающей буровую скважину. Управление процессом таяния и охлаждения в нижней части скважины производят с помощью токопроводящих
25 элементов Пельтье с учетом изменений температуры и расширения водяного котла в донной части скважины.

Недостатками способа являются установка буровых штанг с двойными стенками по длине скважины и отвод избыточной талой воды по внутренней трубе, которая
30 может замерзнуть при большой глубине скважины, несоблюдение температурных условий природной среды при подводе тепла и плавлении льда.

Известен способ образования скважин и выработок в осадочных горных породах и мерзлых грунтах (патент RU № 2225931, опубликован 20.03.2004), включающий операции по разупрочнению и разрушению мерзлого грунта на забое струями рабочего агента под давлением, удаление бурового шлама из зоны бурения и полости скважины
35 к ее устью одновременно с разупрочнением и разрушением мерзлого грунта на забое, формирование стенок скважины путем воздействия на отходящий от забоя поток бурового шлама нормально ориентированным по отношению к этому потоку потоком рабочего агента, при этом на поток рабочего агента, ориентированный к отходящему от забоя потоку бурового шлама, накладывают акустические колебания и одновременно
40 часть отходящих от поверхности забоя частиц грунта внедряют в стенку проходимой скважины, а другую часть частиц грунта, восходящих от забоя в потоке бурового шлама, подвергают воздействию восходящего потока сжатого газа, часть которого подают в призабойную зону скважины за пределами корпуса автономного бурильного аппарата за счет подачи этого сжатого газа по коаксиальной магистрали, внутреннюю
45 магистраль которой соединяют с источником сжатого газа, а другую часть сжатого газа периодически подают в полость скважины для создания восходящего потока к устью скважины, которым ведут продувку полости скважины без совмещения процесса продувки с процессом проходки скважины.

Недостатками способа являются высокая энергоемкость бурения скважины ввиду применения двух процессов: бурения автономным бурильным аппаратом и выдача шлама подачей сжатого газа по коаксильной магистрали.

Известен способ образования скважины в геологических структурах (патент RU № 2178506, опубликован 20.01.2002), включающий автономный бурильный агрегат, воздействующий на разрушаемую среду энергией струй рабочего агента, истекающих под давлением из рабочего органа агрегата. На забой скважины воздействуют комплексными нагрузками от последовательно прикладываемых кольцевых кумулятивных струй, формируемых из импульсно расходуемых компонентов топливного вещества, подаваемого порционно в рабочий орган бурильного агрегата. При этом, последовательно на забой направляют кумулятивную кольцевую струю, ось которой ориентирована к центру забоя, на центр забоя с заданным временем отставания подают нормально ориентированную струю, за этим на забой подают кольцевую кумулятивную струю, ось которой ориентирована к периферии забоя, и по кольцу эту струю ограничивают нормально ориентированной к диаметральной плоскости забоя кольцевой струей рабочего агента, причем оси первой пары струй пересекают в структуре среды забоя, так же, как и оси второй пары струй пересекают в структуре среды, а место приложения обоих кумулятивных кольцевых струй на плане диаметральной плоскости забоя выбирают совпадающим с учетом времени приложения и углубления забоя от последовательного воздействия таких согласованных пар струй, вслед за которыми на забой воздействуют нормально и под углом к устью ориентированными кольцевыми струями рабочего агента, формируя стенки скважины.

Недостатками способа являются низкая эффективность процесса бурения из-за засорения скважины буровым шламом при увеличении ее глубины, а также уменьшение диаметра и потеря работоспособности скважины за короткий промежуток времени из-за неуравновешенного давления окружающей скважины среды.

Известен способ бурения ледниковых скважин (патент RU № 2751030, опубликован 07.07.2021), принятый за прототип, включающий бурение подледниковых скважин горячей жидкостью, подаваемой под давлением через сопло на конце гибкого трубопровода на забой вертикальной скважины. При этом гибкий трубопровод опускают до поверхности льда через обсадную колонну, помещенную в фирн, а в качестве горячей жидкости используют диметилполисилоксановую жидкость, которая после окончания бурения не замерзает в скважине и может впоследствии из нее извлекаться.

Недостатками способа являются необходимость нагрева диметилполисилоксановой жидкости до высокой температуры ввиду ее низкой теплоемкости, в 2,3 раза ниже воды и несоблюдение заданного диаметра скважины в процессе бурения плавлением льда и температурных природных условий окружающего льда.

Техническим результатом является повышение эффективности процесса бурения скважин во льду с обеспечением заданного диаметра по глубине скважины и сохранением природных температурных условий окружающего льда.

Технический результат достигается тем, что заполняют обсадную колонну кремнийорганической жидкостью, а затем производят спуск в скважину на грузонесущем кабеле гидронасоса высокого давления, на котором закреплена поворотная режущая гидроструйная головка, и устанавливают его на расстоянии от 3 до 10 мм от забоя, далее струей жидкости высокого давления от 50 МПа до 100 МПа разрезают лед по контуру скважины, при этом соблюдают заданный диаметр скважины и разрушают лед в забое, ледяной шлам под давлением заливочной кремнийорганической жидкости

выносятся по скважине наверх, а оттуда смесь шлама с кремнийорганической жидкостью шламовым погружным насосом подается в сепаратор, в котором отделяют шлам – сбрасывают в емкость, а очищенную кремнийорганическую жидкость возвращают по трубе в скважину.

- 5 Способ поясняется следующей фигурой:
 фиг. 1 – схема бурения скважины в ледниковом покрове, где:
 1 – лебедка;
 2 – грузонесущий кабель;
 3 – шкиф;
 10 4 – сепаратор;
 5 – труба со шламом;
 6 – шламовый насос погружной;
 7 – обсадная колонна;
 8 – фирн;
 15 9 – емкость с ледовым шламом;
 10 – заливочная кремнийорганическая жидкость;
 11 – скважина;
 12 – ледник;
 13 – гидронасос высокого давления;
 20 14 – режущая гидроструйная головка;
 15 – забой скважины;
 16 – труба.

Способ осуществляется следующим образом. Производят установку обсадной колонны 7 (фиг. 1) в слое фирна 8 и заполняют ее заливочной кремнийорганической жидкостью 10, например, полидиметилсилоксановая марки ПМС-5, с вязкостью от 5,5 до 6,6 сСт и температурой застывания не выше -65°C . Производят спуск в скважину 11 на грузонесущем кабеле 2 с помощью лебедки 1 через шкиф 3 гидронасоса высокого давления 13 с установленной поворотной режущей гидроструйной головкой 14. Устанавливают режущую гидроструйную головку 14 на расстоянии от 3 до 10 мм от забоя скважины 15 в леднике 12 и перекачивают гидронасосом высокого давления 13 заливочную кремнийорганическую жидкость 10 под давлением от 50 до 100 МПа, подавая ее на режущую гидроструйную головку 14. Струей жидкости высокого давления от 50 до 100 МПа разрезают лед по контуру скважины с соблюдением заданного диаметра скважины и разрушают лед в забое скважины 11. Образовавшийся ледяной шлам выносится под давлением заливочной кремнийорганической жидкости по скважине наверх ввиду меньшего объемного веса ледяного шлама, откуда смесь шлама с кремнийорганической жидкостью 10 шламовым погружным насосом 6 подается в сепаратор 4, в котором шлам отделяется и сбрасывается через трубу 5 в емкость 9. Очищенная кремнийорганическая жидкость возвращается по трубе 16 в скважину 11.

40 Способ поясняется следующими примерами

Экспериментально установлено, что минимальное давление жидкости в гидронасосе для резания льда должно превышать предел прочности льда на сжатие, который составляет в среднем 35 МПа при температуре -50°C и 15 МПа и температуре -10°C , с коэффициентом запаса 1,4 давление жидкости составит 50 МПа.

45 Экспериментально установлено, что для сохранения условий природной среды и предотвращения необратимых процессов в структуре белков температура не должна превышать 60°C . При увеличении давления в гидронасосе согласно эффекту Джоуля-Томпсона повышается температура жидкости при продавливании через сопло

гидроструйной головки, данные представлены в таблице 1. Предельное давление в гидронасосе по условию сохранения природной среды не должно превышать 100 МПа.

Таблица 1 – Зависимость температуры жидкости при продавливании через сопло гидроструйной головки от давления

5

Перепад давления, Мпа	50	75	100	125	150
Повышение температуры, град.	27	40,3	54,4	68,1	81,7

10

Экспериментально установлены рациональные расстояния от среза сопла гидроструйной головки до поверхности забоя скважины, которые находятся в диапазоне $(3-10) \cdot 10^{-3}$ м, данные представлены в таблице 2. При расстояниях менее $3 \cdot 10^{-3}$ м еще не происходит формирование режущей струи, а при расстояниях более $10 \cdot 10^{-3}$ м происходит значительное расширение режущей струи, что приводит к уменьшению глубины реза.

15

Таблица 2 – зависимость глубины реза льда при температуре -25°C от расстояния между срезом сопла и поверхностью забоя скважины

Расстояние между срезом сопла и поверхностью забоя скважины, $\text{м} \cdot 10^{-3}$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Глубина реза, $\text{м} \cdot 10^{-3}$	40	50	65	73	67	60	57	55	50	48	47

20

Способ позволяет выдерживать заданный диаметр скважины за счет резки льда по контуру скважины струей жидкости высокого давления из режущей гидроструйной головки, а также сохранять природный температурный режим окружающего льда за счет холодного характера резки и отсутствия термического влияния на зону резки и обеспечивать работоспособность скважины длительное время при отрицательных температурах за счет применения заливочной кремнийорганической жидкости, не застывающей при температурах выше -65°C .

25

(57) Формула изобретения

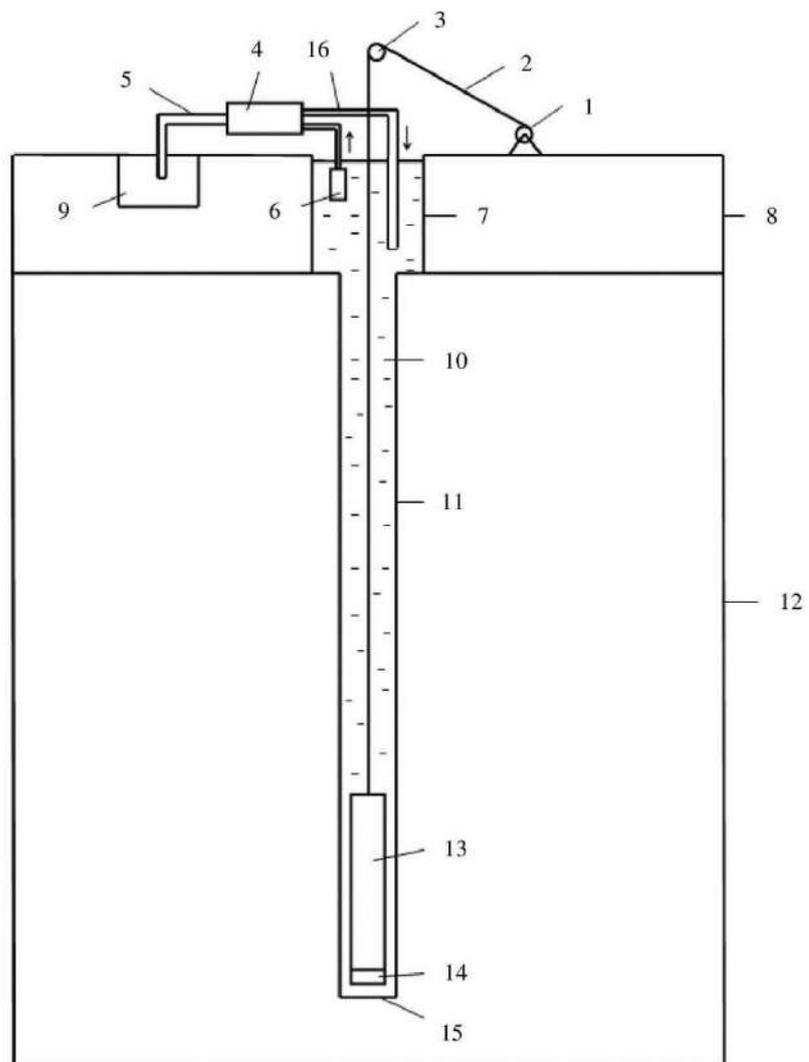
30

Способ бурения скважин в ледниковом покрове, включающий установку обсадной колонны в фирн и подачу под давлением через сопло на забой вертикальной скважины диметилполисилоксановой жидкости, отличающийся тем, что заполняют обсадную колонну кремнийорганической жидкостью, а затем производят спуск в скважину на грузонесущем кабеле гидронасоса высокого давления, на котором закреплена поворотная режущая гидроструйная головка, и устанавливают его на расстоянии от 3 до 10 мм от забоя, далее струей жидкости высокого давления от 50 МПа до 100 МПа разрезают лед по контуру скважины, при этом соблюдают заданный диаметр скважины и разрушают лед в забое, ледяной шлам под давлением заливочной кремнийорганической жидкости выносится по скважине наверх, а оттуда смесь шлама с кремнийорганической жидкостью шламовым погружным насосом подается в сепаратор, в котором отделяют шлам – сбрасывают в емкость, а очищенную кремнийорганическую жидкость возвращают по трубе в скважину.

35

40

45



Фиг. 1