

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202490124 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2024.02.20

(51) Int. Cl. C01D 15/04 (2006.01)  
C02F 1/14 (2023.01)  
B01D 5/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2022.08.23

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕСНОЙ ВОДЫ ИЗ ВОДНЫХ СОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ

(31) 2021126108

(72) Изобретатель:

(32) 2021.09.06

Рябцев Александр Дмитриевич,  
Титаренко Валерий Иванович, Кочнев  
Александр Михайлович, Немков  
Николай Михайлович (RU)

(33) RU

(86) PCT/RU2022/050260

(87) WO 2023/033676 2023.03.09

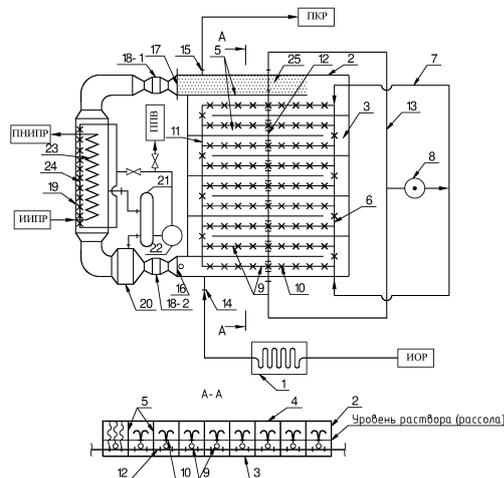
(71) Заявитель:

(74) Представитель:

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ  
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
"ЭКОСТАР-НАУТЕХ" (RU)

Нилова М.И. (RU)

(57) Изобретение относится к производству литиевой продукции из литиеносного гидроминерального сырья и может быть использовано для получения товарных литиевых продуктов из природных поликомпонентных литиеносных рассолов на предприятиях, расположенных на территориях с высокой солнечной активностью и аридным климатом и испытывающих дефицит природных источников пресной воды или полное их отсутствие. Изобретение включает способ и установку получения пресной воды из водных солевых растворов в виде конденсата водяных паров, выделяемого охлаждением предельно насыщенных водяными парами воздушного потока, циркулирующего между холодильником-конденсатором и устройством для нагрева солнечными лучами контактирующих потоков обезвоживаемого солевого раствора и насыщаемого водными парами атмосферного воздуха. В качестве хладагента применяют исходный литиеносный природный рассол перед его использованием в качестве сырьевого литиеносного источника для селективного извлечения лития на гранулированном сорбенте ДГАЛ-С1. Изобретение позволяет производить пресную воду как из высокоминерализованных водных солевых растворов, так и из слабоминерализованных, например выделенную из природного первичного литиевого концентрата, без затрат на техногенную тепловую энергию, обеспечиваемую греющим паром или электричеством.



A1

202490124

202490124

A1

# СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕСНОЙ ВОДЫ ИЗ ВОДНЫХ СОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ

## Область техники

Настоящее изобретение относится к производству литиевой продукции из литиеносного гидроминерального сырья и может быть использовано для получения товарных литиевых продуктов из природных поликомпонентных литиеносных рассолов на предприятиях, расположенных на территориях с высокой солнечной активностью и аридным климатом и испытывающих дефицит природных источников пресной воды или полное их отсутствие.

## Уровень техники

В мировой практике соли лития получают как из твердо-минеральных литиеносных руд (сподумены, лепидолит, петалит) так и из гидроминеральных литиеносных сырьевых источников (озерные рассолы, рассолы сараров, глубинные подземные пластовые рассолы, попутные промысловые рассолы нефтегазодобывающих предприятий, минерализованные воды). При этом доля предприятий, использующих гидроминеральные сырьевые ресурсы для производства литиевых продуктов неуклонно растет вследствие более низкой себестоимости продукции, получаемой из гидроминеральных литиеносных сырьевых источников.

Все существующие технологии получения соединений лития из литиеносного гидроминерального сырья преимущественно ориентированы на переработку литиеносных природных рассолов, заключающуюся в получении из них продуктивных литиевых концентратов в виде концентрированных растворов литиевых солей, преимущественно хлорида лития, пригодных для получения товарных литиевых продуктов в виде  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{LiCl}\cdot\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ . При этом значительное количество разведанных месторождений литиеносных природных рассолов находятся в пустынных географических зонах, характеризующихся, как правило, высокой солнечной активностью, пониженным атмосферным давлением и дефицитом пресной воды, то есть в зонах с аридным климатом. Аридный климат предопределил развитие галургических технологий для получения продуктивного литиевого концентрата, включающих стадийное гелиоконцентрирование исходных природных литиеносных рассолов с последовательным высаливанием макрокомпонентов и концентрированием лития [1, 2]. Очистку полученного литиевого концентрата от примесей кальция, магния и сульфат-ионов проводят в бассейнах, путем добавления оксида кальция, производя осадки  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  [3]. После очистки от примесей из литиевого концентрата получают хлорид лития упариванием и дегидратацией или карбонат лития содовым осаждением.

На этой же основе предложен [4] способ получения из литиеносного рассола  $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ , включающий получение из природного рассола продуктивного литиевого концентрата в виде

концентрированного раствора  $\text{LiCl}$ , его конверсию в раствор  $\text{LiOH}$  мембранным электролизом, упаривание раствора  $\text{LiOH}$  до кристаллизации  $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ .

Однако существенными недостатками всех способов получения из природных литиеносных рассолов продуктивного литиевого концентрата является неизбежность испарения гигантского количества воды в атмосферный воздух при дефиците или полном отсутствии пресной воды на производстве и образование большого количества твердых отходов, что приводит к загрязнению окружающей среды и изменению климата в регионах. Еще одним недостатком, характерным для всех этих способов является ограниченность пригодной для их реализации гидроминеральной сырьевой базы. Галургические технологии оказались приемлемыми только для переработки литиеносных рассолов хлоридного натриевого типа с низким содержанием магния и кальция.

Способ получения продуктивного литиевого концентрата из природных литиеносных рассолов, предлагаемый китайскими специалистами [5], устраняет некоторые недостатки вышеописанных способов, существенно снижая количество твердых отходов и исключая необходимость испарения воды в атмосферный воздух. Способ основан на разбавлении исходного рассола пресной водой для снижения уровня минерализации, позволяющего производить после фильтрационной очистки от механических примесей отделение лития от сульфата магния ультрафильтрацией. В свою очередь обогащенный литием поток повторно разбавляют и подвергают нанофильтрации для более полного удаления магния, кальция и сульфат-ионов. При этом обогащенный литием поток (пермиат нанофильтрации) направляют на ступенчатое обратноосмотическое концентрирование. Пермиат обратноосмотического концентрирования (деминерализованный поток) направляют на разбавление фильтрата операции ультрафильтрации, а обогащенный литием обратноосмотический концентрат (содержание лития  $7 - 8 \text{ г/дм}^3$ ) направляют на электродиализное концентрирование, производя диализат, возвращаемый на обратноосмотическое концентрирование и электродиализный литиевый концентрат (содержание лития  $28 - 29 \text{ г/дм}^3$ ), который после глубокой очистки от примесей является продуктивным литиевым концентратом. Однако этим методом в продуктивный литиевый концентрат могут быть переработаны только природные рассолы сульфатного типа с общей минерализацией не выше  $200 \text{ г/дм}^3$  и массовом отношении  $\text{Li}/(\text{Mg}+\text{Ca})$  не выше 70. Другим существенным недостатком данного метода является необходимость использования в значительных объемах дефицитной в этих местах пресной воды.

Способы получения из природных литиеносных рассолов продуктивных литиевых концентратов, основанные на селективном сорбционном безреагентном выделении лития из исходного литиеносного рассола в виде водного раствора  $\text{LiCl}$  (первичного литиевого концентрата) с использованием гранулированного сорбента ДГАЛ-Cl [6, 7] позволяют использовать в качестве

сырья литиеносные природные поликомпонентные рассолы любых типов с любым массовым соотношением  $\text{Li}/(\text{Mg}+\text{Ca})$  и существенно сокращают потребление пресной воды за счет ее возврата в производственный процесс на стадии переработки первичного литиевого концентрата.

Согласно способу, раскрытому в [6], исходный природный рассол, приводят в контакт в сорбционно-десорбционном модуле, состоящем из нескольких сорбционно-десорбционных колонн, с гранулированным сорбентом ДГАЛ-С1, селективно десорбирующем  $\text{LiCl}$  из природного рассола, насыщаясь при этом. После насыщения гранулированный сорбент проходит стадию ступенчатого удаления рассола порциями промывной жидкости, последней из которых является порция пресной воды. Из освобожденного от рассола гранулированного сорбента далее десорбируют  $\text{LiCl}$  путем его контакта с определенным объемом пресной воды, производя первичный литиевый концентрат в виде водного раствора хлорида лития, содержащего остаточные макрокомпоненты рассола в виде примесей. Первичный литиевый концентрат далее путем концентрирования и очистки перерабатывается в продуктивный литиевый концентрат из которого производят товарные литиевые продукты  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  и  $\text{LiCl}$ . Организация производственного процесса позволяет 93 – 95% пресной воды возвращать в оборот в виде обратноосмотического пермиата, образующегося на операции обратноосмотического концентрирования, и конденсата сокового пара, поступающего с операции концентрирования упариванием.

По своей технической сущности и достигаемому результату этот способ является наиболее близким к заявляемому и выбран авторами изобретения в качестве прототипа. Однако наряду с несомненными достоинствами данный способ имеет следующие недостатки. Во-первых, несмотря на высокие показатели прототипа по использованию оборотной пресной воды, потребность в расходуемой для промывки гранулированного сорбента от рассола пресной воде, поступающей из внешних источников, остается, что является серьёзным препятствием при реализации данного способа на месторождениях не имеющих реальных источников снабжения пресной водой. Другим серьёзным недостатком данного способа – прототипа, является высокая энергоёмкость технологических переделов переработки первичного литиевого концентрата в продуктивный литиевый концентрат и конденсат водяного пара (пресную воду) в связи с использованием в качестве энергоносителя греющего острого пара при реализации термических приемов упаривания водных растворов, сопровождаемого конденсацией сокового пара, что находится в противоречии с реальной возможностью предприятий, расположенных на территориях с ярко выраженным аридным климатом использовать для концентрирования растворов и получения пресной воды в виде конденсата солнечную энергию вместо техногенной тепловой энергии.

Предлагаемый способ получения пресной воды из водных солевых растворов на производствах литиевой продукции из литиеносных природных рассолов в условиях высокой солнечной активности и аридного климата сохраняет все преимущества прототипа и устраняет его основные недостатки: позволяет полностью исключить потребление пресной воды из внешних источников и одновременно значимо снизить энергоемкость производства литиевых продуктов.

### **Сущность изобретения**

Технический результат для устранения указанных недостатков достигается тем, что в предлагаемом способе получения пресной воды из водных солевых растворов на производствах литиевой продукции из природных литиеносных рассолов в условиях высокой солнечной активности и аридного климата конденсат водяных паров получают охлаждением потока принудительно перемещаемого насыщенного водяным паром атмосферного воздуха предварительно нагреваемого и насыщаемого водяным паром в процессе его движения и прямоточного контакта с принудительно движущимся потоком нагреваемого исходного водного солевого раствора в условиях изоляции от окружающей среды, сопровождаемого предельным насыщением потока атмосферного воздуха водяным паром, извлекаемым из водного солевого раствора и концентрированием водного солевого потока, при этом производимый поток водного солевого концентрата выводят из процесса, а поток атмосферного воздуха прошедший стадию охлаждения и конденсации водяного пара вновь направляют на контактирование и совместный нагрев со свежим потоком исходного водного солевого раствора, образуя таким образом замкнутый контур с циркулирующим потоком атмосферного воздуха и проточным движением концентрируемого потока солевого раствора.

Технический результат достигается нагревом потока атмосферного воздуха и потока водного солевого раствора прямоточно движущихся и контактирующих в условиях изоляции от окружающей среды осуществляемым за счет использования солнечной энергии, передаваемой нагреваемым в устройстве потокам непосредственно солнечными лучами через слой материала, проницаемого для солнечных лучей и непроницаемого для атмосферного воздуха и водных сред.

Технический результат достигается предварительным нагревом солнечными лучами поступающего на обезвоживание и концентрирование потока раствора в процессе его транспортировки через нагревательные элементы калориферов, внешняя поверхность которых окрашена в черный цвет.

Технический результат достигается постоянным принудительным диспергированием солевого раствора в процессе его движения, солнечного нагрева, контактирования с потоком атмосферного воздуха и концентрирования.

Технический результат достигается противоточным движением предварительно нагретого потока водного солевого при его обезвоживании и концентрировании по отношению к движению воздушного потока.

Технический результат достигается использованием природного поликомпонентного литиеносного рассола в качестве водного солевого раствора.

Технический результат достигается использованием в качестве водного солевого раствора маточного рассола образующегося после сорбционного извлечения лития из природного поликомпонентного литиеносного рассола на селективном гранулированном сорбенте ДГАЛ-С1.

Технический результат достигается использованием в качестве водного солевого раствора первичного литиевого концентрата в виде водного раствора хлорида лития с примесью макрокомпонентов рассола, образующегося в результате десорбционного извлечения хлорида лития пресной водой из насыщенного литием гранулированного сорбента ДГАЛ-С1 в процессе его прямого контакта с природным поликомпонентным литиеносным рассолом.

Технический результат достигается использованием природного поликомпонентного литиеносного рассола в качестве хладагента для охлаждения нагретого и насыщенного водяными парами атмосферного воздуха.

Технический результат достигается использованием в качестве водного солевого раствора католита в виде водного раствора гидроксида лития, производимого на операции мембранного электролиза продуктивного раствора хлорида лития, получаемого из первичного литиевого концентрата, выделенного из природного поликомпонентного литиеносного рассола с применением гранулированного сорбента ДГАЛ-С1 и пресной воды.

Технический результат достигается разработкой установки для реализации предлагаемого способа получения пресной воды из водных солевых растворов на производствах литиевой продукции из литиеносных природных рассолов в условиях высокой солнечной активности и аридного климата включающей калорифер для предварительного подогрева солнечными лучами поступающего на обезвоживание и концентрирование водного солевого раствора, устройство для обезвоживания и концентрирования водного солевого раствора путем использования солнечной энергии имеющее: герметичный корпус содержащий непроницаемое для раствора днище «абсолютно черного цвета»; непроницаемое для газов и жидкостей и проницаемое для солнечных лучей перекрытие; герметичные перегородки, образующие лабиринтные галереи, обеспечивающие свободное движение внутри устройства обезвоживаемого водного солевого раствора по днищу и воздуха над обезвоживаемым водным солевым раствором по заданной траектории и заданной длине пути; нагнетательный коллектор для циркуляции раствора, соединенный своими торцами посредством трубопроводов с выхлопом циркуляционного насоса, а боковой поверхностью через

патрубки со снабженными брызгальными элементами трубопроводами, установленными вдоль лабиринтных галерей по середине каждой лабиринтной галереи и соединенными своими противоположными концами с трубопроводом – коллектором, образуя замкнутый брызгальный контур; всасывающий коллектор обеспечивающий циркуляцию раствора через брызгальный контур и представляющий собой перфорированную трубу, пересекающую устройство по середине перпендикулярно лабиринтным галереям на отметке ниже отметки трубопроводов брызгального контура и своими торцами посредством трубопроводов соединенный с всасом циркуляционного насоса, каплеуловитель в форме цепной завесы, расположенный в последней по ходу газового потока лабиринтной галереи, патрубки для ввода обезвоживаемого раствора в устройство и вывода концентрированного потока раствора из устройства, проемы для ввода воздушного потока в начальную лабиринтную галерею устройства для нагрева и насыщения водяными парами и вывода нагретого и насыщенного воздушного потока из конечной лабиринтной галереи устройства, вентагрегаты для обеспечения циркуляции воздушного потока через лабиринтные галереи устройства, холодильник – конденсатор для охлаждения нагретого и насыщенного водяными парами воздушного потока и нагрева исходного природного литиеносного рассола, туманоуловитель диспергированного в воздушный поток конденсата водяных паров, сборник конденсата водяных паров, насос для орошения змеевика холодильника – конденсатора и вывода полученной пресной воды в виде конденсата водяных паров, источник обезвоживаемого водного солевого раствора, приемник обезвоженного солевого раствора, источник исходного природного рассола, приемник пресной воды.

Технический результат достигается соединением посредством газохода выходного проема конечной лабиринтной галереи устройства для обезвоживания и концентрирования раствора с всасывающим патрубком вентагрегата, который своим выхлопным патрубком соединен посредством газохода с входным газовым патрубком холодильника – конденсатора, соединенным посредством газохода своим выходным газовым патрубком с входным патрубком туманоуловителя, соединенного своим выходным газовым патрубком со всасывающим патрубком вентагрегата, соединенного своим выхлопным патрубком посредством газохода с входным проемом начальной галереи устройства.

Технический результат достигается соединением посредством трубопровода входного патрубка змеевика холодильника – конденсатора с источником исходного природного рассола, а выходным патрубком с приемником нагретого исходного природного рассола, при этом оросительный коллектор змеевика холодильника – конденсатора своими торцами посредством трубопроводов через регулирующую арматуру соединен с выхлопным патрубком насоса для орошения

змеевика холодильника – конденсатора и вывода получаемой пресной воды, который посредством трубопровода через регулирующую арматуру также соединен с приемником пресной воды, а всасывающий патрубок этого насоса напрямую посредством трубопровода соединен со сборником пресной воды в виде конденсата водяного пара, в свою очередь сборник приема пресной воды в виде конденсата водяного пара посредством трубопровода соединен со сливным патрубком конденсата холодильника – конденсатора и сливным патрубком конденсата туманоуловителя.

Технический результат достигается соединением посредством трубопроводов патрубка ввода обезвоживаемого и концентрируемого водного солевого раствора через калорифер для предварительного подогрева солнечными лучами поступающего на обезвоживание и концентрирование водного солевого раствора с источником обезвоживаемого и концентрируемого раствора и соединением патрубка вывода концентрированного солевого раствора из устройства для обезвоживания и концентрирования водного солевого раствора посредством трубопровода с приемником концентрированного солевого раствора.

Преимущество предлагаемых решений заключается:

- в отсутствии необходимости использования пресной воды, потребляемой из внешних источников водоснабжения;
- в использовании солнечной энергии вместо энергии греющего пара при концентрировании растворов упариванием;
- в повышении динамической емкости и удельной производительности гранулированного сорбента по литию за счет использования на операции селективной сорбции лития вместо исходного холодного природного литиеносного рассола, природного литиеносного рассола, подогретого с использованием тепловой энергии, выделяющейся при конденсации водяного пара из воздушного потока в процессе производства пресной воды из водных солевых растворов (рассолов);
- в возможности дополнительно производить (при необходимости) пресную воду обезвоживанием исходного природного литиеносного рассола.

Реализация предлагаемого изобретения на производствах, расположенных на территориях с повышенной солнечной активностью позволит производить высококачественные товарные литиевые продукты значимо снизив при этом себестоимость производства при отсутствии источников природной пресной воды.

Сведения, подтверждающие возможность реализации предлагаемого изобретения, представлены в виде фиг. 1 и описания к ней, а также в виде конкретного примера.

**Перечень чертежей:**

Фиг. 1. Схема цепи аппаратов установки для реализации предлагаемого способа получения пресной воды из водных солевых растворов на предприятиях производства литиевой продукции из природных литиеносных рассолов в условиях высокой солнечной активности и аридного климата.

**Перечень обозначений:**

1. Калорифер для предварительного подогрева солнечными лучами поступающего на обезвоживание и концентрирование водного солевого раствора;
2. Герметичный корпус устройства обезвоживания и концентрирования раствора (рассола);
3. Непроницаемое для растворов (рассолов) днище, абсолютно черного цвета;
4. Непроницаемое для газов и проницаемое для солнечных лучей перекрытие;
5. Герметичные перегородки, образующие лабиринтные галереи, обеспечивающие движение раствора и воздуха внутри устройства по заданным траекториям и заданной длине пути;
6. Нагнетательный коллектор для циркуляции раствора;
7. Трубопровод, связывающий нагнетательный коллектор с выхлопом циркуляционного насоса;
8. Циркуляционный насос;
9. Трубопроводы, установленные вдоль лабиринтных галерей по середине каждой галереи;
10. Брызгальные элементы трубопроводов, установленных вдоль лабиринтных галерей;
11. Трубопровод – коллектор, соединенный с противоположными торцами трубопроводов, установленных вдоль лабиринтных галерей;
12. Всасывающий коллектор для обеспечения циркуляции раствора через брызгальный контур;
13. Трубопровод, соединяющий всасывающий коллектор брызгального контура с всасом циркуляционного насоса;
14. Патрубок для ввода обезвоживаемого раствора в устройство;
15. Патрубок для вывода концентрированного (обезвоженного) раствора из устройства;
16. Проем для ввода воздушного потока в начальную лабиринтную галерею устройства;

17. Проем для вывода воздушного потока из конечной лабиринтной галереи устройства;
- 18 – 1, 18 – 2 Вентагрегат для обеспечения циркуляции воздушного потока через лабиринтные галереи устройства;
19. Холодильник – конденсатор водяных паров из циркулирующего воздушного потока и нагрева исходного природного рассола;
20. Туманоуловитель диспергированной в воздушный поток влаги;
21. Сборник пресной воды в виде конденсата водяного пара;
22. Насос для орошения змеевика холодильника – конденсатора и вывода полученной пресной воды (конденсата) в приемник пресной воды;
23. Змеевик холодильника – конденсатора;
24. Оросительный коллектор змеевика холодильника – конденсатора;
25. Каплеуловитель в виде цепной завесы;

ППВ – приемник пресной воды;

ИИПР – источник исходного природного литиеносного рассола;

ПНИПР – приемник нагретого исходного природного литиеносного рассола;

ИОР – источник обезвоживаемого (концентрируемого) водного солевого раствора;

ПКР – приемник обезвоженного (концентрированного) солевого раствора;



- регулирующий вентиль.

В соответствии со схемой цепи аппаратов установки (фиг. 1) исходный водный солевой раствор поступает на обезвоживание и концентрирование из источника обезвоживаемого (концентрируемого) водного солевого раствора (ИОР) через калорифер предварительного подогрева его солнечными лучами (1) в устройство обезвоживания и концентрирования через патрубок ввода (14). Устройство обезвоживания и концентрирования имеет герметичный корпус (2), непроницаемое для растворов днище «абсолютно черного цвета» (3), проницаемое для солнечных лучей и непроницаемое для газов и жидкостей перекрытие (4), герметичные перегородки (5) образующие лабиринтные галереи в устройстве, которые предназначены для обеспечения контакта как движущегося по ним потока нагреваемого и обезвоживаемого раствора, так и движущегося над ним потока нагреваемого и насыщаемого парами воды атмосферного воздуха, поступающего в устройство через проем для ввода воздушного потока (16). Постоянный нагрев движущихся по лабиринтным галереям потоков осуществляется солнечными лучами, проникающими в устройство через проницаемые для них перекрытия. Время пребывания потоков в устройстве и параметры движения (скорость движения, размеры и количество лабиринтных галерей,

конечная температура взаимодействующих потоков) определяют, исходя из достижения заданных параметров обезвоживания раствора и при достижении максимального влагосодержания в воздушном потоке на выходе из устройства через проем (17) для вывода воздушного потока из конечной лабиринтной галереи устройства, в которой расположен каплеуловитель в виде цепной завесы (25) для удаления диспергированного раствора из воздушного потока. Для интенсификации массообмена между взаимодействующими потоками устройство имеет брызгальный контур, состоящий из нагнетательного коллектора для обеспечения циркуляции обезвоживаемого раствора (6), связанный через трубопроводы (7) с выхлопом циркуляционного насоса (8). В свою очередь к нагнетательному коллектору примыкают трубопроводы (9) снабженные брызгальными элементами (10) проложенные вдоль каждой из лабиринтных галерей по середине. Противоположные торцы этих трубопроводов заведены в трубопровод – коллектор (11). Под трубопроводами брызгальной системы проложен всасывающий коллектор (12), пересекающий устройство по его середине перпендикулярно лабиринтным галереям и через трубопроводы (13) соединен с всасом циркуляционного насоса. Организованная таким образом брызгальная система позволяет при поступательном движении воздушного потока и обезвоживаемого раствора по лабиринтным галереям на всем пути их движения поддерживать постоянный режим диспергирования рассола с помощью брызгальных элементов существенно увеличивая поверхность контакта воздуха с рассолом и солнечными лучами, интенсифицируя процессы испарения влаги и нагрева раствора и воздуха. Обезвоженный и концентрированный солевой раствор выводят из устройства через патрубок (15) в приемник обезвоженного (концентрированного) раствора (ПКР). Нагретый и предельно насыщенный водяными парами в устройстве воздушный поток, прошедший каплеуловитель (25), через выходной проем последней лабиринтной галереи вентагрегатом (18-1) направляют на охлаждение и конденсацию водяных паров в холодильник – конденсатор (19). Противоположно движению охлаждаемого воздушного потока в змеевик (23) холодильника – конденсатора из источника исходного природного литиеносного рассола (ИИПР) подают исходный (холодный) природный литиеносный рассол, который, принимая через змеевик тепло конденсации водяного пара, нагревается и направляется в приемник нагретого исходного литиеносного рассола (ПНИПР) для использования на операции селективной сорбции лития гранулированным сорбентом ДГАЛ-С1 и получения первичного литиевого концентрата. В свою очередь первичный литиевый концентрат операции селективной сорбции перерабатывают в продуктивный литиевый концентрат аналогичным способом.

Охлажденный в холодильнике – конденсаторе и обедненный по содержанию влаги воздушный поток проходит туманоуловитель (20), освобождаясь от диспергированного конденсата

водяного пара и через вентагрегат (18 - 2) возвращают в устройство для обезвоживания и концентрирования водных солевых растворов. Образовавшуюся в холодильнике – конденсаторе пресную воду в виде конденсата направляют в сборник пресной воды (21), которую насосом (22) направляют через оросительный коллектор змеевика (24) холодильника – конденсатора на орошение поверхности змеевика для повышения коэффициента теплопередачи в холодильнике – конденсаторе и в приемник пресной воды (ППВ). Регулирование потоками пресной воды подаваемым на орошение змеевика и вывод в ППВ осуществляют установленными на трубопроводах регулируемыми вентилями.

### Пример

На пилотной установке, изготовленной в соответствии со схемой цепи аппаратов, представленной на фиг. 1 проводили обезвоживание природного литиеносного поликомпонентного раствора (рассола) с получением пресной воды. Состав рассола представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав обезвоживаемого (концентрируемого) природного рассола

Ион	Li <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>
Содержание, г/дм <sup>3</sup>	0,492	4,235	0,810	2,640	130,140	166,158	7,800	2,269

Плотность рассола 1208 г/дм<sup>3</sup>, показатель pH=6,4.

Для имитации солнечного нагрева использовали лампы софиты, обеспечивающие поток энергии 1374 Вт на м<sup>2</sup>. Общая поверхность лучистого нагрева и обезвоживания пилотного устройства составляла 8,8 м<sup>2</sup>. Поверхность охлаждения холодильника – конденсатора составляла 0,46 м<sup>2</sup>. Режим движения рассола и воздуха в устройстве концентрирования (обезвоживания) и нагрева. Результаты проведенного эксперимента сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты экспериментальной проверки обезвоживания природного рассола с получением пресной воды на основе использования световой лучистой энергии

Наименование показателя	Размерность	Значение
Объемный расход рассола, поступающего на обезвоживание	дм <sup>3</sup> /ч	1000
Плотность рассола до обезвоживания	г/дм <sup>3</sup>	1208
Температура рассола поступающего на обезвоживание	°С	76
Общее солесодержание рассола до обезвоживания	% мас.	23,8
Объемный расход воздуха на входе в устройство обезвоживания	м <sup>3</sup> /ч	44
Температура воздуха на входе в устройство обезвоживания	°С	26

Наименование показателя	Размерность	Значение
Влагосодержание воздуха на входе в устройство обезвоживания	г/м <sup>3</sup>	19,3
Температура обезвоженного рассола на выходе из устройства обезвоживания	°С	78
Объемный расход выводимого обезвоженного (концентрированного) рассола	дм <sup>3</sup> /ч	901,2
Плотность рассола после обезвоживания	г/дм <sup>3</sup>	1231
Общее солесодержание рассола после обезвоживания	% мас.	25,9
Температура воздуха на выходе из устройства обезвоживания	°С	78
Объемный расход воздуха на выходе из устройства обезвоживания	м <sup>3</sup> /ч	51,6
Влагосодержание воздуха на выходе из устройства обезвоживания	г/м <sup>3</sup>	208
Температура рассола поступающего на охлаждение паровоздушного потока в холодильнике – конденсаторе	°С	17
Расход рассола, поступающего на охлаждение в холодильник – конденсатор	дм <sup>3</sup> /ч	419,3
Температура рассола на выходе из холодильника – конденсатора	°С	32
Объемный поток производимой пресной воды, в виде конденсата водяного пара	дм <sup>3</sup> /ч	9,896
Температура воздушного потока на выходе из туманоуловителя	°С	26
Влагосодержание воздуха на выходе из туманоуловителя	г/м <sup>3</sup>	19,4

Как следует из содержимого таблицы 2, экспериментальная проверка подтверждает применимость заявленного способа и установки для получения пресной воды из водных солевых растворов (рассолов).

### **Источники информации**

1. Патент US 4243392 Process for solar concentration of lithium chloride brines / P.M. Brown, et. al. Заявл. 23.07.81.
2. Патент US 4274834 Process for purification of lithium chloride /P.M. Brown, et. al. Заявл. 23.07.84.
3. Патент US 4271131 Получение высокочистого хлорида лития / P.M. Brown et. Al. Заявл. 02.06.81.

4. PCT WO2009/131628 A1. Method of making high purity lithium hydroxide and hydrochloric acid/ D.J. Buckley. Заявл. 09.04.2009.
5. Патентная заявка US 2020/03056696. Method for separation and enrichment of lithium/ Min Wang et. Al.
6. Патент RU 2516538. Способ получения литиевого концентрата из литиеносных природных рассолов и его переработки / Рябцев А.Д. и др. Заявл. 17.02.2012.
7. Патент RU 2656452. Способ получения моногидрата гидроксида лития из рассолов и установка для его осуществления / Немков Н.М. и др. Заявл. 04.02.2016.
8. Патент RU 2713360. Способ получения моногидрата гидроксида лития из рассолов / Рябцев А.Д. и др. Заявл. 25.09.2019.

## Формула изобретения

1. Способ получения пресной воды из водных солевых растворов на производствах, использующих природные литиеносные рассолы для получения литиевой продукции в условиях высокой солнечной активности и аридного климата включающий испарение воды при нагреве потока водного солевого раствора с получением потока водного солевого концентрата и потока водяного пара, отделение потока водяного пара от потока водного солевого концентрата, охлаждение потока водяного пара с переводом в поток конденсата водяного пара, представляющего собой пресную воду, **отличающийся** тем, что конденсат водяных паров получают охлаждением принудительно перемещаемого потока насыщенного водяным паром атмосферного воздуха предварительно нагреваемого и насыщаемого водяным паром в процессе его движения и прямого контакта с принудительно движущимся потоком нагреваемого исходного водного солевого раствора в условиях изоляции от окружающей среды, сопровождаемого предельным насыщением потока атмосферного воздуха водяным паром, извлекаемым из водного солевого раствора и концентрированием водного солевого раствора, при этом производимый поток водного солевого концентрата выводят из процесса, а поток атмосферного воздуха, прошедший стадию охлаждения и конденсации водяных паров вновь направляют на контактирование и совместный нагрев со свежим потоком исходного водного солевого раствора, образуя таким образом замкнутый контур с циркулирующим потоком атмосферного воздуха и проточным движением концентрируемого потока солевого раствора.

2. Способ по п. 1 **отличающийся** тем, что нагрев потока атмосферного воздуха и потока водного солевого раствора прямоточно движущихся и контактирующих в условиях изоляции от окружающей среды осуществляют за счет использования солнечной энергии, передаваемой нагреваемым потокам непосредственно солнечными лучами через слой материала, пронизываемого для солнечных лучей и непроницаемого для атмосферного воздуха и водных сред.

3. Способ по п. 1, 2 **отличающийся** тем, что поток раствора, поступающего на обезвоживание и концентрирование, предварительно нагревают солнечными лучами в процессе транспортировки через элементы калориферов внешняя поверхность нагревательных элементов которых окрашена в черный цвет.

4. Способ по п. 1, 2 **отличающийся** тем, что предварительно нагретый поток водного солевого раствора обезвоживают и концентрируют в режиме противоточного движения потока рассола к потоку перемещаемого воздуха.

5. Способ по п. 1, 2 **отличающийся** тем, что в процессе движения, солнечного нагрева, контактирования с потоком атмосферного воздуха и концентрирования водный солевой раствор постоянно принудительно диспергируют.

6. Способ по п. 1, 2 отличающийся тем, что в качестве водного солевого раствора используют природный поликомпонентный литиеносный рассол.

7. Способ по п. 1, 2 отличающийся тем, что в качестве водного солевого раствора используют маточный рассол, образующийся после сорбционного извлечения лития из природного поликомпонентного литиеносного рассола на селективном к хлориду лития гранулированном сорбенте ДГАЛ-С1.

8. Способ по п. 1, 2 отличающийся тем, что в качестве водного солевого раствора используют первичный литиевый концентрат в виде водного раствора хлорида лития с примесью макрокомпонентов рассола, образующийся в результате десорбционного извлечения хлорида лития пресной водой из насыщенного литием гранулированного сорбента ДГАЛ-С1 в процессе прямого контакта с природным поликомпонентным литиеносным рассолом.

9. Способ по п. 1, 2 отличающийся тем, что в качестве хладагента для охлаждения, нагретого и насыщенного парами воды атмосферного воздуха, используют природный поликомпонентный литиеносный рассол.

10. Способ по п. 1, 2 отличающийся тем, что в качестве водного солевого раствора, поступающего на обезвоживание и концентрирование, используют католит в виде водного раствора гидроксида лития, производимый на операции мембранного электролиза продуктивного раствора хлорида лития, получаемого из первичного литиевого концентрата, выделенного из природного поликомпонентного литиеносного рассола с применением гранулированного сорбента ДГАЛ-С1 и пресной воды.

11. Установка для реализации способа по п. 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 включающая калорифер для предварительного подогрева солнечными лучами поступающего на обезвоживание и концентрирование водного солевого раствора, устройство для обезвоживания путем использования солнечной энергии, имеющее: герметичный корпус, содержащий непроницаемое для растворов днище «абсолютно черного цвета»; непроницаемое для газов и жидкостей и проницаемое для солнечных лучей перекрытие; герметичные перегородки, образующие лабиринтные галереи, обеспечивающие свободное движение внутри устройства обезвоживаемого солевого водного раствора по днищу и воздуха над обезвоживаемым водным солевым раствором по заданной траектории и заданной длине пути; нагнетательный коллектор для циркуляции раствора, соединенный своими торцами посредством трубопроводов с выхлопом циркуляционного насоса, а боковой поверхностью через патрубки со снабженными брызгальными элементами трубопроводами, устанавливаемыми вдоль лабиринтных галерей по середине каждой лабиринтной галереи и соединенными своими противоположными торцами с трубопроводом – коллектором, образуя замкнутый брызгальный контур; всасывающий коллектор, обеспечивающий циркуляцию раствора

через брызгальный контур и представляющий собой перфорированную трубу пересекающую устройство по середине перпендикулярно лабиринтным галереям и на отметке ниже отметки трубопроводов брызгального контура и своими торцами посредством трубопроводов соединенный с всасом циркуляционного насоса; каплеуловитель в форме цепной завесы, расположенный в последнем по ходу газового потока лабиринтной галерее; патрубки для ввода обезвоживаемого раствора в устройство и вывода концентрированного раствора из устройства; проемы для ввода воздушного потока в начальную лабиринтную галерею устройства для нагрева и насыщения водяными парами и вывода нагретого и насыщенного водяными парами воздушного потока через конечную лабиринтную галерею устройства, вентагрегаты для обеспечения циркуляции воздушного потока через лабиринтные галереи устройства, холодильник – конденсатор для охлаждения насыщенного водяными парами воздушного потока и нагрева исходного природного литиеносного рассола, туманоуловитель диспергированного в воздушный поток конденсата водяного пара, сборник конденсата водяных паров, насос для обеспечения орошения змеевика холодильника – конденсатора и вывода полученной пресной воды, источник обезвоживаемого водного солевого раствора, приемник обезвоженного солевого раствора, источник исходного природного рассола, приемник пресной воды.

12. Установка по п. 11 отличается тем, что выходной проем конечной лабиринтной галереи устройства для обезвоживания и концентрирования раствора посредством газохода соединен с всасывающим патрубком вентагрегата, который своим выхлопным патрубком соединен посредством газохода с входным газовым патрубком холодильника – конденсатора, соединенного посредством газохода своим выходным газовым патрубком с входным патрубком туманоуловителя, соединенного своим выходным газовым патрубком со всасывающим патрубком вентагрегата, соединенного своим выхлопным патрубком посредством газохода с входным проемом начальной галереи устройства.

13. Установка по п. 11, 12 отличается тем, что змеевик холодильника – конденсатора посредством трубопровода своим входным патрубком соединен с источником исходного природного рассола, а выходным патрубком с приемником нагретого исходного природного рассола, при этом оросительный коллектор змеевика холодильника – конденсатора своими торцами посредством трубопроводов через регулируемую арматуру соединен с выхлопным патрубком насоса для орошения змеевика холодильника – конденсатора и вывода получаемой пресной воды, который посредством трубопровода через регулируемую арматуру также соединен с приемником пресной воды, а всасывающий патрубок этого насоса напрямую посредством трубопровода соединен со сборником пресной воды в виде конденсата водяного пара, в свою очередь

сборник пресной воды в виде конденсата водяного пара посредством трубопроводов соединен со сливным патрубком конденсата туманоуловителя.

14. Установка по п. 10, 11, 12, 13 отличающаяся тем, что патрубок ввода обезвоживаемого водного солевого раствора в устройство обезвоживания и концентрирования водного солевого раствора посредством трубопровода через калорифер для предварительного подогрева солнечными лучами поступающего на обезвоживание и концентрирование водного солевого раствора, соединён с источником обезвоживаемого и концентрируемого раствора, а патрубок вывода концентрированного солевого раствора из устройства для обезвоживания и концентрирования водного солевого раствора посредством трубопровода соединен с приемником концентрированного солевого раствора.

