

Техническое задание

на закупку работ: «Анализ и обоснование применения технологии создания подземного хранилища газа в отложениях каменной соли».

Закупка осуществляется в интересах ОАО «Газпром трансгаз Беларусь».

Основание для закупки: в соответствии с Бюджетом доходов и затрат на 2021 г.

1. Объём закупаемых работ:

1.1 Анализ и обоснование работ по созданию ПХГ в отложениях каменной соли выполнить с учетом внедренной технологии оборудования скважин и подземных резервуаров технологическим оборудованием, позволяющим без перестановки лифтовых колонн обеспечить:

- вытеснение строительного рассола после завершения строительства и первичное заполнение подземных резервуаров природным газом;
- циклическую эксплуатацию подземных резервуаров;
- выполнение ремонтных работ в скважинах с заполнением подземных резервуаров рассолом (водой) и полным отбором хранимого газа;
- возможность выполнения геофизических исследований в скважине штатными приборами;
- пакерную схему эксплуатации скважин с целью снятия знакопеременных нагрузок с эксплуатационных колонн;
- установку внутрискважинных приустьевых клапанов-отсекателей с целью соблюдения требований в области промышленной безопасности, что описано, в том числе, в патенте на изобретение Российской Федерации № 2707478 «Способ создания и эксплуатации подземного хранилища газа в отложениях каменной соли» (Приложение 1) и патента на изобретение Республики Беларусь № 23176 «Способ создания подземного хранилища природного газа в отложении каменной соли» (Приложение 2).

Описание работ по созданию ПХГ выполнить, в том числе, с учетом качественной оценки внедренной технологии с технологиями, примененными на зарубежных ПХГ в отложениях каменной соли.

1.2 Работа «Обоснование технологии создания подземного хранилища газа в отложениях каменной соли» должна иметь следующую структуру:

Введение.

Реферат работы.

Аннотация работы.

Описание анализа и обоснование применения технологии создания подземного хранилища газа в отложениях каменной соли.

Дополнительные материалы.

1.3 Необходимо провести рецензирование и проверку итогового комплекта документов по применению технологии создания и эксплуатации подземного хранилища газа в отложениях каменной соли, включая расчёт экономического эффекта (предоставляемый дополнительно).

2. Срок выполнения работ:

Работы выполняются в период II квартал 2021 г. – IV квартал 2021 г. Конкретные сроки работ будут определены в Договоре.

3. Описание потребительских качеств:

Требования к работе должны соответствовать требованиям ТКП 127-2008 «Правила создания и эксплуатации подземных хранилищ газа в отложениях каменной соли», проектной и рабочей документации, индивидуальным технологическим регламентам строительства подземных резервуаров, а также патента на изобретение Российской Федерации № 2707478 «Способ создания и эксплуатации подземного хранилища газа в отложениях каменной соли» (Приложение 1) и патента на изобретение Республики Беларусь № 23176 «Способ создания подземного хранилища природного газа в отложении каменной соли» (Приложение 2).

4. Перечень документов, которые в соответствии с законодательством обязан иметь подрядчик, исполнитель:

Наличие положительно выполненных договоров по аналогичным работам; наличие в штате предприятия специалистов с соответствующим образованием и стажем работы по специальности не менее трёх последних лет.

5. Необходимая документация, требуемая в качестве приложения к поставляемой продукции в рамках оказания услуг: -

6. Требования по гарантии:

Достоверность предоставленного материала. Устранение замечаний в течение одного года с даты приёмки работ.

7. Список известных подрядчиков, исполнителей: -

8. Лицо (лица), ответственное(ые) за приёмку и оформление работ и услуг (в подразделениях аппарата и обособленных подразделениях):
✓ Луговский Н.Н. – заместитель главного инженера – начальника ПО ПХГ;
Лукашевич А.А. – начальник службы стандартизации;
Шпак С.Е. – ведущий геолог ПО ПХГ.

9. Перечень документации, предъявляемой по окончании работ:

К окончанию работ, представляется для рассмотрения и приемки в ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» Отчет о выполненной работе (в двух экземплярах), а также комплект документов, в который входят:

– описание работы;

- реферат работы;
- аннотация работы;
- расчёт фактического экономического эффекта от использования результатов разработки, выполненный согласно «Внутрикорпоративным правилам оценки эффективности НИОКР», утвержденным приказом ОАО «Газпром» от 16.08.2004 №70;
- перечень использованной и созданной в рамках выполнения работы интеллектуальной собственности при наличии патента с указанием патентообладателя;
- дополнительные материалы.

Приемка работы будет осуществляться Заказчиком после обсуждения на совещании в ОАО «Газпром трансгаз Беларусь».

10. Место выполнения работ:

ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» (Республика Беларусь, Минск);

11. Вид процедуры закупки:

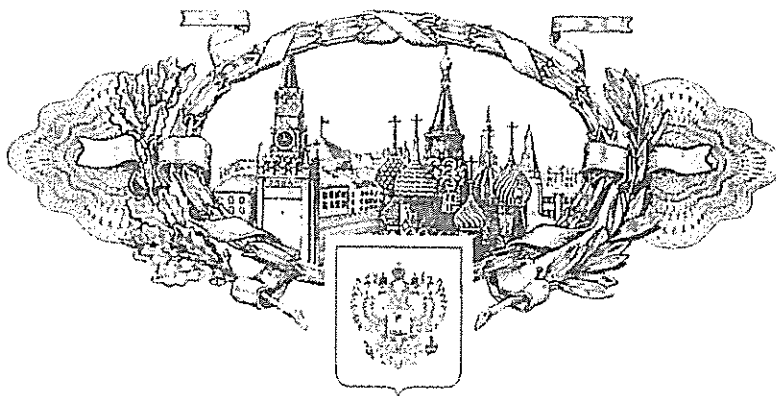
В соответствии с НПА ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» и Республики Беларусь.

12. Дополнительные условия:

Условия оплаты – оплата по факту выполненных работ без авансирования.

При выполнении работ на объектах филиалов Подрядчик обязан руководствоваться СТП СФШИ.01.29-2017 «Порядок допуска к производству работ на объектах ОАО «Газпром трансгаз Беларусь».

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2707478

**СПОСОБ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ГАЗА В ОТЛОЖЕНИЯХ
КАМЕННОЙ СОЛИ**

Патентообладатель: *Открытое акционерное общество "Газпром
трансгаз Беларусь" (RU)*

Авторы: *Аусев Владимир Георгиевич (RU), Красновский Сергей
Викторович (BY), Машезов Алексей Анурбиевич (BY), Кинаш
Евгений Васильевич (BY), Сухачев Виктор Иванович (BY)*

Заявка № 2019100433

Приоритет изобретения 29 декабря 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

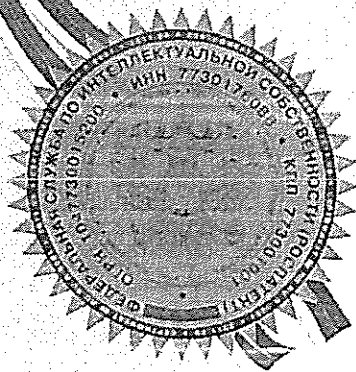
Российской Федерации 26 ноября 2019 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 29 декабря 2038 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19)

RU

(11)

(13)

C1

(51) МПК

B65G 5/00 (2006.01)

(52) СПК

B65G 5/00 (2019.08)

2 707 478

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 06.12.2019)

(21)(22) Заявка: 2019100433, 29.12.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.12.2018

Дата регистрации:
26.11.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.12.2018

(45) Опубликовано: 26.11.2019 Бюл. № 33

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2533465 C1, 20.11.2014. RU
2055006 C1, 27.02.1996. RU 2049709 C1,
10.12.1995. US 4701072 A1, 20.10.1987. RU
2055007 C1, 27.02.1996.

Адрес для переписки:

220040, г. Минск, ул. Некрасова, 9,
Открытое акционерное общество "Газпром
трансгаз Беларусь"

(72) Автор(ы):

Аусев Владимир Георгиевич (RU),
Красновский Сергей Викторович (BY),
Машезов Алексей Анурбиевич (BY),
Кипаш Евгений Васильевич (BY),
Сухачев Виктор Иванович (BY)

(73) Патентообладатель(и):

Открытое акционерное общество
"Газпром трансгаз Беларусь" (RU)

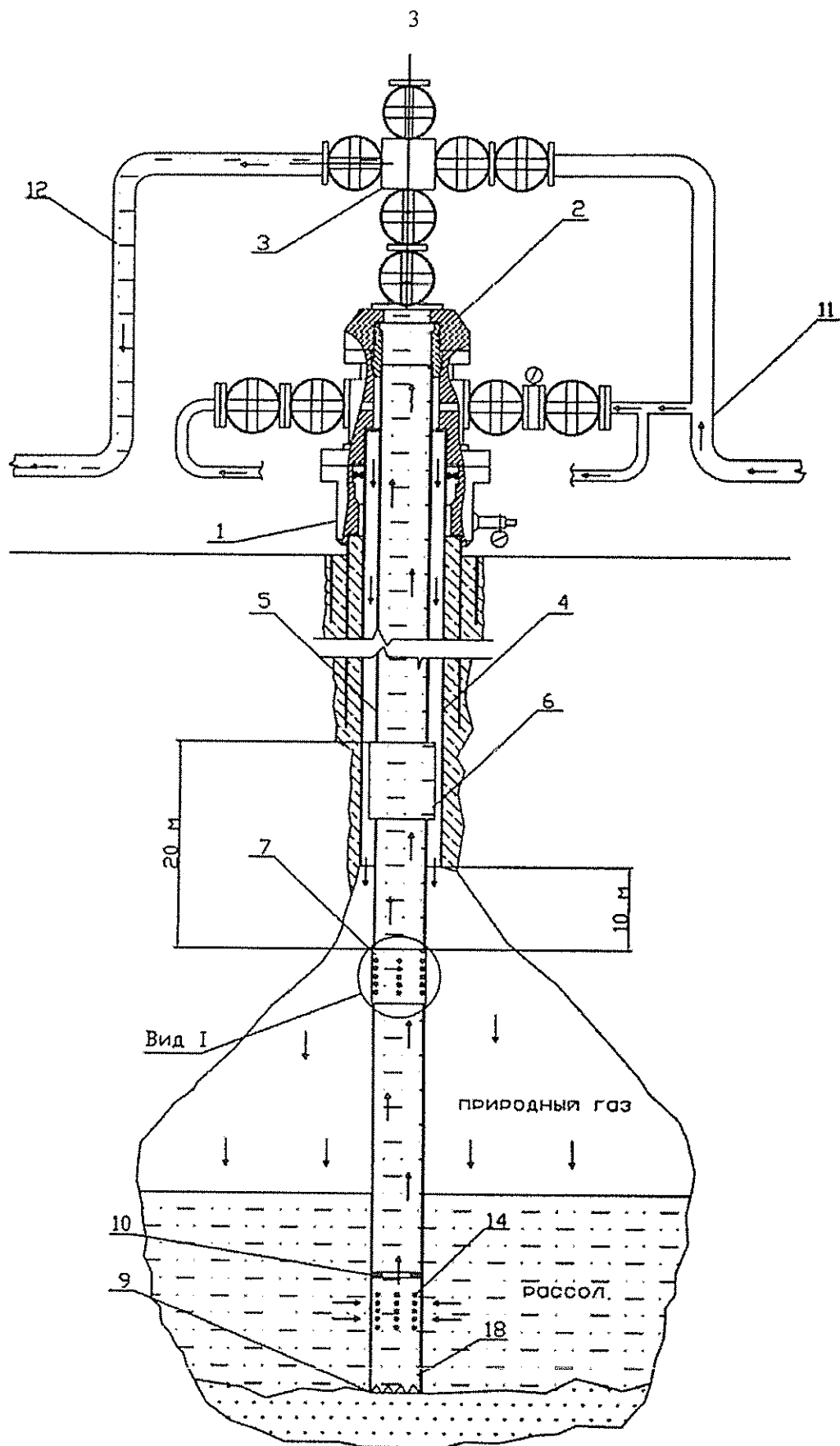
(54) **СПОСОБ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ГАЗА В
ОТЛОЖЕНИЯХ КАМЕННОЙ СОЛИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится газовой, нефтяной, нефтеперерабатывающей промышленности и может быть использовано для хранения природных и промышленных газов в растворимых породах, например отложениях каменной соли. Задачей способа является повышение надежности создания и эксплуатации подземных хранилищ газа с достижением максимально возможного уровня промышленной безопасности. Согласно способу, перед установкой лифтовой

колонны в ее нижней трубе в нижней части выполняют отверстия и размещают в ее внутритрубном пространстве над ними улавливатель, а нижний торец нижней трубы оснащают зубцами. Между трубами лифтовой колонны встраивают патрубок с отверстиями и устанавливают в нем втулку с посадочным седлом, при этом внутреннюю поверхность патрубка и наружную поверхность втулки выполняют конусными и ответными друг другу с конусностью, направленной вверх. При установке лифтовой колонны осуществляют разгрузку ее веса на дно резервуара и закрепляют в нем зубцы, устанавливают фонтанную елку и обвязывают устье шлейфами, причем вытесняют рассол из резервуара через отверстия в лифтовой колонне, а для создания избыточного давления в лифтовую колонну подают рассол, перекрывают ее путем вбрасывания с устья посадочной пробки, которая садится в седло втулки. После раскрытия пакера продолжают подавать рассол в лифтовую колонну и повышать избыточное давление до срезания штифтов в патрубке и падения втулки в уловитель и открывают отверстия в патрубке, через которые рассол стекает на дно резервуара, лифтовая колонна заполняется газом через отверстия в патрубке. Изобретение обеспечивает повышение надежности и безопасности создания и эксплуатации подземного хранилища газа.

10 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится газовой, нефтяной, нефтеперерабатывающей промышленности и может быть использовано для хранения природных и промышленных газов в растворимых породах, например отложениях каменной соли.

Известен способ создания и эксплуатации подземного резервуара [1], при котором после завершения процесса выщелачивания из скважины извлекаются размывные колонны, устье скважины оборудуется фонтанной арматурой тройникового или крестового типа, в придонную часть резервуара спускается центральная лифтовая колонна и подвешивается на трубной головке фонтанной арматуры. Далее в межтрубное пространство между лифтовой и обсадной колоннами осуществляется закачка природного газа, а рассол из резервуара вытесняется на поверхность через внутритрубное пространство лифтовой колонны. После полного вытеснения всего объема рассола из резервуара внутритрубное пространство лифтовой колонны герметизируется запорной арматурой на устье скважины, и дальнейшая циклическая эксплуатация подземного резервуара (закачка и отбор природного газа) осуществляется по межтрубному пространству между лифтовой и обсадной колоннами. Лифтовая колонна используется по мере необходимости для заполнения подземного резервуара рассолом с целью проведения ремонтно-восстановительных работ и для прохождения геофизических приборов.

Недостатками данного способа являются:

- непосредственное воздействие на обсадную колонну знакопеременных перепадов величин давления и температуры в процессе газовой эксплуатации, что чревато преждевременными нарушениями целостности цементного камня за обсадной колонной, дальнейшим возникновением и прогрессированием межколонных газопроявлений и грифонов на устье скважины;

- свободно подвешенная в трубной головке фонтанной арматуры лифтовая колонна никаким образом не закреплена в интервалах обсадной колонны и донной части подземного резервуара; вибрации, возникающие в процессе циклической закачки и отбора газа непосредственным образом будут особенно интенсивно воздействовать на нижнюю секцию колонны, в перспективе приводя к деформации или обрыву части труб.

Наиболее близким к изобретению является способ создания и эксплуатации подземного резервуара [2], при котором по окончании процесса бурения скважины и размыва резервуара производится полный подъем размывных колонн и демонтаж размывочного оголовка. В скважину на заданную отметку в непосредственной близости от дна резервуара спускается лифтовая колонна труб с забойным оборудованием (ниппелем клапана-отсекателя, пакером и циркуляционным клапаном). При этом пакер находится в открытом положении, а циркуляционный клапан в закрытом. На устье скважины монтируется фонтанная арматура для газовой эксплуатации, лифтовая колонна подвешивается в трубной головке фонтанной арматуры. Далее по подводящему шлейфу от компрессорной станции начинается закачка природного газа в затрубное пространство между обсадной и лифтовой колонной. Избыточным давлением газа рассол, находящийся в подземном резервуаре, вытесняется на поверхность через внутритрубное пространство лифтовой колонны. Рассол вытесняется до отметки, расположенной на 1 м выше башмака лифтовой колонны, после чего подача газа в затрубное пространство прекращается. В ниппель, расположенный в непосредственной близости от башмака лифтовой колонны, спускается и устанавливается обратный клапан, необходимый для создания избыточного давления внутри лифтовой колонны для раскрытия пакера, далее пакер раскрывается, изолируя затрубное пространство от башмака обсадной колонны до устья скважины. В образовавшееся замкнутое затрубное пространство с устья скважины закачивается раствор буферной жидкости с ингибитором коррозии. Далее через герметизирующее устройство (лубрикатор), установленный на фонтанную

арматуру, производится открытие циркуляционного клапана. После открытия циркуляционного клапана внутритрубное пространство лифтовой колонны заполняется (осваивается) природным газом, остатки рассола из лифтовой колонны стекают и собираются на дне резервуара в виде неизвлекаемого остатка. Дальнейшая циклическая эксплуатация резервуара в качестве подземного хранилища газа (отбор и закачка) производится через лифтовую колонну и отверстия циркуляционного клапана.

Недостатками известного способа являются:

необходимость использования лубрикаторной установки и, соответственно, канатной техники для открытия циркуляционного клапана, исходя из практики эксплуатации, внутренняя полость циркуляционного клапана получает значительные коррозионные повреждения во время вытеснения рассола (до 6 месяцев) вследствие образований на его корпусе и подвижных элементах отложений из наростов соли и механических включений; что препятствует открытию циркуляционного клапана с применением канатной техники;

- лифтовая колонна установлена таким образом, что вибрации, возникающие в процессе циклической закачки и отбора газа, воздействуют на нижнюю секцию колонны и приводят к деформации или обрыву части труб.

Вследствие указанных недостатков известные технические решения имеют недостаточную надежность при создании и эксплуатации подземных хранилищ газа.

Задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является повышение надежности создания и эксплуатации подземных хранилищ газа с достижением максимально возможного уровня промышленной безопасности, а также устранение вышеуказанных недостатков.

В результате решения указанной задачи достигаются следующие преимущества заявляемого способа:

возможность использования в качестве элементов подземного оборудования типовых изделий, достаточно освоенных современными производителями, специализирующимися на разработке и выпуске устройств для нефтегазового комплекса;

отсутствие необходимости спуска в скважину канатной техники с установкой герметизирующих устройств на устье скважины, что обеспечивает максимально высокий уровень промышленной безопасности и минимизацию рисков отказа элементов оборудования;

обеспечение надежной изоляции и герметизации затрубного пространства от полости подземного резервуара и соответственно создание защиты обсадной эксплуатационной колонны и цементного кольца за ней от разрушения вследствие знакопеременного воздействия избыточного давления и температурных перепадов.

обеспечение надежного якорения лифтовой газовой колонны в донной части резервуара, что исключает возникновение вибрационных колебаний незакрепленного окончания колонны, возможную деформацию или обрыв части труб в ходе газовой эксплуатации

Поставленная задача решается, а технический результат достигается в способе создания и эксплуатации подземного хранилища газа в отложениях каменной соли, при котором бурят скважину в отложениях каменной соли, конструкция которой включает зацементированные кондуктор, промежуточную (одну или несколько) и обсадную колонну, спускают в нее размывные колонны, осуществляют выщелачивание соли из скважины, образуя резервуар, извлекают размывные колонны, в обсадной колонне устанавливают лифтовую колонну с пакером, закачивают газ в межтрубье обсадной и лифтовой колонн и вытесняют рассол по лифтовой колонне, заполняют резервуар газом, прекращают подачу газа, создают избыточное давление, при котором раскрывается пакер, и изолируют межтрубное

пространство, остатки рассола стекают на дно резервуара, лифтовую колонну заполняют газом, в котором согласно изобретению, перед установкой лифтовой колонны в ее нижней трубе в нижней части выполняют отверстия и размещают в ее внутритрубном пространстве над ними улавливатель, а нижний торец нижней трубы оснащают зубцами, между трубами лифтовой колонны встраивают патрубок с отверстиями и устанавливают в нем втулку с посадочным седлом, при этом внутреннюю поверхность патрубка и наружную поверхность втулки выполняют конусными и ответными друг другу с конусностью, направленной вверх, а при установке лифтовой колонны осуществляют разгрузку ее веса на дно резервуара и закрепляют в нем зубцы, устанавливают фонтанную елку и обвязывают устье шлейфами, причем вытесняют рассол из резервуара через отверстия в лифтовой колонне, а для создания избыточного давления в лифтовую колонну подают рассол, перекрывают ее путем вбрасывания с устья посадочной пробки, которая садится в седло втулки, и после раскрытия пакера продолжают подавать рассол в лифтовую колонну и повышать избыточное давление до срезания штифтов в патрубке и падения втулки в уловитель, и открывают отверстия в патрубке, через которые рассол стекает на дно резервуара, лифтовую колонну заполняют газом через отверстия в патрубке, причем втулку в патрубке фиксируют штифтами, диаметр $d_{\text{штифт}}$ и количество n которых определяют по выражению:

$$d_{\text{штифт}} = \sqrt{P_{\text{срез}} \cdot d_{\text{патр}}^2 / n \cdot k \cdot \tau_{\text{срез}}} \quad (1), \text{ где}$$

$P_{\text{пак}}$, МПа, - перепад давлений между внутритрубным пространством лифтовой колонны и подземным резервуаром, необходимый для срабатывания гидравлического пакера, $P_{\text{срез}}$, МПа - перепад давлений между внутритрубным пространством лифтовой колонны и межтрубным пространством, необходимый для среза штифтов,

которое выбирают из условия $P_{\text{срез}} \geq P_{\text{пак}} + 3$ (2),

k - эмпирический коэффициент, зависящий от длительности пребывания втулки в рассольной среде и иных геолого-технических условий,

$\tau_{\text{срез}}$, МПа, - напряжение среза материала штифтов,

n - количество штифтов,

$d_{\text{патр}}$, мм, - внутренний диаметр патрубка.

Отверстия в нижней трубе лифтовой колонны выполняют суммарной площадью, соответствующей или превышающей площадь внутреннего сечения труб лифтовой колонны с соблюдением условия:

$$m \cdot S_{\text{отв}} \geq S_{\text{кол}} \quad (3), \text{ где}$$

m - количество отверстий,

$S_{\text{отв}}$ - площадь поперечного сечения одного отверстия,

$S_{\text{кол}}$ - площадь внутреннего сечения труб лифтовой колонны.

Отверстия в нижней трубе лифтовой колонны выполняют на расстоянии выше 3-3,5 м зубцов. При расположении указанных отверстий на расстоянии менее 3 м от зубцов во время циркуляции рассола будет происходить нежелательный подхват потоком жидкости механических включений со дна резервуара, что потенциально приведет к зашламовыванию внутренней полости лифтовой колонны. При расположении отверстий выше отметки 3,5 м от зубцов будет нерационально использован геометрический объем резервуара для целей хранения природного газа.

Отверстия в патрубке выполняют суммарной площадью, соответствующей или превышающей площадь внутреннего сечения труб лифтовой колонны с соблюдением условия (3).

Нижнюю поверхность посадочной пробки выполняют сферической.

Лифтовую колонну при установке разгружают на 10-20 кН.

При установке лифтовой колонны отверстия в патрубке располагают на уровне купольной части резервуара на расстоянии не более 40 м от отметки низа обсадной колонны, а гидравлический пакер размещают на расстоянии, не более чем на 80 м выше упомянутых отверстий. Взаимное расположение патрубка относительно пакера обуславливается компромиссом между необходимостью расположения отверстий в патрубке непосредственно в открытом объеме резервуара для минимизации воздействия турбулентных потоков газа на цементное кольцо нижней трубы обсадной колонны, и избеганием эффекта «пружины», который возникает вследствие упругой деформации части лифтовой колонны между сработавшим пакером и патрубком в момент срыва штифтов и резкого падения давления в лифтовой колонне.

Посадочную пробку вбрасывают с применением задвижек фонтанной елки.

В частном случае исполнения улавливатель выполняют в виде кольца, наружный диаметр которого соответствует внутреннему диаметру трубы лифтовой колонны.

В другом случае исполнения улавливатель выполняют в виде крупноячеистой решетки.

Межтрубное пространство заполняют протекторной жидкостью после раскрытия пакера перед эксплуатацией резервуара.

Изобретение поясняется фигурами.

На фиг. 1 изображена схема осуществления способа создания и эксплуатации подземного хранилища газа в отложениях каменной соли после установки лифтовой колонны;

На фиг. 2 - нижняя труба лифтовой колонны;

На фиг. 3 - вид I на фиг. 1;

На фиг. 4 - схема осуществления способа создания и эксплуатации подземного хранилища газа в отложениях каменной соли после срабатывания пакера и падения втулки.

На фигурах используются следующие обозначения:

- 1 - колонная головка;
- 2 - фонтанная арматура;
- 3 - фонтанная елка;
- 4 - обсадная колонна;
- 5 - лифтовая колонна;
- 6 - пакер;
- 7 - патрубок;
- 8 - втулка;
- 9 - зубцы;
- 10 - улавливатель;
- 11 - газовый шлейф;
- 12 - рассольный шлейф;
- 13 - посадочная пробка;
- 14 - отверстия;
- 15 - отверстия;
- 16 - штифт;
- 17 - седло;
- 18 - нижняя труба.

Способ осуществляется следующим образом.

Бурят скважину в отложениях каменной соли, устанавливают обсадную колонну, цементируют, спускают в нее размывные колонны, осуществляют выщелачивание соли из скважины, образуя резервуар. После завершения процесса размыва подземного резервуара демонтируют водорассольную обвязку устья скважины вместе с размывочным оголовком и с помощью подъемной буровой установки производят полный подъем размывных колонн из скважины.

Исходное состояние скважины следующее: ствол скважины на всем протяжении от устья до входа в подземный резервуар закреплен зацементированной обсадной колонной 4, которая на устье обвязана колонной головкой 1. Подземный резервуар полностью заполнен рассолом, образовавшимся за период создания резервуара.

Далее устанавливают на колонную головку 1 фонтанную арматуру 2 для газовой эксплуатации. В обсадной колонне 4 устанавливают лифтовую колонну 5 с гидравлическим пакером 6 (фиг. 1).

Для чего над устьем скважины начинают сборку лифтовой колонны 5 с одновременным спуском ее в скважину посредством подъемной буровой установки. Лифтовую колонну 5 собирают из отдельных труб длиной по 8-12 м, торцы которых последовательно соединяют между собой жестким герметичным соединением.

В нижней части нижней трубы 18 (фиг. 2) лифтовой колонны 5 выполняют сквозные отверстия 14 для циркуляции рассола и размещают в ее внутритрубном пространстве над ними улавливатель 10, а в нижнем торце нижней трубы 18 лифтовой колонны 5 вырезают зубцы 9, выполняющие функцию якоря.

Отверстия 14 высверливают в лифтовой колонне 5 в несколько рядов на расстоянии 3-3,5 м выше зубцов 9, при этом отверстия 14 выполняют суммарной площадью, соответствующей или превышающей площадь внутреннего сечения нижней трубы 18 лифтовой колонны 5 с соблюдением условия (3).

Так, при лифтовой колонне 5, состоящей из труб ОТТГ-168-8,9 ГОСТ 632 с внутренним диаметром: $d_{\text{кол}}=150$ мм, $S_{\text{кол}}=3,14 \cdot 150^2/4=17663$ мм².

Соблюдая (3), примем: $m \cdot S_{\text{отв}}=18000$ мм².

Отсюда выразим значение диаметра одного отверстия 14: $d_{\text{отв}} = \frac{151,4}{\sqrt{m}}$

Далее принимая количество отверстий 14: $m=20$, соответственно, их диаметр $d_{\text{отв}}=34$ мм.

Во внутренней части нижней трубы 18 лифтовой колонны 5 над отверстиями 14 жестким соединением закрепляют улавливатель 10.

Улавливатель 10 выполняют в виде металлического кольца, наружный диаметр которого равен внутреннему диаметру нижней трубы 18 лифтовой колонны 5, например 150 мм. Улавливатель 10 также может быть выполнен в виде крупноячеистой решетки, не препятствующей циркуляции жидкости внутри нижней трубы.

Между трубами лифтовой колонны 5, например через 10 труб от нижней трубы 18, встраивают патрубок 7. Предварительно в патрубке 7 в несколько рядов выполняют сквозные отверстия 15. Отверстия 15 выполняют суммарной площадью, соответствующей или превышающей площадь внутреннего сечения труб лифтовой колонны 5 с соблюдением условия (3). В настоящем примере выполнения количество отверстий 15: $m=20$, соответственно, их диаметр $d_{\text{отв}}=34$ мм.

Затем в патрубке 7 устанавливают втулку 8 (фиг. 3). При этом внутреннюю поверхность патрубка 7 и наружную поверхность втулки 8 выполняют конусными и ответными друг другу с конусностью, направленной вверх, и при установке втулки 8 ее запрессовывают в патрубок 7 снизу вверх. В нижней части втулки 8 выполняют седло 17 для последующего размещения в нем посадочной пробки 13 с нижней сферической поверхностью.

Окончательную жесткую фиксацию втулки 8 внутри патрубка 7 выполняют с помощью нескольких стопорящих штифтов 16, которые устанавливают в отверстия в патрубке 7 и ответные им отверстия втулки 8, соосно совпадающие после запрессовки втулки 8 в патрубок 7.

Диаметр штифтов 16 определяют по выражению (1), применяя условие (2), с учетом технических характеристик гидравлического пакера 6 $P_{\text{пак}}=12$ МПа; $d_{\text{патр}}=150$ мм.

Эмпирический коэффициент, зависящий от длительности пребывания втулки 8 в рассольной среде и иных геолого-технических условий и определенный экспериментальным путем, принимают $k=1,05$.

В соответствии с (2) $P_{срез} \geq 15$ МПа, принимают $P_{срез} = 16$ МПа.

Подставив в (1) исходные данные, получают:

$$d_{штифт} = \frac{37,8}{\sqrt{n}}.$$

Далее из полученного соотношения при $n=10$: $d_{штифт} = 12$ мм.

После сборки патрубка 7 соединяют его нижний торец жестким герметичным соединением с верхним торцом трубы секции лифтовой колонны 5, уже спущенной в скважину. Верхний торец патрубка 7 соединяют с нижним торцом очередной трубы лифтовой колонны 5 и продолжают спуск вышеописанным способом.

Через несколько (2-8) труб, например 2, выше патрубка 7 в состав лифтовой колонны 5 включаем гидравлический пакер 6, наружный диаметр которого в транспортном положении должен удовлетворять следующему условию:

$$d_{п \text{ нар трансп}} < (d_{внутр \text{ обс}} - 11), \text{ где}$$

$d_{п \text{ нар трансп}}$, мм, - наружный диаметр пакера 6 в транспортном положении,

$d_{внутр \text{ обс}}$, мм, - внутренний диаметр обсадной колонны 4.

Так, при обсадной колонне 4, состоящей из труб ОТТГ-245·8,9 ГОСТ 632, наружный диаметр пакера 6 в транспортном положении принимают 216 мм.

Нижний и верхний торцы пакера 6 стыкуют с торцами труб лифтовой колонны 5 жесткими герметичными соединениями и продолжают спуск лифтовой колонны 5 в скважину, при этом отверстия 15 в патрубке 7 располагают на уровне купольной части резервуара на расстоянии не более 40 м от отметки низа обсадной колонны, а пакер 6 размещают на расстоянии, не более чем на 80 м выше упомянутых отверстий 15.

После достижения общей длины лифтовой колонны 5 величины, равной глубине отметки дна подземного резервуара, осуществляют разгрузку веса лифтовой колонны 5 на дно резервуара на величину от 10 до 20 кН. Величину разгрузки контролируют с помощью индикатора веса, установленного на подъемной буровой установке. При разгрузке веса колонны зубцы 9 нижней трубы 18 внедряются в осадочные породы дна резервуара, обеспечивая надежное якорение нижней секции колонны, находящейся в интервале подземного резервуара.

Верхнюю трубу лифтовой колонны 5 жестко закрепляют в корпусе фонтанной арматуры. На фонтанную арматуру устанавливают фонтанную елку 3 и обвязывают устье скважины газовыми 11 и рассольным 12 шлейфами. Схему обвязки устья газовыми шлейфами 11 устраивают с учетом возможности направления реверсного потока газа как через внутреннее пространство лифтовой колонны 5, так и через затрубное пространство между наружной стенкой лифтовой колонны 5 и внутренней стенкой обсадной колонны 4.

Далее через газовый шлейф 11 наземными компрессорными установками закачивают природный газ в межтрубное пространство обсадной 4 и лифтовой колонн 5, и вытесняют рассол из резервуара потоком газа, который через отверстия 14 поступает во внутритрубное пространство лифтовой колонны 5, поднимается на устье скважины и через рассольный шлейф удаляется в рассолохранилище (фиг. 1). После заполнения резервуара газом и оттеснения границы «газ-рассол» до уровня отверстий 14 во внутритрубное пространство лифтовой колонны 5 начнется поступление газа. При появлении первых признаков газирования вытесняемого рассола, выходящего на устье скважины, прекращают закачку газа в межтрубное пространство. В лифтовой колонне 5 создают избыточное давление, для чего к фонтанной елке 3 подключают насосный агрегат и обратным потоком рассола производят заполнение (глушение) внутритрубного пространства лифтовой колонны 5 до прекращения признаков насыщения газом столба жидкости, перекрывают

лифтовую колонну 5, вбрасывая с устья во внутритрубное пространство лифтовой колонны 5 посадочную пробку 13, используя задвижки фонтанной елки в качестве «шлюзовой камеры». Посадочная пробка 13 под действием силы тяжести в рассольной среде плавно опускается по внутритрубному пространству лифтовой колонны 5 и садится в седло 17 втулки 8, наглухо перекрывая внутритрубное пространство лифтовой колонны 5. Учитывая типовую глубину скважины подземного резервуара ~ 1000 м, время достижения посадочной пробкой 13 седла 17 составляет около 30 минут. Далее начинают создавать избыточное давление во внутритрубном пространстве лифтовой колонны 5 путем закачки в нее рассола. При достижении уровня перепада давлений между внутритрубным пространством лифтовой колонны 5 и подземным резервуаром, необходимого для срабатывания гидравлического пакера, $P_{\text{пак}}=12$ МПа, срабатывает и раскрывается пакер 6, изолируя межтрубное пространство между обсадной 4 и лифтовой 5 колоннами от полости подземного резервуара.

Продолжают подавать рассол и повышать избыточное давление во внутритрубном пространстве лифтовой колонны 5. При достижении уровня перепада давлений между внутритрубным пространством лифтовой колонны 5 и межтрубным пространством, необходимого для среза штифтов, значения $P_{\text{срез}}=16$ МПа, штифты 16, соединяющие втулку 8 с патрубком 7, срезаются, втулка 8 вместе с посадочной пробкой 13 вылетает из патрубка 7 и падает на улавливатель 10, открывая отверстия 15 патрубка 7, через которые образуется сообщение между внутритрубным пространством лифтовой колонны 5 и подземным резервуаром, в результате чего рассол из внутритрубного пространства стекает на дно резервуара, а лифтовая колонна 5 заполняется природным газом (фиг. 4). В изолированное межтрубное кольцевое пространство между обсадной 4 и лифтовой 5 колоннами над пакером 6 с устья закачивают протекторную жидкость. Дальнейшую эксплуатацию подземного резервуара в качестве объекта хранения природного газа (закачка и отбор) производят по лифтовой колонне 5, отверстиям 15 и газовым шлейфам.

В процессе эксплуатации подземного хранилища газа при необходимости проведения ремонтно-восстановительных работ в резервуаре необходимо произвести полный отбор природного газа с замещением его рассолом. Для этого сначала производят частичный отбор природного газа до достижения минимально допустимой величины избыточного давления в резервуаре, определяемой характеристиками механической устойчивости к деформациям стенок резервуара. Далее через рассольный шлейф начинают закачку рассола в лифтовую колонну 5 и далее в резервуар через отверстия 15. По мере заполнения резервуара рассолом избыточное давление в резервуаре будет повышаться за счет сжатия находящегося в закрытом объеме природного газа. По достижении избыточного давления в резервуаре максимально допустимой величины останавливают закачку рассола, дожидаясь заполнения (освоения) внутритрубного пространства лифтовой колонны 5 природным газом, и далее через газовый шлейф отбирают из резервуара очередной объем природного газа до минимально допустимого давления. Таким образом чередуют циклы закачки рассола и отбора газа до повышения и установления границы «рассол-газ» на уровне выше верхнего ряда отверстий 15.

Далее производят операцию по снятию (распакеровке) пакера 6 в соответствии с руководством по его эксплуатации. После распаковки образуется сообщение между полостью подземного резервуара и затрубным пространством между лифтовой 5 и обсадной 4 колоннами. Остаточный объем природного газа, защемленный в интервале между патрубком 7 и пакером 6, полностью отбирают из резервуара по затрубному пространству в газовый шлейф с одновременным доливом рассола через рассольный шлейф в лифтовую колонну 5. В итоге подземный резервуар полностью

освобожден от природного газа, заполнен рассолом и готов к проведению ремонтно-восстановительных работ.

1. Горифьянов В.И., Игошин А.И. и др. Разработка и применение технологических схем эксплуатации подземных хранилищ газа. НТО. сер. Транспорт и подземное хранение газа, вып.11, 1988, с. 14.

2. Мазуров В.А. Подземные газохранилища в отложениях каменной соли. М.: Недра, 1982, с. 191-192.

Формула изобретения

1. Способ создания и эксплуатации подземного хранилища газа в отложениях каменной соли, при котором бурят скважину в отложениях каменной соли, устанавливают и цементируют обсадную колонну, спускают в нее размывные колонны, осуществляют выщелачивание соли из скважины, образуя резервуар, извлекают размывные колонны, в обсадной колонне устанавливают лифтовую колонну с пакером, закачивают газ в межтрубное пространство обсадной и лифтовой колонн и вытесняют рассол по лифтовой колонне, заполняют резервуар газом, прекращают подачу газа, создают избыточное давление, при котором раскрывается пакер, и изолируют межтрубное пространство, остатки рассола стекают на дно резервуара, лифтовая колонна заполняется газом, отличающийся тем, что перед установкой лифтовой колонны в ее нижней трубе в нижней части выполняют отверстия и размещают в ее внутритрубном пространстве над ними улавливатель, а нижний торец нижней трубы оснащают зубцами, между трубами лифтовой колонны встраивают патрубок с отверстиями и устанавливают в нем втулку с посадочным седлом, при этом внутреннюю поверхность патрубка и наружную поверхность втулки выполняют конусными и ответными друг другу с конусностью, направленной вверх, а при установке лифтовой колонны осуществляют разгрузку ее веса на дно резервуара и закрепляют в нем зубцы, устанавливают фонтанную елку и обвязывают устье шлейфами, причем вытесняют рассол из резервуара через отверстия в лифтовой колонне, а для создания избыточного давления в лифтовую колонну подают рассол, перекрывают ее путем вбрасывания с устья посадочной пробки, которая садится в седло втулки, и после раскрытия пакера продолжают подавать рассол в лифтовую колонну и повышают избыточное давление до срезания штифтов в патрубке и падения втулки в уловитель и открывают отверстия в патрубке, через которые рассол стекает на дно резервуара, лифтовую колонну заполняют газом через отверстия в патрубке, причем втулку в патрубке фиксируют штифтами, диаметр штифт которых определяют по выражению:

$$d_{\text{штифт}} = \sqrt{P_{\text{срез}} \cdot d_{\text{патр}}^2 / n \cdot k \cdot \tau_{\text{срез}}}$$

где

$P_{\text{пак}}$, МПа, - перепад давлений между внутритрубным пространством лифтовой колонны и подземным резервуаром, необходимый для срабатывания гидравлического пакера,

$P_{\text{срез}}$, МПа - перепад давлений между внутритрубным пространством лифтовой колонны и межтрубным пространством, необходимый для среза штифтов, которое выбирают из условия: $P_{\text{срез}} \geq P_{\text{пак}} + 3$,

k - эмпирический коэффициент, зависящий от длительности пребывания втулки в рассольной среде и иных геолого-технических условий,

$\tau_{\text{срез}}$, МПа, - напряжение среза материала штифтов,

n - количество штифтов,

$d_{\text{патр}}$, мм, - внутренний диаметр патрубка.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что отверстия в нижней трубе лифтовой колонны выполняют суммарной площадью, соответствующей или превышающей

площадь внутреннего сечения нижней трубы лифтовой колонны с соблюдением условия: $m \cdot S_{\text{отв}} \geq S_{\text{кол}}$, где

m - количество отверстий,

$S_{\text{отв}}$ - площадь поперечного сечения одного отверстия,

$S_{\text{кол}}$ - площадь внутреннего сечения труб лифтовой колонны.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что отверстия в нижней трубе лифтовой колонны выполняют на расстоянии выше 3-3,5 м зубцов.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что отверстия в патрубке выполняют суммарной площадью, соответствующей или превышающей площадь внутреннего сечения труб лифтовой колонны с соблюдением условия: $m \cdot S_{\text{отв}} \geq S_{\text{кол}}$, где

m - количество отверстий,

$S_{\text{отв}}$ - площадь поперечного сечения одного отверстия,

$S_{\text{кол}}$ - площадь внутреннего сечения труб лифтовой колонны

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что нижнюю поверхность посадочной пробки выполняют сферической.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что лифтовую колонну при установке разгружают на 10-20 кН.

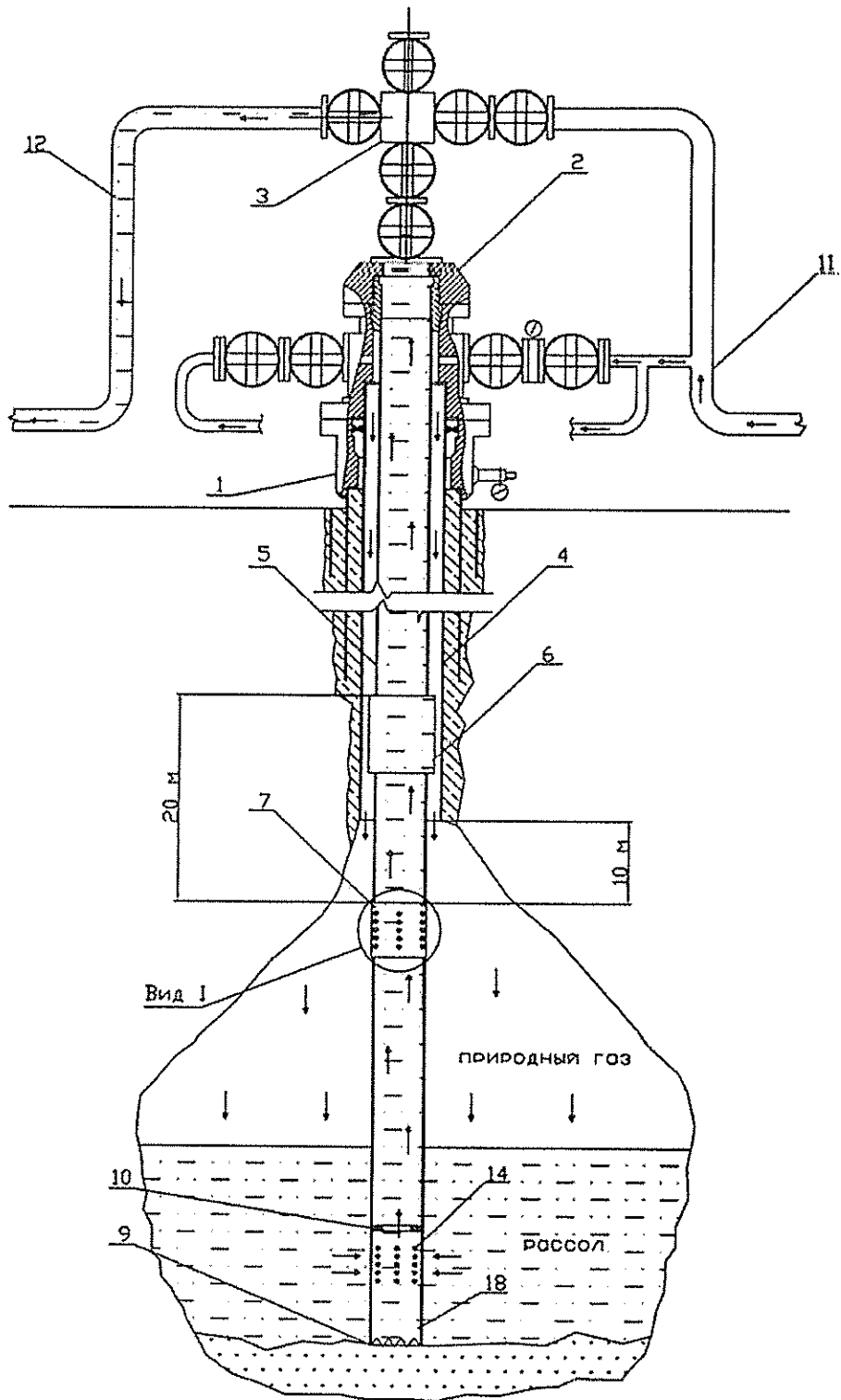
7. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при установке лифтовой колонны отверстия в патрубке располагают на уровне купольной части резервуара на расстоянии не более 40 м от отметки низа обсадной колонны, а пакер размещают на расстоянии, не более чем на 80 м выше упомянутых отверстий.

8. Способ по п. 1, отличающийся тем, что посадочную пробку вбрасывают с применением задвижек фонтанной елки.

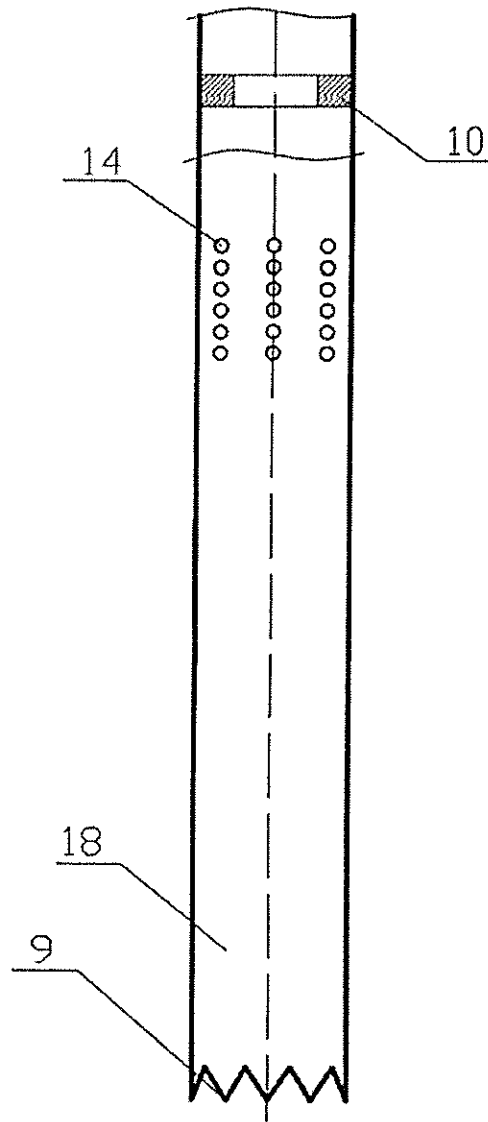
9. Способ по п. 1, отличающийся тем, что улавливатель выполняют в виде кольца, наружный диаметр которого соответствует внутреннему диаметру трубы лифтовой колонны.

10. Способ по п. 1, отличающийся тем, что улавливатель выполняют в виде крупноячеистой решетки.

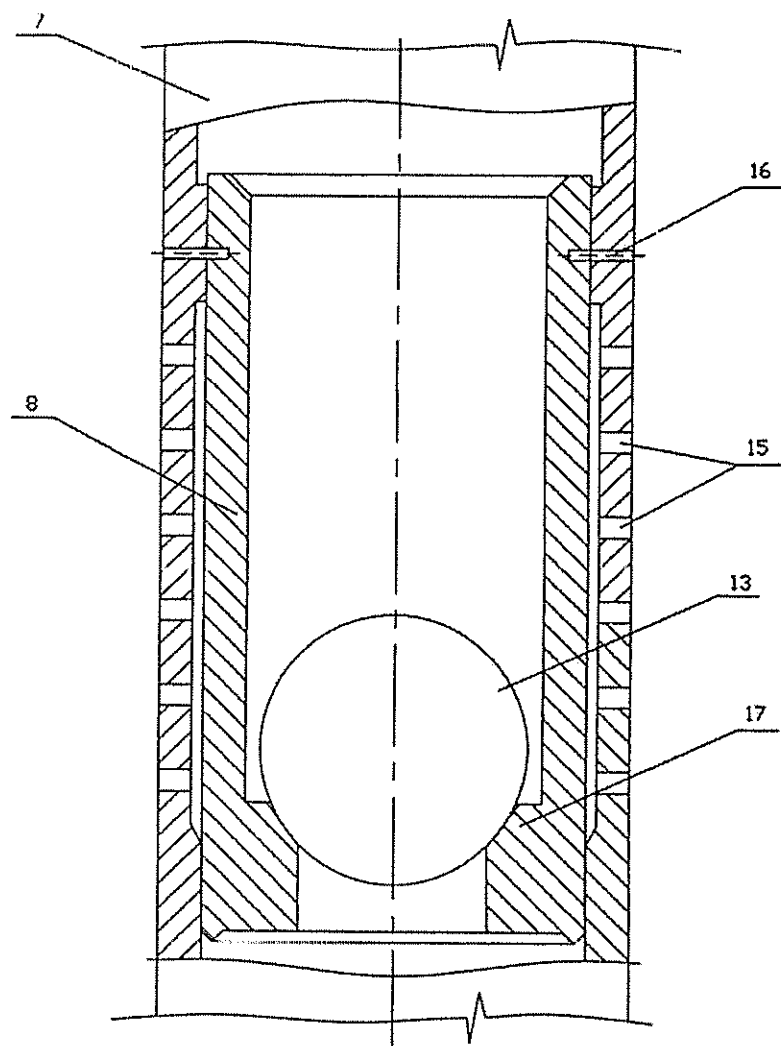
11. Способ по п. 1, отличающийся тем, что после раскрытия пакера перед эксплуатацией резервуара межтрубное пространство заполняют протекторной жидкостью.



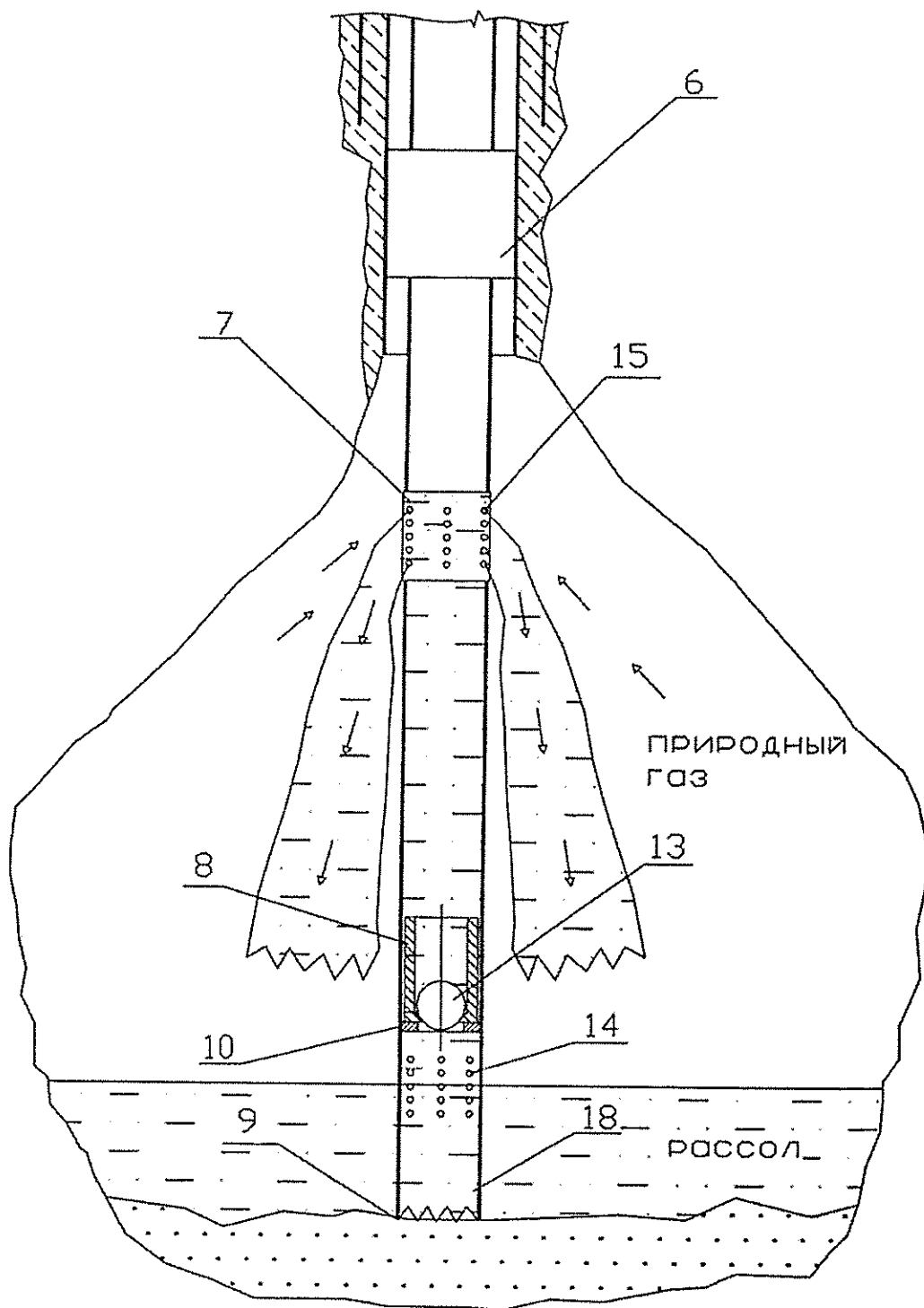
Фиг. 1



Фиг. 2

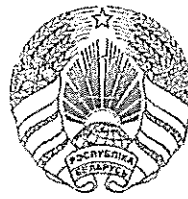


Фиг. 3



Фиг. 4

РЭСПУБЛІКА БЕЛАРУСЬ



ПАТЭНТ

НА ВЫНАХОДСТВА

№ 23176

**Способ создания подземного хранилища природного газа
в отложении каменной соли**

выдадзены

Нацыянальным цэнтрам інтэлектуальнай уласнасці
ў адпаведнасці з Законам Рэспублікі Беларусь
«Аб патэнтах на вынаходствы, карысныя мадэлі, прамысловыя ўзоры»

Патэнтаўладальнік (патэнтаўладальнікі):

Открытое акционерное общество "Газпром трансгаз Беларусь"
(BY)

Аўтар (аўтары):

Аусев Владимир Георгиевич (RU); Красновский Сергей
Викторович (BY); Машезов Алексей Анурбиевич (BY); Кинаш
Евгений Васильевич (BY); Сухачев Виктор Иванович (BY)

Заяўка № а 20180545

Дата падачы: 29.12.2018

Зарэгістравана ў Дзяржаўным рэестры
вынаходстваў:

01.09.2020

Дата пачатку дзеяння:

29.12.2018

Генеральны дырэктар

У.А.Рабаволаў

ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 23176

(13) C1

(46) 2020.10.30

(51) МПК

B 65G 5/00

(2006.01)

(54) СПОСОБ СОЗДАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ПРИРОДНОГО
ГАЗА В ОТЛОЖЕНИИ КАМЕННОЙ СОЛИ

(21) Номер заявки: а 20180545

(22) 2018.12.29

(43) 2020.08.30

(71) Заявитель: Открытое акционерное общество "Газпром трансгаз Беларусь" (ВУ)

(72) Авторы: Аусев Владимир Георгиевич (RU); Красновский Сергей Викторович (ВУ); Машезов Алексей Анурбиевич (ВУ); Кинаш Евгений Васильевич (ВУ); Сухачев Виктор Иванович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Открытое акционерное общество "Газпром трансгаз Беларусь" (ВУ)

(56) МАЗУРОВ В.А. Подземные газохранилища в отложениях каменной соли. - М.: Недра, 1982. - С. 191-192.

RU 2309880 C2, 2007.

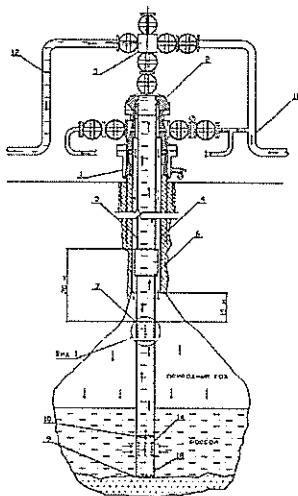
RU 2055006 C1, 1996.

UA 46796 C2, 2002.

GB 1358053 A, 1974.

(57)

1. Способ создания подземного хранилища природного газа в отложении каменной соли, при котором бурят скважину, устанавливают и цементируют обсадную колонну, осуществляют выщелачивание соли посредством размывных колонн, формируя подземный резервуар, заполненный рассолом, извлекают размывные колонны, собирают лифтовую колонну путем последовательного соединения труб, в нижней части нижней трубы которой выполняют сквозные отверстия для обеспечения возможности циркуляции рассола и закрепляют внутри нижней трубы над упомянутыми сквозными отверстиями улавливатель, а нижний торец нижней трубы оснащают зубцами, затем между трубами лифтовой



Фиг. 1

ВУ 23176 C1 2020.10.30

колонны устанавливают патрубок со сквозными отверстиями, пригодными для прохождения рассола, и с закрепленной внутри него посредством стопорящих штифтов втулкой с седлом, перекрывающей эти отверстия, причем патрубок устанавливают так, чтобы при установленной лифтовой колонне он располагался на уровне купольной части подземного резервуара, а гидравлический пакер устанавливают выше сквозных отверстий патрубка, внутреннюю поверхность которого и наружную поверхность упомянутой втулки выполняют конусными, соответствующими друг другу, с конусностью, направленной вверх, причем диаметр стопорящих штифтов $d_{\text{штифт}}$ определяют из выражения:

$$d_{\text{штифт}} = \sqrt{P_{\text{срез}} \cdot d_{\text{патр}}^2 / n \cdot k \cdot \tau_{\text{срез}}},$$

где $P_{\text{срез}}$ - перепад давлений между внутритрубным пространством лифтовой колонны и межтрубным пространством, достаточный для среза стопорящего штифта, МПа, причем $P_{\text{срез}} \geq P_{\text{пак}} + 3$,

где $P_{\text{пак}}$ - перепад давлений между внутритрубным пространством лифтовой колонны и подземным резервуаром, достаточный для срабатывания гидравлического пакера, МПа;

$d_{\text{патр}}$ - внутренний диаметр патрубка, мм;

n - количество стопорящих штифтов;

$k = 1,05$ - эмпирический коэффициент, зависящий от длительности пребывания втулки в рассольной среде;

$\tau_{\text{срез}}$ - напряжение среза стопорящего штифта, МПа,

затем устанавливают в обсадную колонну лифтовую колонну с разгрузкой ее веса на дно подземного резервуара с внедрением в его донную часть упомянутых зубцов, заякоривая нижнюю часть лифтовой колонны, верхнюю трубу которой закрепляют в корпусе фонтанной арматуры, на которую устанавливают фонтанную елку, и обвязывают устье скважины газовыми и рассольными шлейфами, подают природный газ под давлением в межтрубное пространство между обсадной и лифтовой колоннами с одновременным вытеснением рассола из подземного резервуара через внутритрубное пространство лифтовой колонны, затем по заполнению подземного резервуара природным газом прекращают его подачу и создают избыточное давление во внутритрубном пространстве лифтовой колонны путем закачки в него рассола до срабатывания гидравлического пакера, посредством которого изолируют упомянутое межтрубное пространство от полости подземного резервуара, причем вытесняют рассол из подземного резервуара путем направления его потока через упомянутые сквозные отверстия нижней трубы лифтовой колонны в ее внутритрубное пространство; для создания избыточного давления лифтовую колонну наглухо перекрывают путем вбрасывания во внутритрубное пространство посадочной пробки для ее установления в упомянутом седле втулки под действием силы тяжести, а после срабатывания гидравлического пакера продолжают подавать рассол в лифтовую колонну для повышения избыточного давления до момента среза упомянутых стопорящих штифтов, посредством чего обеспечивают падение втулки с посадочной пробкой на упомянутый улавливатель, открывая упомянутые сквозные отверстия патрубка, через которые обеспечивают стекание остатков рассола из внутритрубного пространства лифтовой колонны на дно подземного резервуара и последующее заполнение внутритрубного пространства лифтовой колонны природным газом из подземного резервуара, обеспечивая дальнейшее заполнение газом подземного резервуара или отбор газа из подземного резервуара по лифтовой колонне, отверстиям патрубка и газовым шлейфам.

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что сквозные отверстия в нижней трубе лифтовой колонны выполняют суммарной площадью, равной или превышающей площадь внутреннего сечения трубы лифтовой колонны, с соблюдением условия:

$$m \cdot S_{\text{отв}} \geq S_{\text{кол}},$$

где m - количество отверстий;

$S_{\text{отв}}$ - площадь поперечного сечения одного отверстия;

$S_{\text{кол}}$ - площадь внутреннего сечения трубы лифтовой колонны.

3. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что сквозные отверстия в нижней трубе лифтовой колонны выполняют выше упомянутых зубцов на расстоянии от 3 до 3,5 м.

4. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что сквозные отверстия в патрубке выполняют суммарной площадью, равной или превышающей площадь внутреннего сечения трубы лифтовой колонны, с соблюдением условия:

$$m \cdot S_{\text{отв}} \geq S_{\text{коль}}$$

где m - количество отверстий;

$S_{\text{отв}}$ - площадь поперечного сечения одного отверстия;

$S_{\text{кол}}$ - площадь внутреннего сечения трубы лифтовой колонны.

5. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что нижнюю поверхность упомянутой посадочной пробки выполняют сферической формы.

6. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что вес лифтовой колонны при установке разгружают на 10-20 кН.

7. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что устанавливают лифтовую колонну так, чтобы сквозные отверстия патрубка располагались на уровне купольной части подземного резервуара и на расстоянии не более 40 м от отметки низа обсадной колонны, а гидравлический пакер - на расстоянии не более 80 м выше от упомянутых сквозных отверстий патрубка.

8. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что упомянутую посадочную пробку вбрасывают с применением задвижек фонтанной елки в качестве шлюзовой камеры.

9. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что упомянутый улавливатель в виде кольца выполняют с наружным диаметром, равным внутреннему диаметру трубы лифтовой колонны.

10. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что после срабатывания гидравлического пакера упомянутое межтрубное пространство заполняют протекторной жидкостью.

Изобретение относится к газовой, нефтяной, нефтеперерабатывающей промышленности и может быть использовано для хранения природных и промышленных газов в растворимых породах, например отложениях каменной соли.

Известен способ создания и эксплуатации подземного резервуара [1], при котором после завершения процесса выщелачивания из скважины извлекаются размывные колонны, устье скважины оборудуется фонтанной арматурой тройникового или крестового типа, в придонную часть резервуара спускается центральная лифтовая колонна и подвешивается на трубной головке фонтанной арматуры. Далее в межтрубное пространство между лифтовой и обсадной колоннами осуществляется закачка природного газа, а рассол из резервуара вытесняется на поверхность через внутритрубное пространство лифтовой колонны. После полного вытеснения всего объема рассола из резервуара внутритрубное пространство лифтовой колонны герметизируется запорной арматурой на устье скважины, и дальнейшая циклическая эксплуатация подземного резервуара (закачка и отбор природного газа) осуществляется по межтрубному пространству между лифтовой и обсадной колоннами. Лифтовая колонна используется по мере необходимости для заполнения подземного резервуара рассолом с целью проведения ремонтно-восстановительных работ и для прохождение геофизических приборов.

Недостатками данного способа являются:

непосредственное воздействие на обсадную колонну знакопеременных перепадов величин давления и температуры в процессе газовой эксплуатации, что чревато преждевременными нарушениями целостности цементного камня за обсадной колонной, дальнейшим возникновением и прогрессированием межколонных газопроявлений и грифонов на устье скважины;

свободно подвешенная в трубной головке фонтанной арматуры лифтовая колонна никаким образом не закреплена в интервалах обсадной колонны и донной части подземного резервуара; вибрации, возникающие в процессе циклической закачки и отбора газа непосредственным образом будут особенно интенсивно воздействовать на нижнюю секцию колонны, в перспективе приводя к деформации или обрыву части труб.

Наиболее близким к изобретению является способ создания и эксплуатации подземного резервуара [2], при котором по окончании процесса бурения скважины и размыва резервуара производится полный подъем размывных колонн и демонтаж размывочного оголовка. В скважину на заданную отметку в непосредственной близости от дна резервуара спускается лифтовая колонна труб с забойным оборудованием (ниппелем клапана-отсекателя, пакером и циркуляционным клапаном). При этом пакер находится в открытом положении, а циркуляционный клапан в закрытом. На устье скважины монтируется фонтанная арматура для газовой эксплуатации, лифтовая колонна подвешивается в трубной головке фонтанной арматуры. Далее по подводящему шлейфу от компрессорной станции начинается закачка природного газа в затрубное пространство между обсадной и лифтовой колоннами. Избыточным давлением газа рассол, находящийся в подземном резервуаре, вытесняется на поверхность через внутритрубное пространство лифтовой колонны. Рассол вытесняется до отметки, расположенной на 1 м выше башмака лифтовой колонны, после чего подача газа в затрубное пространство прекращается. В ниппель, расположенный в непосредственной близости от башмака лифтовой колонны, спускается и устанавливается обратный клапан, необходимый для создания избыточного давления внутри лифтовой колонны для раскрытия пакера, далее пакер раскрывается, изолируя затрубное пространство от башмака обсадной колонны до устья скважины. В образовавшееся замкнутое затрубное пространство с устья скважины закачивается раствор буферной жидкости с ингибитором коррозии. Далее через герметизирующее устройство (лубрикатор), установленное на фонтанную арматуру, производится открытие циркуляционного клапана. После открытия циркуляционного клапана внутритрубное пространство лифтовой колонны заполняется (осваивается) природным газом, остатки рассола из лифтовой колонны стекают и собираются на дне резервуара в виде неизвлекаемого остатка. Дальнейшая циклическая эксплуатация резервуара в качестве подземного хранилища газа (отбор и закачка) производится через лифтовую колонну и отверстия циркуляционного клапана.

Недостатками известного способа являются:

необходимость использования лубрикаторной установки и, соответственно, канатной техники для открытия циркуляционного клапана; исходя из практики эксплуатации, внутреннего пространства циркуляционного клапана получает значительные коррозионные повреждения во время вытеснения рассола (до 6 месяцев) вследствие образований на его корпусе и подвижных элементах отложений из наростов соли и механических включений, что препятствует открытию циркуляционного клапана с применением канатной техники;

лифтовая колонна установлена таким образом, что вибрации, возникающие в процессе циклической закачки и отбора газа, воздействуют на нижнюю секцию колонны и приводят к деформации или обрыву части труб.

Вследствие указанных недостатков известные технические решения имеют недостаточную надежность при создании и эксплуатации подземных хранилищ газа.

Задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является повышение надежности создания и эксплуатации подземных хранилищ газа с достижением максимально возможного уровня промышленной безопасности, а также устранение вышеуказанных недостатков.

В результате решения указанной задачи достигаются следующие преимущества заявляемого способа:

возможность использования в качестве элементов подземного оборудования типовых изделий, достаточно освоенных современными производителями, специализирующимися на разработке и выпуске устройств для нефтегазового комплекса;

отсутствие необходимости спуска в скважину канатной техники с установкой герметизирующих устройств на устье скважины, что обеспечивает максимально высокий уровень промышленной безопасности и минимизацию рисков отказа элементов оборудования;

обеспечение надежной изоляции и герметизации затрубного пространства от полости подземного резервуара и, соответственно, создание защиты обсадной эксплуатационной колонны и цементного кольца за ней от разрушения вследствие знакопеременного воздействия избыточного давления и температурных перепадов;

обеспечение надежного якорения лифтовой газовой колонны в донной части резервуара, что исключает возникновение вибрационных колебаний незакрепленного окончания колонны, возможную деформацию или обрыв части труб в ходе газовой эксплуатации.

Поставленная задача решается, а технический результат достигается в способе создания и эксплуатации подземного хранилища газа в отложениях каменной соли, при котором бурят скважину, устанавливают и цементируют обсадную колонну, осуществляют выщелачивание соли посредством размывных колонн, формируя подземный резервуар, заполненный рассолом, извлекают размывные колонны, собирают лифтовую колонну путем последовательного соединения труб, в нижней части нижней трубы которой выполняют сквозные отверстия для обеспечения возможности циркуляции рассола и закрепляют внутри нижней трубы над упомянутыми сквозными отверстиями улавливатель, а нижний торец нижней трубы оснащают зубцами, затем между трубами лифтовой колонны устанавливают патрубок со сквозными отверстиями, пригодными для прохождения рассола, и с закрепленной внутри него посредством стопорящих штифтов втулкой с седлом, перекрывающей эти отверстия, причем патрубок устанавливают так, чтобы при установленной лифтовой колонне он располагался на уровне купольной части подземного резервуара, а гидравлический пакер устанавливают выше сквозных отверстий патрубка, внутреннюю поверхность которого и наружную поверхность упомянутой втулки выполняют конусными, соответствующими друг другу, с конусностью, направленной вверх, причем диаметр стопорящих штифтов $d_{\text{штифт}}$ определяют из выражения:

$$d_{\text{штифт}} = \sqrt{P_{\text{срез}} \cdot d_{\text{патр}}^2 / n \cdot k \cdot \tau_{\text{срез}}},$$

где

$P_{\text{срез}}$ - перепад давлений между внутритрубным пространством лифтовой колонны и межтрубным пространством, достаточный для среза стопорящего штифта, МПа, причем $P_{\text{срез}} \geq P_{\text{пак}} + 3$ (2),

$P_{\text{пак}}$ - перепад давлений между внутритрубным пространством лифтовой колонны и подземным резервуаром, достаточный для срабатывания гидравлического пакера, МПа;

$d_{\text{патр}}$ - внутренний диаметр патрубка, мм;

n - количество стопорящих штифтов;

$k = 1,05$ - эмпирический коэффициент, зависящий от длительности пребывания втулки в рассольной среде;

$\tau_{\text{срез}}$ - напряжение среза стопорящего штифта, МПа,

затем устанавливают в обсадную колонну лифтовую колонну с разгрузкой ее веса на дно подземного резервуара с внедрением в его донную часть упомянутых зубцов, закоривая нижнюю часть лифтовой колонны, верхнюю трубу которой закрепляют в корпусе фонтанной арматуры, на которую устанавливают фонтанную елку, и обвязывают устье скважины газовыми и рассольными шлейфами, подают природный газ под давлением в межтрубное пространство между обсадной и лифтовой колоннами с одновременным вы-

теснением рассола из подземного резервуара через внутритрубное пространство лифтовой колонны, затем по заполнению подземного резервуара природным газом прекращают его подачу и создают избыточное давление во внутритрубном пространстве лифтовой колонны путем закачки в него рассола до срабатывания гидравлического пакера, посредством которого изолируют упомянутое межтрубное пространство полости подземного резервуара, причем вытесняют рассол из подземного резервуара путем направления его потока через упомянутые сквозные отверстия нижней трубы лифтовой колонны в ее внутритрубное пространство; для создания избыточного давления лифтовую колонну наглухо перекрывают путем вбрасывания во внутритрубное пространство посадочной пробки для ее установления в упомянутом седле втулки под действием силы тяжести, а после срабатывания гидравлического пакера продолжают подавать рассол в лифтовую колонну для повышения избыточного давления до момента среза упомянутых стопорящих штифтов, посредством чего обеспечивают падение втулки с посадочной пробкой на упомянутый улавливатель, открывая упомянутые сквозные отверстия патрубка, через которые обеспечивают стекание остатков рассола из внутритрубного пространства лифтовой колонны на дно подземного резервуара и последующее заполнение внутритрубного пространства лифтовой колонны природным газом из подземного резервуара, обеспечивая дальнейшее заполнение газом подземного резервуара или отбор газа из подземного резервуара по лифтовой колонне, отверстиям патрубка и газовым шлейфам.

Сквозные отверстия в нижней трубе лифтовой колонны выполняют суммарной площадью, равной или превышающей площадь внутреннего сечения трубы лифтовой колонны, с соблюдением условия:

$$m \cdot S_{\text{отв}} \geq S_{\text{коль}} \quad (3),$$

где

m - количество отверстий,

$S_{\text{отв}}$ - площадь поперечного сечения одного отверстия;

$S_{\text{кол}}$ - площадь внутреннего сечения трубы лифтовой колонны.

Сквозные отверстия в нижней трубе лифтовой колонны выполняют выше упомянутых зубцов на расстоянии от 3 до 3,5 м.

При расположении указанных отверстий на расстоянии менее 3 м от зубцов во время циркуляции рассола будет происходить нежелательный подхват потоком жидкости механических включений со дна резервуара, что потенциально приведет к зашламовыванию внутренней полости лифтовой колонны. При расположении отверстий выше отметки 3,5 м от зубцов будет нерационально использован геометрический объем резервуара для целей хранения природного газа.

Отверстия в патрубке выполняют суммарной площадью, соответствующей или превышающей площадь внутреннего сечения трубы лифтовой колонны, с соблюдением условия (3).

Нижнюю поверхность упомянутой посадочной пробки выполняют сферической формы.

Лифтовую колонну при установке разгружают на 10-20 кН.

В частном случае исполнения лифтовую колонну устанавливают так, чтобы отверстия в патрубке располагались на уровне купольной части резервуара на расстоянии не более 40 м от отметки низа обсадной колонны, а гидравлический пакер - на расстоянии, не более чем на 80 м выше упомянутых сквозных отверстий. Взаимное расположение патрубка относительно пакера обуславливается компромиссом между необходимостью расположения отверстий в патрубке непосредственно в открытом объеме резервуара для минимизации воздействия турбулентных потоков газа на цементное кольцо нижней трубы обсадной колонны и избеганием эффекта "пружины", который возникает вследствие упругой деформации части лифтовой колонны между сработавшим пакером и патрубком в момент среза штифтов и резкого падения давления в лифтовой колонне.

Упомянутую посадочную пробку вбрасывают с применением задвижек фонтанной елки в качестве шлюзовой камеры.

В частном случае исполнения упомянутый улавливатель выполняют в виде кольца с наружным диаметром, равным внутреннему диаметру трубы лифтовой колонны.

После срабатывания гидравлического пакера межтрубное пространство заполняют протекторной жидкостью.

Изобретение поясняется фигурами.

На фиг. 1 изображена схема осуществления способа создания подземного хранилища природного газа в отложении каменной соли после установки лифтовой колонны.

На фиг. 2 - нижняя труба лифтовой колонны.

На фиг. 3 - вид I на фиг. 1.

На фиг. 4 - схема осуществления способа создания подземного хранилища природного газа в отложении каменной соли после срабатывания пакера и падения втулки.

Способ осуществляется следующим образом.

Бурят скважину в отложениях каменной соли, устанавливают обсадную колонну, цементируют, спускают в нее размывные колонны, осуществляют выщелачивание соли из скважины, образуя резервуар. После завершения процесса размыва подземного резервуара демонтируют водорассольную обвязку устья скважины вместе с размывочным оголовком и с помощью подъемной буровой установки производят полный подъем размывных колонн из скважины.

Исходное состояние скважины следующее: ствол скважины на всем протяжении от устья до входа в подземный резервуар закреплен зацементированной обсадной колонной 4, которая на устье обвязана колонной головкой 1. Подземный резервуар полностью заполнен рассолом, образовавшимся за период создания резервуара.

Далее устанавливают на колонную головку 1 фонтанную арматуру 2 для газовой эксплуатации. В обсадной колонне 4 устанавливают лифтовую колонну 5 с гидравлическим пакером 6 (фиг. 1).

Для этого над устьем скважины начинают сборку лифтовой колонны 5 с одновременным спуском ее в скважину посредством подъемной буровой установки. Лифтовую колонну 5 собирают из отдельных труб длиной по 8-12 м, торцы которых последовательно соединяют между собой жестким герметичным соединением.

В нижней части нижней трубы 18 (фиг. 2) лифтовой колонны 5 выполняют сквозные отверстия 14 для циркуляции рассола и размещают в ее внутритрубном пространстве над ними улавливатель 10, а в нижнем торце нижней трубы 18 лифтовой колонны 5 вырезают зубцы 9, выполняющие функцию якоря.

Отверстия 14 высверливают в лифтовой колонне 5 в несколько рядов на расстоянии 3-3,5 м выше зубцов 9, при этом отверстия 14 выполняют суммарной площадью, соответствующей или превышающей площадь внутреннего сечения нижней трубы 18 лифтовой колонны 5 с соблюдением условия (3).

Так, при лифтовой колонне 5, состоящей из труб ОТТГ-168·8,9 ГОСТ 632 с внутренним диаметром: $d_{\text{кол}} = 150 \text{ мм}$, $S_{\text{кол}} = 3,14 \cdot 150^2 / 4 = 17663 \text{ мм}^2$.

Соблюдая (3), примем: $m \cdot S_{\text{отв}} = 18000 \text{ мм}^2$.

Отсюда выразим значение диаметра одного отверстия 14: $d_{\text{отв}} = \frac{151,4}{\sqrt{m}}$.

Далее, принимая количество отверстий 14: $m = 20$, соответственно, их диаметр $d_{\text{отв}} = 34 \text{ мм}$.

Во внутренней части нижней трубы 18 лифтовой колонны 5 над отверстиями 14 жестким соединением закрепляют улавливатель 10.

Улавливатель 10 выполняют в виде металлического кольца, наружный диаметр которого равен внутреннему диаметру нижней трубы 18 лифтовой колонны 5, например, 150 мм. Улавливатель 10 также может быть выполнен в виде крупноячеистой решетки, не препятствующей циркуляции жидкости внутри нижней трубы.

Между трубами лифтовой колонны 5, например, через 10 труб от нижней трубы 18 встраивают патрубков 7. Предварительно в патрубке 7 в несколько рядов выполняют

сквозные отверстия 15. Отверстия 15 выполняют суммарной площадью, соответствующей или превышающей площадь внутреннего сечения труб лифтовой колонны 5, с соблюдением условия (3). В настоящем примере выполнения количество отверстий 15: $m = 20$, соответственно, их диаметр $d_{отв} = 34$ мм.

Затем в патрубке 7 устанавливают втулку 8 (фиг. 3). При этом внутреннюю поверхность патрубка 7 и наружную поверхность втулки 8 выполняют конусными и ответными друг другу с конусностью, направленной вверх, и при установке втулки 8 ее запрессовывают в патрубок 7 снизу вверх. В нижней части втулки 8 выполняют седло 17 для последующего размещения в нем посадочной пробки 13 с нижней сферической поверхностью.

Окончательную жесткую фиксацию втулки 8 внутри патрубка 7 выполняют с помощью нескольких стопорящих штифтов 16, которые устанавливают в отверстия в патрубке 7 и ответные им отверстия втулки 8, соосно совпадающие после запрессовки втулки 8 в патрубок 7.

Диаметр штифтов 16 определяют по выражению (1), применяя условие (2), с учетом технических характеристик гидравлического пакера 6 $P_{пак} = 12$ МПа; $d_{патр} = 150$ мм.

Эмпирический коэффициент, зависящий от длительности пребывания втулки 8 в рассольной среде и иных геолого-технических условий и определенный экспериментальным путем, принимают $k = 1,05$.

В соответствии с (2) $P_{срез} \geq 15$ МПа, принимают $P_{срез} = 16$ МПа.

Подставив в (1) исходные данные, получают: $d_{штифт} = \frac{37,8}{\sqrt{n}}$.

Далее из полученного соотношения при $n = 10$: $d_{штифт} = 12$ мм.

После сборки патрубка 7 соединяют его нижний торец жестким герметичным соединением с верхним торцом трубы секции лифтовой колонны 5, уже спущенной в скважину. Верхний торец патрубка 7 соединяют с нижним торцом очередной трубы лифтовой колонны 5 и продолжают спуск вышеописанным способом.

Через несколько (2-8) труб, например 2, выше патрубка 7 в состав лифтовой колонны 5 включаем гидравлический пакер 6, наружный диаметр которого в транспортном положении должен удовлетворять следующему условию:

$$d_{п нар трансп} < (d_{внутр обс} - 11),$$

где

$d_{п нар трансп}$, мм, - наружный диаметр пакера 6 в транспортном положении,

$d_{внутр обс}$, мм, - внутренний диаметр обсадной колонны 4.

Так, при обсадной колонне 4, состоящей из труб ОТТГ-245*8,9 ГОСТ 632, наружный диаметр пакера 6 в транспортном положении принимают 216 мм.

Нижний и верхний торцы пакера 6 стыкуют с торцами труб лифтовой колонны 5 жесткими герметичными соединениями и продолжают спуск лифтовой колонны 5 в скважину, при этом отверстия 15 в патрубке 7 располагают на уровне купольной части резервуара на расстоянии не более 40 м от отметки низа обсадной колонны, а пакер 6 размещают на расстоянии не более чем на 80 м выше упомянутых отверстий 15.

После достижения общей длины лифтовой колонны 5 величины, равной глубине отметки дна подземного резервуара, осуществляют разгрузку веса лифтовой колонны 5 на дно резервуара на величину от 10 до 20 кН. Величину разгрузки контролируют с помощью индикатора веса, установленного на подъемной буровой установке. При разгрузке веса колонны зубцы 9 нижней трубы 18 внедряются в осадочные породы дна резервуара, обеспечивая надежное якорение нижней секции колонны, находящейся в интервале подземного резервуара.

Верхнюю трубу лифтовой колонны 5 жестко закрепляют в корпусе фонтанной арматуры. На фонтанную арматуру устанавливают фонтанную елку 3 и обвязывают устье скважины газовыми 11 и рассольным 12 шлейфами. Схему обвязки устья газовыми шлейфами 11 обустраивают с учетом возможности направления реверсного потока газа как че-

рез внутреннее пространство лифтовой колонны 5, так и через затрубное пространство между наружной стенкой лифтовой колонны 5 и внутренней стенкой обсадной колонны 4.

Далее через газовый шлейф 11 наземными компрессорными установками закачивают природный газ в межтрубное пространство обсадной 4 и лифтовой колонн 5 и вытесняют рассол из резервуара потоком газа, который через отверстия 14 поступает во внутритрубное пространство лифтовой колонны 5, поднимается на устье скважины и через рассольный шлейф удаляется в рассолохранилище (фиг. 1). После заполнения резервуара газом и оттеснения границы "газ-рассол" до уровня отверстий 14 во внутритрубное пространство лифтовой колонны 5 начнется поступление газа. При появлении первых признаков газирования вытесняемого рассола, выходящего на устье скважины, прекращают закачку газа в межтрубное пространство. В лифтовой колонне 5 создают избыточное давление, для чего к фонтанной елке 3 подключают насосный агрегат и обратным потоком рассола производят заполнение (глушение) внутритрубного пространства лифтовой колонны 5 до прекращения признаков насыщения газом столба жидкости, перекрывают лифтовую колонну 5, вбрасывая с устья во внутритрубное пространство лифтовой колонны 5 посадочную пробку 13, используя задвижки фонтанной елки в качестве "шлюзовой камеры". Посадочная пробка 13 под действием силы тяжести в рассольной среде плавно опускается по внутритрубному пространству лифтовой колонны 5 и садится в седло 17 втулки 8, наглухо перекрывая внутритрубное пространство лифтовой колонны 5. Учитывая типовую глубину скважины подземного резервуара ~ 1000 м, время достижения посадочной пробкой 13 седла 17 составляет около 30 мин. Далее начинают создавать избыточное давление во внутритрубном пространстве лифтовой колонны 5 путем закачки в нее рассола. При достижении уровня перепада давлений между внутритрубным пространством лифтовой колонны 5 и подземным резервуаром, необходимого для срабатывания гидравлического пакера, $P_{\text{пак}} = 12$ МПа, срабатывает и раскрывается пакер 6, изолируя межтрубное пространство между обсадной 4 и лифтовой 5 колоннами от полости подземного резервуара.

Продолжают подавать рассол и повышать избыточное давление во внутритрубном пространстве лифтовой колонны 5. При достижении уровня перепада давлений между внутритрубным пространством лифтовой колонны 5 и межтрубным пространством, необходимого для среза штифтов, значения $P_{\text{срез}} = 16$ МПа, штифты 16, соединяющие втулку 8 с патрубком 7, срезаются, втулка 8 вместе с посадочной пробкой 13 вылетает из патрубка 7 и падает на улавливатель 10, открывая отверстия 15 патрубка 7, через которые образуется сообщение между внутритрубным пространством лифтовой колонны 5 и подземным резервуаром, в результате чего рассол из внутритрубного пространства стекает на дно резервуара, а лифтовая колонна 5 заполняется природным газом (фиг. 4). В изолированное межтрубное кольцевое пространство между обсадной 4 и лифтовой 5 колоннами над пакером 6 с устья закачивают протекторную жидкость. Дальнейшую эксплуатацию подземного резервуара в качестве объекта хранения природного газа (закачка и отбор) производят по лифтовой колонне 5, отверстиям 15 и газовым шлейфам.

В процессе эксплуатации подземного хранилища газа при необходимости проведения ремонтно-восстановительных работ в резервуаре необходимо произвести полный отбор природного газа с замещением его рассолом. Для этого сначала производят частичный отбор природного газа до достижения минимально допустимой величины избыточного давления в резервуаре, определяемой характеристиками механической устойчивости к деформациям стенок резервуара. Далее через рассольный шлейф начинают закачку рассола в лифтовую колонну 5 и далее в резервуар через отверстия 15. По мере заполнения резервуара рассолом избыточное давление в резервуаре будет повышаться за счет сжатия находящегося в закрытом объеме природного газа. По достижении избыточного давления в резервуаре максимально допустимой величины останавливают закачку рассола, дожидаясь заполнения (освоения) внутритрубного пространства лифтовой колонны 5 природным газом и далее через газовый шлейф отбирают из резервуара очередной объем