

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043625**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.06.06

(21) Номер заявки
202091001

(22) Дата подачи заявки
2018.10.24

(51) Int. Cl. **C09K 8/03** (2006.01)
C01D 3/12 (2006.01)
C01D 15/04 (2006.01)

(54) **СТАБИЛИЗАЦИЯ И ПониЖЕНИЕ ИТК СОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ, СОДЕРЖАЩИХ
ЙОДИДЫ ОДНОВАЛЕНТНОГО МЕТАЛЛА**

(31) **15/791,872**

(32) **2017.10.24**

(33) **US**

(43) **2020.07.10**

(86) **PCT/US2018/057202**

(87) **WO 2019/084076 2019.05.02**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ТЕТРА ТЕКНОЛОДЖИС, ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
Мак Артур Г., Фаулер Дрю А. (US)

(74) Представитель:
Кубряков Б.Е. (BY)

(56) US-A-4444668
WO-A1-2017165754
GB-A-2334279
US-A-5846914
US-A-2898294

(57) Композиция солевого раствора для использования при деятельности в стволе скважины во время этапа бурения и этапа вскрытия продуктивного пласта нефтегазодобывающей скважины. Композиция представляет собой стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла, который содержит йодид щелочного металла, выбранный из группы, состоящей из йодида лития, йодида натрия, йодида калия, йодида цезия, йодида рубидия и их комбинаций, первый стабилизатор йодида, который присутствует в количестве в диапазоне 1-30 мас.% стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла и содержит низкомолекулярный полиол, выбранный из группы, состоящей из сорбита, глицерина, ксилита, маннита, диглицерина, полиэтиленгликоля с молекулярной массой менее 1000 Да и их комбинаций, второй стабилизатор йодида, который присутствует в количестве в диапазоне 0,001-5% об./об. и который выбран из группы, состоящей из аминов, аминокспиртов, гидроксиламинов, гидразинов, эриторбиновой кислоты и производных солей-эриторбатов, аскорбиновой кислоты и производных солей-аскорбатов, лимонной кислоты и производных солей-цитратов и их комбинаций, воду, присутствующую в диапазоне от 20 мас.% до 55 мас.% стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла. Стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла имеет плотность от 1,5 г/см³ до 1,92 г/см³ и истинную температуру кристаллизации, которая меньше или равняется 21°C.

043625
B1

043625
B1

Область техники

Описаны композиции для применения в скважинных флюидах при скважинных операциях. Более конкретно, описаны композиции с низкими температурами кристаллизации и высокими значениями плотности для применения в скважинных флюидах при скважинных операциях.

Описание уровня техники

Соли одновалентных галидов часто применяются в качестве недорогого варианта флюидов низкой плотности при нефтегазопроисловых работах. Большинство галидных флюидов для вскрытия основаны на хлоридах, бромидах или смесях этих двух компонентов. Бромиды предпочтительны по сравнению с хлоридами, поскольку они, как правило, обеспечивают более высокие плотности и низкие скорости коррозии. В настоящее время, для достижения плотности больше 12,5 фунтов на галлон (фунт/гал) ($1,5 \text{ г/см}^3$) необходимо применение формиатных солевых растворов, а для значения больше 13,1 фунт/гал ($1,57 \text{ г/см}^3$) - формиата цезия. Как правило, солевые растворы повышенной плотности необходимы для глубоководных работ. Несмотря на то, что формиатные солевые растворы могут быть несовместимы с добавками, которые традиционно используются в галидных солевых растворах, наиболее сдерживающим фактором в отношении применения формиата цезия является ограниченное количество и, следовательно, высокие затраты, связанные с этими флюидами. Таким образом, желательным является повышение плотности солевых растворов на основе галидов щелочных металлов, которые были бы стабильными и имели низкие температуры кристаллизации.

При применении в качестве флюида для вскрытия, солевые растворы могут кристаллизоваться, если они поддаются воздействию пониженных температур и/или повышенного давления. Ввиду того, что плотность солевого раствора становится больше стороны соли в эвтектической точке, как и истинная температура кристаллизации (ИТК) и температура кристаллизации под давлением (ТКПД), это может привести к закупорке в трубчатых элементах в скважине или в оборудовании на поверхности в случае кристаллизации флюида. Если происходит кристаллизация и твердое вещество отфильтровывается из солевого раствора, это приведет к понижению плотности флюида и может вызвать проблемы стабильности скважины или фонтан. Применение давления к одновалентному солевому раствору при плотности выше эвтектической точки приведет к увеличению плотности, что, в свою очередь, может привести к кристаллизации. Таким образом, желательным является снижение ИТК флюида при заданной плотности.

Для снижения ИТК и ТКПД могут применяться ингибиторы кристаллизации, однако это также может привести к понижению плотности солевого раствора. Соли цинка, такие как бромид цинка (ZnBr_2), могут быть использованы для увеличения плотности до чем 14,2 фунт/гал ($1,7 \text{ г/см}^3$), при этом поддерживая низкую истинную температуру кристаллизации. Однако цинк является загрязнителем морской среды и может привести к проблемам на стадии переработки, если остаток цинка находится в нефти, которая была отправлена на нефтеперерабатывающий завод.

ИТК в традиционных системах солевых растворов может быть понижена посредством ингибиторов кристаллизации, таких как метанол и этиленгликоль, однако они также могут существенно снизить плотность солевого раствора (делая его непригодным для исходной цели), что требует добавления большего количества твердой соли для возврата плотности солевого раствора к рабочей плотности. В большинстве случаев достаточное количество соли не может быть добавлено для достижения рабочей плотности и необходимой температуры кристаллизации без добавления утяжеляющих добавок, таких как бромид цинка.

Раскрытие сущности изобретения

Описаны композиции для применения в скважинных флюидах при скважинных операциях. Более конкретно, описаны композиции с низкими температурами кристаллизации и высокими значениями плотности для применения в скважинных флюидах при скважинных операциях.

В первом аспекте представлена композиция для применения в скважинной деятельности. Композиция включает стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла, который представляет собой одновалентную солевую систему, которая включает йодид щелочного металла, первый стабилизатор йодида, который пригоден для удаления свободного йода, предотвращения образования свободного йода и сдерживания ИТК, и воду, причем стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла имеет плотность от 12,5 ф./гал ($1,5 \text{ г/см}^3$) до 16 ф./гал ($1,92 \text{ г/см}^3$) и ИТК, которая меньше или равняется 70°F (21°C).

В некоторых аспектах йодид щелочного металла выбран из группы, состоящей из йодида лития, йодида натрия, йодида калия, йодида цезия, йодида рубидия и их комбинаций. В некоторых аспектах первый стабилизатор йодида представляет собой полиол с низким молекулярным весом. В некоторых аспектах полиол с низким молекулярным весом выбран из группы, состоящей из сорбита, глицерина, ксилитола, маннитола, диглицерина, полиэтиленгликоля с молекулярным весом меньше 1000 Да и их комбинаций. В некоторых аспектах йодид щелочного металла присутствует в диапазоне от 1 вес.% до 70 вес.%, а также первый стабилизатор йодида присутствует в диапазоне от 0,1 вес.% до 35 вес.% от стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла. В некоторых аспектах одновалентная солевая система дополнительно включает дополнительный галид. В некоторых аспектах дополнительный галид выбран из группы, состоящей из галида щелочноземельного металла, галида щелочного металла и

их комбинаций. В некоторых аспектах дополнительный галид включает галид щелочного металла, выбранный из группы, состоящей из бромида лития, хлорида лития, бромида натрия, хлорида натрия, бромида калия, хлорида калия, бромида цезия, хлорида цезия, бромида рубидия, хлорида рубидия и их комбинаций. В некоторых аспектах дополнительный галид включает галид щелочноземельного металла, выбранный из группы, состоящей из бромида кальция, хлорида кальция, йодида кальция, бромида магния, хлорида магния, йодида магния, бромида стронция, хлорида стронция, йодида стронция и их комбинаций. В некоторых аспектах йодид щелочного металла присутствует в диапазоне от 1 вес.% до 70 вес.% от стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла, а также дополнительный галид присутствует в диапазоне от 1 вес.% до 45 вес.%, а также первый стабилизатор йодида присутствует в диапазоне от 0,1 вес.% до 35 вес.% от стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла. В некоторых аспектах стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла дополнительно включает второй стабилизатор йодида. В некоторых аспектах второй стабилизатор йодида выбран из группы, состоящей из аминов, аминокспиртов, гидроксилламинов, гидразинов, эриторбиновой кислоты и производных солей-эриторбатов, аскорбиновой кислоты и производных солей-аскорбатов, лимонной кислоты и производных солей-цитратов и их комбинаций. В некоторых аспектах второй стабилизатор йодида присутствует в количестве от 0,001% об./об. до 5% об./об.

Во втором аспекте представлен способ осуществления деятельности в стволе скважины во время этапа бурения и этапа вскрытия продуктивного пласта нефтегазодобывающей скважины с использованием стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла. Способ включает этапы введения стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла в скважину, при этом стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла содержит йодид щелочного металла, первый стабилизатор йодида, который пригоден для удаления свободного йода, предотвращения образования свободного йода и сдерживания ИТК, и воду, при этом вода присутствует в диапазоне 20-55 мас.% стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла, а также завершения скважинной деятельности.

В некоторых аспектах скважинная деятельность выбрана из группы, состоящей из бурения, бурения продуктивного пласта, работ по оборудованию, работ по подземному ремонту, внутрискважинных работ и деятельность ведут с использованием пакерной жидкости.

В третьем аспекте представлен способ получения солевого раствора, свободного от твердых веществ который представляет собой стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла. Способ включает добавление количества 1-70 мас.% йодида щелочного металла, причем йодид щелочного металла выбран из группы, состоящей из йодида лития, йодида натрия, йодида калия, йодида цезия, йодида рубидия и их комбинаций;

добавление количества 1-30 мас.% первого стабилизатора йодида, причем первый стабилизатор йодида пригоден для удаления свободного йода, предотвращения образования свободного йода и уменьшения ИТК, причем первый стабилизатор йодида содержит низкомолекулярный полиол, причем низкомолекулярный полиол выбран из группы, состоящей из сорбита, глицерина, ксилита, маннита, диглицерина, полиэтиленгликоля с молекулярной массой менее 1000 Да и их комбинаций; и

добавление 0,001-5% об./об. второго стабилизатора йодида, причем второй стабилизатор йодида пригоден для стабилизации первого стабилизатора йодида, причем второй стабилизатор йодида выбран из группы, состоящей из аминов, аминокспиртов, гидроксилламинов, гидразинов, эриторбиновой кислоты и производных солей-эриторбатов, аскорбиновой кислоты и производных солей-аскорбатов, лимонной кислоты и производных солей-цитратов и их комбинаций, причем амины выбраны из группы, состоящей из этилендиамина (EDA), диэтилентриамина (DETA), триэтилентетрамина (ТЕТА), тетраэтиленпентамина (ТЕРА), пентаэтиленгексамина (ПЕНА), аминоэтилпиперазина (АЕР), гексаэтиленгептамина (НЕНА), пиперазина, диэтилгидроксиламина (ДЕНА), метоксипропиламина (МОРРА), морфолина, н-аминопропилморфолина (АРМ) и их комбинаций, причем аминокспирты выбраны из группы, состоящей из моноэтаноламина (МЕА), диэтаноламина (ДЕА), триэтаноламина (ТЕА), диэтиламиноэтанола (ДЕАЕ), диметилэтаноламина (DMEA), аминоэтилэтаноламина (АЕЕА), 4-[2-гидроксиэтил]морфолина, дигликольамина и их комбинаций.

добавление воды в диапазоне 20-55 мас.% стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла.

В некоторых аспектах способ дополнительно включает этап добавления некоторого количества второго стабилизатора йодида в стабилизированный солевой раствор йодида.

Подробное описание изобретения

Несмотря на то, что объем изобретения будет описан на нескольких вариантах реализации, следует понимать, что специалисту в данной области техники будет ясно, что множество примеров, вариаций и изменений устройства и способов, описанных в настоящем документе, входят в пределы объема и сущности изобретения. Следовательно, примеры вариантов реализации, описанные в настоящем документе, изложены без какого-либо упущения обобщенности и без наложения ограничения.

Композиции и способы, описанные в настоящем документе, направлены на солевые растворы, содержащие йодид щелочного металла, которые являются стабилизированными. Композиции и способы, описанные в настоящем документе, направлены на стабилизированные солевые растворы йодида щелоч-

ного металла для применения в скважинных деятельности. По меньшей мере в одном варианте реализации стабилизированные солевые растворы йодида щелочного металла представляют собой чистые солевые растворы.

Йодиды щелочных металлов могут достигать большую плотность и большую растворимость по сравнению с другими галидами щелочных металлов, как показано в табл. 1.

Таблица 1
Растворимость галидов щелочных металлов

Соль галида щелочного металла	Растворимость в граммах на 100 миллилитров при 0 градусах Цельсия (°C) ¹	Плотность безводной соли галида щелочного металла, граммы на кубический сантиметр (г/см ³) ¹
Хлорид лития (LiCl)	69,2	2,07
Бромид лития (LiBr)	143	3,46
Йодид лития (LiI)	151	4,08
Хлорид натрия (NaCl)	35,6	2,16
Бромид натрия (NaBr)	80,2	3,21
Йодид натрия (NaI)	159	3,67
Хлорид калия (KCl)	28	1,98
Бромид калия (KBr)	53,6	2,74
Йодид калия (KI)	128	3,12

¹https://en.wikipedia.org/wiki/Solubility_table

Однако солевые растворы йодида щелочного металла могут быть нестабильными и стремиться к образованию свободного йода при воздействии на них кислорода или углекислого газа. Солевые растворы могут получать углекислый газ и кислород из воздуха при откачивании и циркуляции. Кислород или углекислый газ может окислять ион йодида (I⁻) до йода (I₂). Присутствие йода дает в результате солевой раствор оранжевого цвета и в конечном итоге может привести к образованию кристаллов йода. Реакция иона йодида до йода может дать нежелательные побочные продукты, которые могут оказывать отрицательное воздействие на свойства солевого раствора и скважинные операции. Солевые растворы йодида щелочного металла, при отсутствии первого стабилизатора йодида, могут в результате привести к разложению солевого раствора. Разложенные солевые растворы могут включать галогены, которые могут вступать в реакцию со скважиной и могут быть коррозионными. Ввиду этой нестабильности, солевые растворы йодида щелочного металла не использовались в сфере коммерческой скважинной деятельности. Предпочтительно, добавление первого стабилизатора йодида, описанного в настоящем документе, демонстрирует возможность стабилизации йодидов щелочных металлов в солевом растворе путем удаления свободного йода и защиты от дальнейшего окисления.

Предпочтительно, композиции стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла имеют плотности больше 10 фунт/гал (1,2 г/см³), повышенное сдерживание газовых гидратов, стабильность при повышенных температурах и ИТК, которая меньше или равняется 70 градусам Фаренгейта (°F) (21°C). Предпочтительно, композиции стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла могут иметь плотности, которые равняются или больше чем у двухвалентных солевых растворов или формиатных солевых растворов, что делает стабилизированные солевые растворы йодида щелочного металла заменителями двухвалентных солевых растворов и формиатных солевых растворов. Замена двухвалентных солевых растворов стабилизированными соевыми растворами йодида щелочного металла является преимущественной, поскольку одновалентные солевые растворы склонны обладать меньшим количеством проблем совместимости с другими скважинными флюидами, могут вызывать меньшую коррозию и могут вызывать меньшее повреждение пласта, окружающего секцию выработки углеводорода в скважине. Предпочтительно, стабилизированные солевые растворы йодида щелочноземельного металла могут быть составлены так, чтобы обладать целевыми свойствами, желательными для скважинной деятельности, так что составы могут меняться в зависимости от плотности и ИТК, которые желательны для заданной скважинной деятельности или набора скважинных и рабочих условий.

"Йодид щелочного металла", используемый в настоящем документе, относится к соединению, содержащему ион щелочного металла и ион йодида. Примеры йодидов щелочных металлов могут включать в себя йодид лития, йодид натрия, йодид калия, йодид цезия, йодид рубидия и их комбинации.

"Дополнительный галид", используемый в настоящем документе, относится к галиду щелочного

металла, галиду щелочноземельного металла и их комбинациям.

"Галид щелочного металла", используемый в настоящем документе, относится к соединению соли, содержащему ион щелочного металла и ион галида, отличный от йодида. Примеры галидов щелочных металлов могут включать в себя бромид лития, хлорид лития, бромид натрия, хлорид натрия, бромид калия, хлорид калия, бромид цезия, хлорид цезия, бромид рубидия, хлорид рубидия и их комбинации.

"Галид щелочноземельного металла", используемый в настоящем документе, относится к соединению соли, содержащему ион щелочноземельного металла и ион галида. Примеры галидов щелочноземельных металлов могут включать в себя бромид кальция, хлорид кальция, йодид кальция, бромид магния, хлорид магния, йодид магния, бромид стронция, хлорид стронция, йодид стронция и их комбинации.

"Первый стабилизатор йодида", используемый в настоящем документе, относится к соединению, которое может удалять свободный йод, предотвращать образование свободного йода, при этом также понижая ИТК.

"Истинная температура кристаллизации" или "ИТК", используемая в настоящем документе, относится к температуре, при которой в солевом растворе образуются кристаллы при заданной плотности солевого раствора. Истинная температура кристаллизации определяется как температура, соответствующая максимальной температуре, достигаемой после минимума переохлаждения. На графике температура в ходе цикла охлаждения ИТК является максимальной температурой, достигаемой после минимума переохлаждения или точки перегиба в случаях отсутствия переохлаждения. При отсутствии переохлаждения, ИТК будет равняться температуре появления первого кристалла (ПИК). ИТК представляет собой измеренную температуру кристаллизации, наиболее близкую к температуре, при которой солевой раствор будет естественным образом кристаллизоваться в насосах, трактах, фильтрационных блоках и емкостях. Это дополнительно описано в API Recommended Practice 13J, Testing of Heavy Brines, 5th Ed. October 2014. В качестве примера, в одновалентном солевом растворе, содержащем только одновалентную соль и воду, по мере изменения плотности солевого раствора, изменяется ИТК.

"Чистый солевой раствор", используемый в настоящем документе, относится к свободному от твердых веществ жидкому солевому раствору, в котором соли полностью растворены, а твердые вещества, такие как утяжеляющие материалы, материалы для борьбы с поглощением и загустители, не добавлены. Предпочтительно, чистые солевые растворы обладают плотностями, достаточными для поддержания контроля скважины, при этом минимизируя потенциальное повреждение зоны добычи скважины, которое может возникнуть вследствие нерастворенных твердых веществ.

"Полиолы с низким молекулярным весом", используемые в настоящем документе, означают полиолы с молекулярным весом, который меньше 1000 дальтон (Да).

"Второй стабилизатор йодида", используемый в настоящем документе, относится к соединению, которое может поглощать свободный кислород или углекислый газ, присутствующий в солевом растворе, для предотвращения дальнейшего окисления йодида до йода и может вступать в реакцию с йодом для получения йодида и стабилизации солевого раствора. Предпочтительно, второй стабилизатор йодида также может стабилизировать первый стабилизатор йодида.

"Водный флюид", используемый в настоящем документе, относится к флюиду, содержащему воду, который может быть применен в скважинной деятельности. Примеры водного флюида могут включать в себя воду, солевой раствор, буровые флюиды на основе воды и их комбинации.

Стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла может содержать одновалентную солевую систему, первый стабилизатор йодида и водный флюид. По меньшей мере в одном варианте реализации стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла может содержать одновалентную солевую систему, первый стабилизатор йодида, водный флюид и второй стабилизатор йодида.

Одновалентная солевая система может содержать отдельно йодид щелочного металла или йодид щелочного металла в комбинации с дополнительным галидом. По меньшей мере в одном варианте реализации, в котором одновалентная солевая система содержит только йодид щелочного металла, стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла может содержать йодид щелочного металла, первый стабилизатор йодида и водный флюид. По меньшей мере в одном варианте реализации, в котором одновалентная солевая система содержит комбинацию йодида щелочного металла и дополнительного галида, стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла может содержать йодид щелочного металла, дополнительный галид, первый стабилизатор йодида и водный флюид. По меньшей мере в одном варианте реализации стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла может содержать йодид щелочного металла, дополнительный галид, первый стабилизатор йодида, водный флюид и второй стабилизатор йодида. Примеры первого стабилизатора йодида могут включать в себя полиолы с низким молекулярным весом. Примеры полиолов с низким молекулярным весом включают в себя сорбит, глицерин, ксилитол, маннитол, диглицерин, полиэтиленгликоль с молекулярным весом меньше 1000 Да и их комбинации.

Примеры второго стабилизатора йодида могут включать в себя амины, аминоспирты, гидроксилмины, гидразины, эриторбиновую кислоту и производные солей-эриторбатов, аскорбиновую кислоту и производные солей-аскорбатов, лимонную кислоту и производные солей-цитратов и их комбинаций.

Примеры аминов включают в себя этилендиамин (EDA), диэтилентриамин (DETA), триэтилететрамин (ТЕТА), тетраэтиленпентамин (ТЕРА), пентаэтиленгексамин (РЕНА), аминоэтилпиперазин (АЕР), гексаэтиленгептамин (НЕНА), пиперазин, метоксипропиламин (МОРА), морфолин, n-аминопропилморфолин (АРМ) и их комбинации. Примеры аминокспиртов включают в себя моноэтаноламин (МЕА), диэтаноламин (DEA), триэтаноламин (TEA), диэтиламиноэтанол (DEAE), диметилэтаноламин (DMEA), N-[3-аминопропил]диэтаноламин, аминоэтилэтаноламин (AEEA), 4-[2-гидроксиэтил]морфолин, дигликольамин и их комбинации. Примеры гидроксиламинов включают в себя диэтилгидроксиламин (ДЕНА), диметилгидроксиламин (DMHA), гидроксилламин и их комбинации. Примеры производных солей-эриторбатов включают в себя эриторбат натрия. Примеры производных солей-аскорбатов включают в себя аскорбат натрия, аскорбат калия, аскорбат магния, аскорбат кальция и их комбинации. Примеры производных солей-цитратов включают в себя цитрат моно-, ди- и тринатрия, цитрат моно-, ди- и трикалия, цитрат моно-, ди- и тримагния, цитрат моно-, ди- и трикальция и их комбинации. По меньшей мере в одном варианте реализации второй стабилизатор йодида может представлять собой МЕА-амин. По меньшей мере в одном варианте реализации второй стабилизатор йодида может представлять собой амин, который может содержать комбинацию ТЕРА, РЕНА и НЕНА, продаваемых под наименованием этиленамин E-100 от "Huntsman Corporation" (Зе-Вудлендс, штат Техас).

В варианте реализации стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла, в котором одновалентная солевая система содержит только йодид щелочного металла, йодид щелочного металла может присутствовать в диапазоне от 1 процента по весу (вес.%) до 70 вес.% стабилизированного одновалентного солевого раствора йодида и, в качестве альтернативы, от 5 вес.% до 65 вес.% стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла. В варианте реализации стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла, в котором одновалентная солевая система содержит только йодид щелочного металла, первый стабилизатор йодида щелочного металла может присутствовать в диапазоне от 0,1 вес.% до 35 вес.% стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла, в качестве альтернативы, от 1 вес.% до 30 вес.% стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла, и, в качестве альтернативы, от 2 вес.% до 25 вес.% стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла. В варианте реализации стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла, в котором одновалентная солевая система содержит только йодид щелочного металла, второй стабилизатор йодида может присутствовать в количестве от 0,001 процента объема к общему объему (% об./об.) до 5% об./об.

В варианте реализации стабилизированного солевого раствора йодида, щелочного металла в котором одновалентная солевая система содержит комбинацию йодида щелочного металла и дополнительного галида, йодид щелочного металла может присутствовать в диапазоне от 1 вес.% до 70 вес.% стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла. В варианте реализации стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла, в котором одновалентная солевая система содержит комбинацию йодида щелочного металла и дополнительного галида, дополнительный галид может присутствовать в диапазоне от 1 вес.% до 45 вес.% стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла. В варианте реализации стабилизированного одновалентного солевого раствора йодида, в котором одновалентная солевая система содержит комбинацию йодида щелочного металла и дополнительного галида, первый стабилизатор йодида может присутствовать в диапазоне от 0,1 вес.% до 35 вес.% стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла. В варианте реализации стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла, в котором одновалентная солевая система содержит комбинацию йодида щелочного металла и дополнительного галида, амин может присутствовать в количестве от 0,001% об./об. до 5% об./об.

Стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла представляет собой водную смесь, так что остальная часть стабилизированного двухвалентного солевого раствора йодида содержит водный флюид. По меньшей мере в одном варианте реализации водный флюид представляет собой воду. По меньшей мере в одном варианте реализации водный флюид представляет собой солевой раствор.

Стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла может иметь плотность от 10 фунт/гал до 17 фунт/гал (от 1,2 г/см³ до 2,04 г/см³) в качестве альтернативы, от 12,5 фунт/гал до 16 фунт/гал (от 1,5 г/см³ до 1,92 г/см³), и, в качестве альтернативы, от 13 фунт/гал до 15 фунт/гал (от 1,56 г/см³ до 1,8 г/см³).

Стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла может иметь ИТК, которая меньше или равна 70°F (21°C), в качестве альтернативы, меньше или равна 60°F (15,6°C), в качестве альтернативы, меньше или равна 50°F (10°C), в качестве альтернативы, меньше или равна 40°F (4,4°C), в качестве альтернативы, меньше или равна 30°F (-1,1°C), в качестве альтернативы, меньше или равна 20°F (-6,7°C), в качестве альтернативы, меньше или равна 10°F (-12,2°C), и, в качестве альтернативы, меньше или равна 0°F (-17,8°C).

Стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла может быть приготовлен путем смешивания одновалентной солевой системы и водного флюида в таких количествах, чтобы достигнуть желаемую плотность. На втором этапе может быть смешан первый стабилизатор йодида. По меньшей

мере в одном варианте реализации на третьем этапе добавляют дополнительные добавки, такие как второй стабилизатор йодида. После каждого этапа может быть проведено испытание свойств и, при необходимости, могут быть добавлены дополнительные компоненты. Стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла может быть приготовлен в месте расположения скважины, или же он может быть приготовлен за пределами места расположения скважины и доставлен в заранее подготовленном виде к месту расположения скважины. По меньшей мере в одном варианте реализации, если стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла готовят в месте расположения скважины, дополнительные количества соединений могут быть добавлены после исходного приготовления стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла. По меньшей мере в одном варианте реализации, если стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла готовят за пределами места расположения скважины, дополнительные количества соединений могут быть добавлены после доставки к месту расположения скважины для регулировки свойств, если это необходимо.

Стабилизированные солевые растворы йодида щелочного металла, описанные в настоящем документе, могут быть применены в любой скважинной деятельности в ходе фаз бурения и оборудования скважины для добычи нефти и газа, для которой необходим флюид на основе солевого раствора. Скважинные деятельности могут включать в себя бурение, бурение продуктивного пласта, работы по оборудованию, работы по подземному ремонту, внутрискважинные работы и деятельность ведут с использованием пакерной жидкости.

В стабилизированном солевом растворе йодида щелочного металла отсутствует формиат цезия, так что стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла не содержит формиат цезия. В стабилизированном солевом растворе йодида щелочного металла отсутствуют формиатные солевые растворы, так что стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла не содержит формиатные соли. В стабилизированном солевом растворе йодида щелочного металла отсутствуют соли-нитраты земельных металлов, так что стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла не содержит соли-нитраты земельных металлов.

Примеры

Для каждого из примеров были разработаны образцы на основе матричного подхода, направленного на плотность и ИТК. В матричном подходе была разработана матрица для проведения испытаний на основе изменения количества используемой соли йодида щелочного металла, и проводили измерения свойств. Затем была разработана матрица большего размера, а образцы составляли из этой матрицы большего размера для удовлетворения заранее определенным спецификациям. Образцы готовили путем смешивания солей с водой на первом этапе. На втором этапе добавляли дополнительные добавки, такие как первый стабилизатор йодида и второй стабилизатор йодида. Образцы перемешивали до полного растворения компонентов.

Пример 1. В Примере 1 анализировали свойства одновалентных односолевых растворов йодида. После приготовления образцов измеряли плотность и ИТК. Плотность измеряли при 60°F (15,6°C).

Таблица 2

Свойства солевых растворов йодида щелочного металла

	Вес. %	Вес. %	Вес. %	Вес. %	Плотность (фунт/гал) (г/см ³)	ИТК (°F) (°C)
	NaI	Воды	Глицерина	Сорбита		
Образец 1	58,3	41,7	0	0	15,49 1,86	3,7 -15,7
Образец 2	61,4	38,6	0	0	15,28 1,83	5 -15
Образец 3	55,5	27,8	0	16,7	15,13 1,81	-23 -30,6
Образец 4	64,3	35,7	0	0	15,93	54
					1,91	12,2
Образец 5	66,6	30,4	3	0	16,38 1,96	85 29,4
Образец 6	66,6	26,5	0	6,6	16,54 1,98	89 31,7

Данные, представленные в табл. 2, демонстрируют, что солевые растворы йодида щелочного металла могут достигать значений плотности больше чем 15 фунт/гал (1,8 г/см³), при этом сохраняя значения ИТК, обеспечивающие возможность применения одновалентных солевых растворов йодида в флюид-

дах для нефтегазопроисковых работ. Образцы 1, 2 и 4 не были стабильными с течением времени в отсутствии сорбита или глицерина, и демонстрировали окисление йодида, наблюдаемое за счет обесцвечивания флюида.

Пример 2. В примере 2 анализировали свойства одновалентных солевых растворов. В табл. 3 образцы 1 и 2 были образцами сравнения, содержащими только бромид натрия. После приготовления образцов измеряли плотность и ИТК. Плотность измеряли при 60°F (15,6°C).

Таблица 3
Свойства солевых растворов

	Вес. % NaBr	Вес. % NaI	Вес. % Воды	Вес. % Сорбита	Плотность (фунт/гал) (г/см ³)	ИТК (°F) (°C)
Образец 1	37,7	0	32,2	30	13,0 1,56	21 -6,1
Образец 2	42,1	0	37,9	20	13,0 1,56	50 10
Образец 3	30	10	30	30	13,41 1,61	24 -4,4
Образец 4	30	15	35	20	13,55 1,62	37 2,8
Образец 5	25	20	35	20	13,64 1,62	27 -2,8
Образец 6	20	25	35	20	13,62 1,63	-7 -21,7
Образец 7	27,5	22,5	35	15	14,02 1,68	62 16,7
Образец 8	22,5	27,5	35	15	14,08 1,69	51 10,6
Образец 9	22,7	27,3	40	10	13,77 1,65	26 -3,3
Образец 10	20	35	35	10	14,70 1,76	64 17,8
Образец 11	15	40	35	10	14,76 1,77	40 4,4
Образец 12	13,6	42,4	34,0	10	15,00 1,8	42 5,6
Образец 13	11,4	42,4	31,3	15	14,97 1,79	31 -0,6
Образец 14	9,1	42,5	28,4	20	14,99 1,8	6 -14,4

Данные по Образцу 14 иллюстрируют, что могут быть составлены солевые растворы йодида щелочного металла, имеющие значения плотности приблизительно 15 фунт/гал (1,8 г/см³) с ИТК меньше 30°F (-1,1°C). Образцы демонстрируют то, каким образом компоненты могут влиять на свойства плотности и ИТК, и то, что конкретные составы должны быть основаны на желаемых свойствах для конкретной скважинной деятельности, подлежащей выполнению. Композиция в Образце 14 дает наивысшую плотность, при этом сохраняя низкую ИТК.

Пример 3. В Примере 3 испытывали стабильность солевых растворов йодида щелочного металла при повышенных температурах. В табл. 4 образец 1 представлял собой стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла, содержащий 35 вес.% воды, 25 вес.% NaBr в качестве дополнительного галида, 20 вес.% NaI в качестве одновалентного йодида и 20 вес.% сорбита в качестве первого стабилизатора йодида с плотностью 13,64 фунт/гал (1,63 г/см³) и ИТК 27°F (-2,8°C). Образец 2 готовили путем добавления 0,03% об./об. МЕА в качестве второго стабилизатора йодида в стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла из Образца 1. Приготовленные образцы вводили в высокотемпературную ячейку для старения и подвергали воздействию давления 300 фунт/кв.дюйм (2068,43 кПа) азота, и

помещали в печь с установленной температурой 300°F (149°C) на 7 суток. Испытание значения pH и ИТК проводили после приготовления образцов и после испытания на старение.

Таблица 4

Термальная стабильность Образцов 1 и 2 при 300°F (149°C) в течение 7 суток.

	Образец 1	Образец 2
Первый стабилизатор йодида	20% сорбита	20% сорбита
Второй стабилизатор йодида	-	0,30 % об/об MEA
Значение pH перед тепловым старением	7,01	10,68
Значение pH после 1 недели при 300 град. F (149°C)	3,51	9,90
ИТК перед старением	27 град. F (-2,8°C)	27 град. F (-2,8°C)
ИТК после старения	27 град. F (-2,8°C)	27 град. F (-2,8°C)
Цвет флюида перед старением	Бледно-желтый	Бесцветный
Цвет флюида после старения	Темно-коричневый	Бледно-желтый

Таблица 5

Данные в отношении коррозии солевого раствора йодида щелочного металла

	Образец 1	Образец 2
Первый стабилизатор йодида	20 % сорбита	20 % сорбита
Второй стабилизатор йодида	-	0,30 % об/об MEA
Значение pH перед старением	7,01	10,68
Значение pH после 1 недели при 300 град. F (149°C)	4,95	10,54
Скорость коррозии (мил/год)	2,95	0,02

В табл. 4 проиллюстрировано, что добавление MEA дает солевой раствор, который является более стабильным после длительного воздействия высоких температур. Изменение значения pH в Образце 1, предположительно, говорит о том, что первый стабилизатор йодида претерпел разложение ввиду повышенной температуры, что предотвращается в Образце 2 за счет наличия MEA. О разложении также свидетельствует изменение цвета. Влияние на ИТК оказано не было. Данные, представленные в табл. 5, демонстрируют, что скорость коррозии для Образца 1 значительно выше при отсутствии MEA, что обеспечивает дополнительные основания для того, что добавление MEA стабилизирует значение pH.

Пример 4. Данные, представленные в табл. 6, представляют собой данные в отношении состава, плотности и ИТК по различным солевым растворам, составленным с использованием йодидных солей щелочных металлов. Эти данные показывают, что различные йодидные соли щелочных металлов могут быть использованы для составления солевых растворов со значениями плотности, которые выше, чем у доступных в настоящее время вариантов, при этом сохраняя ИТК, которая обеспечивает возможность применения солевого раствора в глубоководных работах и других вариантах применения, которые требовали бы низкую ИТК.

Таблица 6
Свойства солевых растворов йодида щелочного металла

	Вес. % KI	Вес. % Воды	Вес. % Глицерина	Вес. % Сорбита	Плотность (фунт/гал) (г/см ³)	ИТК (°F) (°C)
Образец 1	56,2	43,8	0	0	13,83 1,66	21 -6,1
Образец 2	56,1	36,0	0	7,9	14,05 1,68	36 2,2
Образец 3	56,6	39,1	4,3	0	14,5 1,74	48 8,9
Образец 4	59,2	40,8	0	0	14,24 1,71	50 10,0

Данные, представленные в Таблице 6, демонстрируют, что стабилизированные солевые растворы йодида щелочного металла могут достигать значений плотности, составляющих по меньшей мере 14 фунт/гал (1,68 г/см³), и ИТК, составляющей менее 50°F (10,0°C). Образцы 1 и 4 были нестабильными с течением времени ввиду отсутствия первого стабилизатора йодида.

Таблица 7
Свойства солевых растворов йодида щелочного металла

	Вес. % NaBr	Вес. % KI	Вес. % Воды	Плотность (фунт/гал) (г/см ³)	ИТК (°F) (°C)
Образец 1	40,0	10,0	50,0	12,94 1,55	7,6 -13,6
Образец 2	15,6	32,0	48,4	13,17 1,58	22 -5,6
Образец 3	10,0	40,1	49,9	12,98 1,56	-17 -27,2
Образец 4	29,8	20,5	49,7	13,07 1,57	35,6 2
Образец 5	25,0	25,3	49,7	13,05 1,56	34 1,1
Образец 6	5,21	44,95	49,84	12,97 1,55	-13 -25
Образец 7	19,48	39,1	41,36	14,32 1,72	92 33,3

Как показано в табл. 7, могут быть составлены одновалентные многосолевые растворы йодида, которые имеют значения плотности вплоть до 13,2 фунт/гал (1,58 г/см³) с ИТК менее 30°F (-1,1°C). Данные, представленные в табл. 7, демонстрируют, что составы солевых растворов йодида щелочного металла могут быть адаптированы для удовлетворения потребностей скважинной деятельности.

Таблица 8
Свойства солевых растворов йодида щелочного металла

	Вес. % LiI	Вес. % Воды	Плотность (фунт/гал) (г/см ³)	ИТК (°F) (°C)
Образец 1	47,9	52,1	12,76 1,53	< -50 < -45,6
Образец 2	52,1	47,9	14,53 1,74	2,5 -16,4
Образец 3	60,0	40,0	14,78 1,83	38,5 3,6

Как показано в табл. 8, могут быть составлены солевые растворы йодида щелочного металла, которые включают йодид лития, имеющие значения плотности вплоть до 14,88 фунт/гал (1,78 г/см³) с ИТК, составляющей 39°F (3,9°C) или ниже.

Несмотря на то, что представленные варианты реализации были подробно описаны, следует понимать, что в них могут быть сделаны различные изменения, замены и модификации без выхода за рамки сущности и объема изобретения. Следовательно, объем должен определяться представленной далее формулой изобретения и ее подходящими законными эквивалентами.

Грамматические формы единственного числа включают ссылки на множественное число, если контекстом явным образом не предусмотрено иное.

Необязательный или необязательно означает, что описанное далее событие или обстоятельства могут иметь место или могут не иметь место. В описание включены случаи, когда событие или обстоятельство имеет место, и случаи, когда оно не имеет место.

Диапазоны могут быть выражены в настоящем документе как от примерно одного конкретного значения и/или до примерно другого конкретного значения. Когда такой диапазон выражен, следует понимать, что в другом варианте реализации предусмотрен диапазон от одного конкретного значения и/или до другого конкретного значения вместе со всеми комбинациями в пределах указанного диапазона.

Предполагается, что каждое из слов "содержит", "имеет" и "включает", а также всех их грамматических вариаций, используемых в настоящем документе и в прилагаемой формуле изобретения, имеет открытое, неограничивающее значение, которое не исключает наличия дополнительных элементов или этапов.

Следует понимать, что простое использование термина "первичный" и "вторичный" не требует наличия какого-либо "третичного" или "третьего" компонента, хотя это может предполагаться в объеме вариантов реализации.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Композиция солевого раствора, свободного от твердых веществ, для использования при деятельности в стволе скважины во время этапа бурения и этапа вскрытия продуктивного пласта нефтегазодобывающей скважины, представляющая собой:

стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла, при этом стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла содержит:

йодид щелочного металла, причем йодид щелочного металла выбран из группы, состоящей из йодида лития, йодида натрия, йодида калия, йодида цезия, йодида рубидия и их комбинаций;

первый стабилизатор йодида, при этом количество первого стабилизатора йодида пригодно для удаления свободного йода, предотвращения образования свободного йода и уменьшения истинной температуры кристаллизации (ИТК), причем первый стабилизатор йодида содержит низкомолекулярный полиол, причем низкомолекулярный полиол выбран из группы, состоящей из сорбита, глицерина, ксилита, маннита, диглицерина, полиэтиленгликоля с молекулярной массой менее 1000 Да и их комбинаций, причем первый стабилизатор йодида присутствует в количестве в диапазоне 1-30 мас.% стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла;

второй стабилизатор йодида, причем второй стабилизатор йодида присутствует в количестве в диапазоне 0,001-5% об./об., причем количество второго стабилизатора йодида пригодно для стабилизации первого стабилизатора йодида, причем второй стабилизатор йодида выбран из группы, состоящей из аминов, аминокислот, гидроксиламинов, гидразинов, эриторбиновой кислоты и производных солей-эриторбатов, аскорбиновой кислоты и производных солей-аскорбатов, лимонной кислоты и производных солей-цитратов и их комбинаций, причем амины выбраны из группы, состоящей из этилендиамина (EDA), диэтилентриамина (DETA), триэтилентетрамина (ТЕТА), тетраэтиленпентамина (ТЕРА), пентаэтиленгексамина (РЕНА), аминоэтилпиперазина (АЕР), гексаэтиленгептамина (НЕНА), пиперазина, диэтилгидроксиламина (ДЕНА), метоксипропиламина (МОРПА), морфолина, n-аминопропилморфолина (АРМ) и их комбинаций, причем аминокислоты выбраны из группы, состоящей из моноэтаноламина (МЕА), диэтаноламина (ДЕА), триэтаноламина (ТЕА), диэтиламиноэтанола (ДЕАЕ), диметилэтанолamina (DMEA), аминоэтилэтанолamina (АЕЕА), 4-[2-гидроксиэтил]морфолина, дигликольamina и их комбинаций; и

воду, присутствующую в диапазоне от 20 мас.% до 55 мас.% стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла;

где стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла имеет плотность от 12,5 ф./гал (1,5 г/см³) до 16 ф./гал (1,92 г/см³);

где стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла имеет ИТК, которая меньше или равняется 70°F (21°C).

2. Композиция по п.1, отличающаяся тем, что йодид щелочного металла присутствует в диапазоне от 1 мас.% до 70 мас.%.

3. Композиция по любому из пп.1, 2, отличающаяся тем, что стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла дополнительно содержит дополнительный галид.

4. Композиция по п.3, отличающаяся тем, что дополнительный галид выбран из группы, состоящей из галида щелочноземельного металла, выбранного из группы, состоящей из бромида кальция, хлорида

кальция, йодида кальция, бромида магния, хлорида магния, йодида магния, бромида стронция, хлорида стронция, йодида стронция и их комбинаций, галида щелочного металла, выбранного из группы, состоящей из бромида лития, хлорида лития, бромида натрия, хлорида натрия, бромида калия, хлорида калия, бромида цезия, хлорида цезия, бромида рубидия, хлорида рубидия и их комбинаций, и комбинаций галида щелочноземельного металла и галида щелочного металла.

5. Композиция по п.3, отличающаяся тем, что дополнительный галид содержит галид щелочного металла, выбранный из группы, состоящей из бромида лития, хлорида лития, бромида натрия, хлорида натрия, бромида калия, хлорида калия, бромида цезия, хлорида цезия, бромида рубидия, хлорида рубидия и их комбинаций.

6. Композиция по п.3, отличающаяся тем, что дополнительный галид содержит галид щелочноземельного металла, выбранный из группы, состоящей из бромида кальция, хлорида кальция, йодида кальция, бромида магния, хлорида магния, йодида магния, бромида стронция, хлорида стронция, йодида стронция и их комбинаций.

7. Композиция по п.3, отличающаяся тем, что йодид щелочного металла присутствует в диапазоне от 1 мас.% до 70 мас.% от стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла, а дополнительный галид присутствует в диапазоне от 1 мас.% до 45 мас.%.

8. Способ осуществления деятельности в стволе скважины во время этапа бурения и этапа вскрытия продуктивного пласта нефтегазодобывающей скважины с использованием композиции по п.1, включающий этапы, на которых:

вводят стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла в ствол скважины, при этом стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла содержит:

йодид щелочного металла, причем йодид щелочного металла выбран из группы, состоящей из йодида лития, йодида натрия, йодида калия, йодида цезия, йодида рубидия и их комбинаций;

первый стабилизатор йодида, при этом количество первого стабилизатора йодида пригодно для удаления свободного йода и уменьшения ИТК, причем первый стабилизатор йодида содержит низкомолекулярный полиол, причем низкомолекулярный полиол выбран из группы, состоящей из сорбита, глицерина, ксилита, маннита, диглицерина, полиэтиленгликоля с молекулярной массой менее 1000 Да и их комбинаций, причем первый стабилизатор йодида присутствует в количестве в диапазоне 1-30 мас.% стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла;

второй стабилизатор йодида, причем второй стабилизатор йодида присутствует в количестве в диапазоне 0,001-5% об./об., причем количество второго стабилизатора йодида пригодно для стабилизации первого стабилизатора йодида, причем второй стабилизатор йодида выбран из группы, состоящей из аминов, аминокспиртов, гидроксиламинов, гидразинов, эриторбиновой кислоты и производных солей-эриторбатов, аскорбиновой кислоты и производных солей-аскорбатов, лимонной кислоты и производных солей-цитратов и их комбинаций, причем амины выбраны из группы, состоящей из этилендиамина (EDA), диэтилентриамина (DETA), триэтилентетрамина (ТЕТА), тетраэтиленпентамина (ТЕРА), пентаэтиленгексамина (РЕНА), аминоэтилпиперазина (АЕР), гексаэтиленгептамина (НЕНА), пиперазина, диэтилгидроксиламина (ДЕНА), метоксипропиламина (МОРА), морфолина, н-аминопропилморфолина (АРМ) и их комбинаций, причем аминокспирты выбраны из группы, состоящей из моноэтаноламина (МЕА), диэтаноламина (ДЕА), триэтаноламина (ТЕА), диэтиламиноэтанола (ДЕАЕ), диметилэтаноламина (DMEA), аминоэтилэтаноламина (АЕЕА), 4-[2-гидроксиэтил]морфолина, дигликольамина и их комбинаций, и

воду, при этом вода присутствует в диапазоне 20-55 мас.% стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла, где стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла имеет плотность от 12,5 ф./гал (1,5 г/см³) до 16 ф./гал (1,92 г/см³) и представляет собой солевой раствор, свободный от твердых веществ;

завершают деятельность в стволе скважины.

9. Способ по п.8, отличающийся тем, что деятельность в стволе скважины выбрана из группы, состоящей из бурения, бурения продуктивного пласта, работ по оборудованию, работ по подземному ремонту, внутрискважинных работ, и деятельность ведут с использованием пакерной жидкости.

10. Способ по п.8 или 9, отличающийся тем, что стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла дополнительно содержит дополнительный галид, выбранный из группы, состоящей из галида щелочноземельного металла, выбранного из группы, состоящей из бромида кальция, хлорида кальция, йодида кальция, бромида магния, хлорида магния, йодида магния, бромида стронция, хлорида стронция, йодида стронция и их комбинаций, галид щелочного металла, выбранный из группы, состоящей из бромида лития, хлорида лития, бромида натрия, хлорида натрия, бромида калия, хлорида калия, бромида цезия, хлорида цезия, бромида рубидия, хлорида рубидия и их комбинаций, и комбинаций галида щелочноземельного металла и галида щелочного металла.

11. Способ получения солевого раствора, свободного от твердых веществ, представляющего собой стабилизированный солевой раствор йодида щелочного металла по п.1, включающий следующие этапы:

добавление количества 1-70 мас.% йодида щелочного металла, причем йодид щелочного металла выбран из группы, состоящей из йодида лития, йодида натрия, йодида калия, йодида цезия, йодида руби-

дия и их комбинаций;

добавление количества 1-30 мас.% первого стабилизатора йодида, причем первый стабилизатор йодида пригоден для удаления свободного йода, предотвращения образования свободного йода и уменьшения ИТК, причем первый стабилизатор йодида содержит низкомолекулярный полиол, причем низкомолекулярный полиол выбран из группы, состоящей из сорбита, глицерина, ксилита, маннита, диглицерина, полиэтиленгликоля с молекулярной массой менее 1000 Да и их комбинаций; и

добавление 0,001-5% об./об. второго стабилизатора йодида, причем второй стабилизатор йодида пригоден для стабилизации первого стабилизатора йодида, причем второй стабилизатор йодида выбран из группы, состоящей из аминов, аминоспиртов, гидроксиламинов, гидразинов, эриторбиновой кислоты и производных солей-эриторбатов, аскорбиновой кислоты и производных солей-аскорбатов, лимонной кислоты и производных солей-цитратов и их комбинаций, причем амины выбраны из группы, состоящей из этилендиамина (EDA), диэтилентриамина (DETA), триэтилентетрамина (ТЕТА), тетраэтиленпентамина (ТЕРА), пентаэтиленгексамина (ПЕНА), аминоэтилпиперазина (АЕР), гексаэтиленгептамина (НЕНА), пиперазина, диэтилгидроксиламина (ДЕНА), метоксипропиламина (МОРА), морфолина, н-аминопропилморфолина (АРМ) и их комбинаций, причем аминоспирты выбраны из группы, состоящей из моноэтаноламина (МЕА), диэтаноламина (ДЕА), триэтаноламина (ТЕА), диэтиламиноэтанола (ДЕАЕ), диметилэтанолламина (DMEA), аминоэтилэтанолламина (АЕЕА), 4-[2-гидроксиэтил]морфолина, дигликольамина и их комбинаций;

добавление воды в диапазоне 20-55 мас.% стабилизированного солевого раствора йодида щелочного металла.

12. Способ по п.11, дополнительно включающий этап добавления дополнительного галида, выбранного из группы, состоящей из галида щелочноземельного металла, выбранного из группы, состоящей из бромида кальция, хлорида кальция, йодида кальция, бромида магния, хлорида магния, йодида магния, бромида стронция, хлорида стронция, йодида стронция и их комбинаций, галида щелочного металла, выбранного из группы, состоящей из бромида лития, хлорида лития, бромида натрия, хлорида натрия, бромида калия, хлорида калия, бромида цезия, хлорида цезия, бромида рубидия, хлорида рубидия и их комбинаций, и комбинаций галида щелочноземельного металла и галида щелочного металла.

