



(51) МПК  
*C02F 9/08* (2006.01)  
*C02F 1/42* (2006.01)  
*C02F 1/44* (2006.01)  
*B01D 61/12* (2006.01)  
*C02F 103/04* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*C02F 9/00* (2006.01); *C02F 2001/422* (2006.01); *C02F 2001/425* (2006.01); *C02F 1/441* (2006.01); *Y02A 20/131* (2006.01); *C02F 2103/04* (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017140514, 21.11.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
21.11.2017

Дата регистрации:  
30.05.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.11.2017

(45) Опубликовано: 30.05.2018 Бюл. № 16

Адрес для переписки:  
410000, Саратовская обл., г. Саратов,  
Главпочтамт, а.я 73, Куликову В.Д.

(72) Автор(ы):

Тихонов Иван Андреевич (RU),  
Васильев Алексей Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Тихонов Иван Андреевич (RU),  
Васильев Алексей Викторович (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2283288 C2, 10.09.2006. RU  
2281258 C2, 10.08.2006. RU 2281255 C1,  
10.08.2006. RU 63352 U1, 27.05.2007. US  
4161445 A, 17.07.1979. US 9126149 B2,  
08.09.2015. CN 104445736 A, 25.03.2015.

(54) Способ опреснения воды (варианты)

(57) Реферат:

Изобретения могут быть использованы для получения воды питьевого качества и для использования в технологических процессах в результате опреснения или частичного обессоливания солоноватых и пресных вод, преимущественно для артезианских вод с повышенной жесткостью. Способ включает предварительное осветление исходной воды, подачу в Na-катионитовые фильтры, при этом жесткость умягченной воды устанавливают в пределах 0,02-0,1 мг-экв/л. Затем в умягченную воду дозируют раствор соляной кислоты в эквивалентном количестве к бикарбонату натрия. В декарбонизаторе из воды извлекают свободную углекислоту и направляют на ступени обратноосмотической системы обессоливания, по меньшей мере двухстадийно по линии рабочего концентрата. При этом на первой ступени соотношение исходного потока к рабочему концентрату устанавливают в пределах 70-75% и рабочий концентрат направляют на вторую

ступень. После второй ступени рабочий концентрат используют в качестве исходной воды для третьей ступени. Рабочее давление процесса обратноосмотического обессоливания повышают от первой ступени к последней от 10 до 50 бар. Рабочий концентрат после последней ступени направляют в бак-солерастворитель, в который добавляют поваренную соль. Солеосодержание для регенерации Na-фильтра объема рабочего концентрата после последней ступени устанавливают в пределах 30-50 г/л. Регенерационный соляной раствор прокачивают через катионит снизу вверх с отводом отработанного регенерационного раствора после фильтра на утилизацию. Способы обеспечивают увеличение удельного выхода пермеата с обратноосмотической системы обессоливания, уменьшение расхода концентрата по ступеням обессоливания и, соответственно, уменьшение расходов воды на собственные нужды установки до 2,5-6%. 2 н. и 8 з.п. ф-лы, 2 ил., 18 табл., 2 пр.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*C02F 9/08* (2006.01)  
*C02F 1/42* (2006.01)  
*C02F 1/44* (2006.01)  
*B01D 61/12* (2006.01)  
*C02F 103/04* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*C02F 9/00* (2006.01); *C02F 2001/422* (2006.01); *C02F 2001/425* (2006.01); *C02F 1/441* (2006.01); *Y02A 20/131* (2006.01); *C02F 2103/04* (2006.01)

(21)(22) Application: **2017140514**, 21.11.2017(24) Effective date for property rights:  
21.11.2017Registration date:  
30.05.2018

Priority:

(22) Date of filing: 21.11.2017

(45) Date of publication: 30.05.2018 Bull. № 16

Mail address:

410000, Saratovskaya obl., g. Saratov, Glavpochtamt,  
a.ya 73, Kulikovu V.D.

(72) Inventor(s):

**Tikhonov Ivan Andreevich (RU),  
Vasilev Aleksej Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Tikhonov Ivan Andreevich (RU),  
Vasilev Aleksej Viktorovich (RU)**(54) **WATER DISTILLATION METHOD (OPTIONS)**

(57) Abstract:

FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: inventions can be used to produce drinking water and for use in technological processes as a result of distillation or partial desalination of brackish and fresh water, mainly for artesian waters with increased rigidity. Method includes preliminary clarification of the initial water, feeding to Na-cationite filters, while the hardness of the softened water is set within the range of 0.02–0.1 mg-equ/l. Then, a solution of hydrochloric acid in an equivalent amount to sodium bicarbonate is dosed into the softened water. In the calciner, free carbonic acid is recovered from the water and sent to the reverse osmosis desalination stage, at least two-stage through the working concentrate line. At the first stage, the ratio of the initial flow to the working concentrate is set within 70–75 % and the working concentrate is directed to the second stage. After the second stage, the working concentrate is used

as the feed water for the third stage. Operating pressure of the reverse osmosis desalination process is increased from the first stage to the last from 10 to 50 bar. Working concentrate after the last stage is sent to the tank-salt-solvent, in which the common salt is added. Salt content for regeneration of the Na-filter of the volume of the working concentrate after the last stage is set in the range of 30–50 g/l. Regenerative brine is pumped through the cation exchanger from the bottom to the top, with the spent regeneration solution draining after the filter for disposal.

EFFECT: methods provide an increase in the specific yield of permeate from the reverse osmosis desalination system, a reduction in the consumption of the concentrate over the desalination steps and, accordingly, a decrease in water consumption for the plant's own needs to 2,5–6 %.

10 cl, 2 dwg, 18 tbl, 2 ex

## Область техники

Изобретение относится к технологическим процессам опреснения или частичного обессоливания солоноватых и пресных вод, преимущественно для артезианских вод с повышенной (высокой) жесткостью, содержанием железа более 0,1 мг/л и общей минерализацией выше 400 мг/л, и может быть использовано для получения воды питьевого качества, а также для получения обработанной воды для использования в различных технологических процессах.

## Предшествующий уровень техники

Известен способ обратноосмотического выделения кристаллов из минерализованной воды, включающий пропускание воды под давлением через полунепроницаемые мембраны рулонного мембранного элемента с получением пермеата и концентрата, который направляют в кристаллизатор, где выделяют кристаллы, а осветленный раствор смешивают с исходной минерализованной водой, при этом концентрат захлаживают, сначала в теплообменнике, отводя тепло осветленному раствору, затем в кристаллизаторе, отводя скрытую теплоту кристаллизации к источнику холода, после чего полученную суспензию подают в сепаратор, где выделяют кристаллы в виде сухого продукта, а осветленный раствор перед смешиванием с исходной минерализованной водой пропускают через теплообменник (см. патент РФ на изобретение № 2142329, МПК В01D61/02; С02F01/44, опубл. 10.12.1999 г.).

Основным недостатком известного способа является то, что он применим только для опреснения высокоминерализованной воды и подразумевает использование дополнительного оборудования, а также дополнительных источников энергии.

Известен также способ глубокого обессоливания пресных и солоноватых вод, включающий последовательные процессы по ступеням: осветление, обработка осветленной воды на ионообменных фильтрах и обессоливание на обратноосмотической установке с отводом концентрата из каждой ступени очистки (см. статью Опыт внедрения установки обратного осмоса УОО-166 на Нижнекамской ГЭЦ-1. - Ходырев Б.Н. и др. // Электрические станции, 2002 №6, с.54-62).

По известному способу процесс обратноосмотического обессоливания осуществляют при постоянном значении приложенного давления ~1070 КПа в аппаратах с однотипными мембранными элементами, при значительных величинах сброса концентрата 15-30% от расхода питательной воды, которым соответствуют низкие значения отношения расходов пермеата к концентрату  $n=2,3-5,7$ . Такой способ обессоливания позволяет обеспечить режим работы обратноосмотических установок без образования минеральных отложений в мембранных элементах при относительно неглубоком концентрировании обрабатываемой воды. Вместе с тем этот способ, так же, как и предыдущие, не позволяет увеличить выработку пермеата и, следовательно, отношение расходов пермеата к концентрату, а также использовать получаемый концентрат в качестве регенерирующего раствора Na-катионитных фильтров. В результате указанных особенностей аналога расход воды на собственные нужды в целом по установке обессоливания остается достаточно высоким - 23,5-51,4% от расхода получаемой обессоленной воды. Кроме того, к недостаткам известного способа можно отнести неглубокое обессоливание воды (значения показателя электропроводности пермеата составляют от 7-8 до 40-50 мкСм/см) вследствие отсутствия дополнительной ступени Н-ОН-ионирования пермеата, а также в результате загрязнения мембран органосодержащими отложениями при работе на воде с повышенным содержанием органических веществ, особенно техногенной природы. Это обусловлено отсутствием на стадии предподготовки эффективной ступени очистки воды от растворенных

органических веществ.

Наиболее близким по технической сущности к предложенному изобретению является известный способ глубокого обессоливания пресных и солоноватых вод, включающий последовательные процессы по ступеням: осветление, обработку осветленной воды на ионообменных фильтрах и обессоливание в обратноосмотической ступени с отводом концентрата из каждой ступени очистки, при этом процесс обратноосмотического обессоливания ведут по меньшей мере двухстадийно при более высоком давлении очищаемой воды на каждой последующей стадии обессоливания с соответствующими заданным давлениям мембранами, причем давление очищаемой воды устанавливают в пределах на первой стадии не более 1,6 МПа и не более 4,0 МПа - на последней стадии при отношении расходов пермеата к концентрату обратноосмотической ступени в целом в пределах  $n=7-99$ , отвод концентрата из обратноосмотической ступени производят в каждой стадии на регенерацию ионообменных фильтров, а пермеат после обратноосмотической ступени очистки подвергают Н-ОН-ионированию (см. патент РФ на изобретение № 2283288, МПК C02F09/08; B01D61/12; C02F01/42; C02F01/44, опубл. 10.09.2006 г.).

Недостатком известного способа является невозможность восстановить рабочую ионообменную емкость катионита концентратом обратноосмотической установки. В соответствии с условиями достижения равновесия химической реакции обмена ионов Na на Ca и Mg, ионов Na должно быть в «2 с лишним раза» больше, чем Ca и Mg. Только в этом случае рабочая обменная емкость ионита восстановится до целесообразных значений. Катионит, регенерируемый только концентратом обратноосмотической ступени, восстановит только половину рабочей обменной емкости. При последующей регенерации половину от половины и так далее до полного истощения по ионам Na.

Количества кислых стоков, возникающих при регенерации установки Н-ОН ионирования пермеата, недостаточно для регенерации установки Н-катионирования или подкисления исходной воды перед системой обратного осмоса. Так как пермеат содержит минимальное количество минеральных примесей регенерация установки Н-ОН ионирования пермеата будет производиться значительно реже, чем регенерация установки Н-катионирования.

Технически и экономически нецелесообразно ограничивать солесодержание концентрата обратноосмотической ступени не более 10 г/л, так как при добавлении в данный концентрат поваренной соли в количестве необходимой для проведения регенерации Na-катионитовой установки солесодержание концентрата составит 22-25 г/л. Производителями современных катионитных смол рекомендуется солесодержание регенерационного раствора поддерживать около 100-120 г/л (8-10%). Кроме того, при солесодержании исходной воды около 1400 мг/л кратность концентрирования концентрата составит  $n=7$ , это означает, что количество отводимого концентрата с обратноосмотической ступени составит 14% от расхода, полученного пермеата. Это обстоятельство существенно увеличивает объем образующихся сточных вод и ограничивает целесообразность применения известного способа опреснения верхней границей солесодержания исходной воды на уровне 1000 мг/л.

Раскрытие изобретения

Задачей настоящего изобретения является увеличение эффективности выделения солей, уменьшение количества получаемых сточных вод и значительная экономия химических реагентов.

Техническим результатом, достигаемым при решении настоящей задачи, является существенное увеличение удельного выхода пермеата с обратноосмотической системы

обессоливания, уменьшение расхода концентрата по ступеням обессоливания и, соответственно, уменьшение расходов воды на собственные нужды установки до 2,5-6%.

Указанный технический результат достигается тем, что способ опреснения воды (по первому варианту) заключается в том, что воду предварительно осветляют, направляют в Na-катионитовые фильтры, при этом жесткость умягченной воды устанавливают в пределах 0,02-0,1 мг-экв/л, затем в умягченную воду дозируют раствор соляной кислоты, при этом количество кислоты выбирают эквивалентно количеству бикарбоната натрия, затем в декарбонизаторе из воды извлекают свободную углекислоту, далее воду последовательно направляют на ступени обратноосмотической системы обессоливания, причем процесс обратноосмотического обессоливания ведут по меньшей мере двухстадийно по линии рабочего концентрата, на первой ступени обратноосмотической системы обессоливания соотношение исходного потока к рабочему концентрату устанавливают в пределах 70-75%, затем рабочий концентрат направляют на вторую ступень обратноосмотической системы обессоливания, после второй ступени рабочий концентрат используют в качестве исходной воды для третьей ступени обратноосмотической системы обессоливания, при этом рабочее давление процесса обратноосмотического обессоливания повышают от первой ступени к последней, от 10 до 50 бар, рабочий концентрат после последней ступени обратноосмотической системы обессоливания, направляют в бак солерастворитель, куда добавляется поваренная соль, при этом солесодержание достаточного для регенерации Na-фильтра объема рабочего концентрата после последней ступени обратноосмотической системы обессоливания устанавливают в пределах 30-50 г/л, из бака солерастворителя регенерационный соляной раствор прокачивают последовательно через анионит, а затем через катионит снизу вверх, с отводом отработанного регенерационного раствора после фильтра на утилизацию.

Целесообразно, чтобы максимальное солесодержание рабочего концентрата, выходящего с мембран обратноосмотической системы обессоливания, было не менее 50 г/л.

Солесодержание рабочего концентрата устанавливают равным исходному солесодержанию воды, умноженному на 3,5 в степени, значение которой равно количеству ступеней обратноосмотической системы обессоливания.

Количество натрия, добавляемого в бак солерастворитель на смешение с рабочим концентратом, определяют как количество натрия, г/л, в рабочем концентрате, поступающим в бак солерастворитель, умноженное на 1,05 -1,1.

Количество ступеней обратноосмотической системы определяется из выражения  $N = \log_n(25/s) + 1$ , где N-число ступеней обратного осмоса (округляется в большую или меньшую сторону до целого числа); n – кратность увеличения солесодержания концентрата на одной ступени обратного осмоса,  $n=3,5$ ; s – солесодержание исходной воды, мг/л; 25 – солесодержание концентрата с предпоследней ступени обратного осмоса, мг/л; 1 – стадия обратноосмотического обессоливания изначально соленой воды (концентрация солей на этой стадии предполагается в 2 - 2,5 раза).

Для удаления бикарбонат иона из исходной воды можно пользоваться технологией Cl-анионирования при соблюдении некоторых условий описанных ниже вместо дозирования соляной кислоты.

Указанный технический результат достигается также тем, что способ опреснения воды (по второму варианту) заключается в том, что воду предварительно осветляют, направляют в Na-катионитовые фильтры, при этом жесткость умягченной воды

устанавливают в пределах 0,02-0,1 мг-экв/л, затем используют установку Cl-анионирования для замещения бикарбонат иона на хлорид ион, при остаточном содержании бикарбонат иона не более 0,2 мг-экв/л, далее воду последовательно направляют на ступени обратноосмотической системы обессоливания, причем процесс  
 5 обратноосмотического обессоливания ведут по меньшей мере двухстадийно по линии рабочего концентрата, на первой ступени обратноосмотической системы обессоливания соотношение исходного потока к рабочему концентрату устанавливают в пределах 70-75%, затем рабочий концентрат направляют на вторую ступень обратноосмотической системы обессоливания, после второй ступени рабочий концентрат используют в  
 10 качестве исходной воды для третьей ступени обратноосмотической системы обессоливания, при этом рабочее давление процесса обратноосмотического обессоливания повышают от первой ступени к последней, от 10 до 50 бар, рабочий концентрат после последней ступени обратноосмотической системы обессоливания, направляют в бак солерастворитель, куда добавляется поваренная соль, при этом  
 15 солесодержание достаточного для регенерации Na-фильтра объема рабочего концентрата после последней ступени обратноосмотической системы обессоливания устанавливают в пределах 30-50 г/л, из бака солерастворителя регенерационный соляной раствор при помощи насоса подают на установку Cl-анионирования, где прокачивают через колонну с отработанным анионитом снизу вверх, а затем этот регенерационный  
 20 раствор последовательно прокачивают через отработанный катионит установки Na-катионирования снизу вверх, с отводом отработанного регенерационного раствора после фильтра на утилизацию.

Целесообразно, чтобы максимальное солесодержание рабочего концентрата, выходящего с мембран обратноосмотической системы обессоливания, было не менее  
 25 50 г/л.

Солесодержание рабочего концентрата устанавливают равным исходному солесодержанию воды, умноженному на 3,5 в степени, значение которой равно количеству ступеней обратноосмотической системы обессоливания.

Количество натрия, добавляемого в бак солерастворитель на смещение с рабочим  
 30 концентратом, определяют как количество натрия, г/л, в рабочем концентрате, поступающим в бак солерастворитель, умноженное на 1,05 -1,1.

Количество ступеней обратноосмотической системы определяется из выражения  $N = \log_n(25/s) + 1$ , где N-число ступеней обратного осмоса (округляется в большую или  
 35 меньшую сторону до целого числа); n – кратность увеличения солесодержания концентрата на одной ступени обратного осмоса,  $n=3,5$ ; s – солесодержание исходной воды, мг/л; 25 – солесодержание концентрата с предпоследней ступени обратного осмоса, мг/л; 1 – стадия обратноосмотического обессоливания изначально соленой воды (концентрация солей на этой стадии предполагается в 2 - 2,5 раза).

Увеличение удельного выхода пермеата происходит за счет использования нескольких  
 40 ступеней осмотического обессоливания. Как правило, применяется одна ступень обратноосмотического обессоливания воды, соответственно для достижения заданной производительности по очищенной воде необходимо использовать на 30 % больше исходной воды, избыток воды, которой после системы обратного осмоса будет сброшен в канализацию. При использовании ступенчатого осмоса производительность по  
 45 очищенной воде достигается при использовании только 2,5 – 5% избытка расхода воды от производительности на собственные нужды. Процент выхода пермеата от исходной воды по ступеням системы обратноосмотического обессоливания следующий: первая ступень – 70%, вторая ступень – 21%, третья ступень - 4,4%.

Для примера: при обычной технологии обратноосмотического обессоливания из 145 м<sup>3</sup> исходной воды получается 100 м<sup>3</sup> очищенной воды на первой и единственной ступени. При ступенчатом осмосе – из 105 м<sup>3</sup> исходной воды получается 100 м<sup>3</sup> очищенной воды, при этом первая ступень осмоса производит 73 м<sup>3</sup>, вторая ступень осмоса производит 22,5 м<sup>3</sup>, третья ступень осмоса производит 4,5 м<sup>3</sup> пермеата, всего 100 м<sup>3</sup> пермеата. Это достигается за счет более полного использования концентрата на обратноосмотических ступенях.

Процесс опреснения или частичного обессоливания воды ведется при помощи технологии обратноосмотического обессоливания воды, работающей в комбинировании с ионообменными технологиями водоподготовки.

Ионообменные технологии используются для корректировки ионного состава воды, которая впоследствии проходит обессоливание при помощи технологии обратного осмоса.

Данный процесс предполагает высокий коэффициент использования сточных вод, образующихся после обратноосмотического обессоливания с высоким содержанием солей Na на приготовление регенерирующего раствора для Na-катионирования системы предварительного умягчения воды. Тем самым значительно уменьшается общее количество сбрасываемых сточных вод, а также значительно уменьшается расход реагентов для работы системы умягчения.

По способу опреснения воды предлагается производить концентрирование концентрата обратноосмотической ступени до величины солесодержания определяемой исходя из двух условий:

1) количество солей Na в необходимом для регенерации объеме рабочего концентрата после последней ступени обратного осмоса составляет около 40-45% от количества, требуемого для регенерации фильтров умягчения. Необходимо добавить в бак солерастворитель, в рабочий концентрат, около 55-60% поваренной соли. После этого солесодержание рабочего концентрата так же должно увеличиться на 55-60% для получения из него регенерационного раствора необходимого объема с солесодержанием 65-110 г/л. Таким образом, солесодержание достаточного для регенерации объема рабочего концентрата после последней ступени осмоса должно быть около 30-50 г/л;

2) из условия (возможностей) работы мембраны. Максимальное солесодержание рабочего концентрата, выходящего с мембран (Na<sub>к</sub>) не должно быть больше 50 г/л.

В соответствии с этими условиями концентрация иона натрия в концентрате после последней ступени обратного осмоса составит Na<sub>к</sub>=Na<sub>ум</sub>\*К (г/л), где Na<sub>ум</sub> – концентрация натрия в обрабатываемой воде после системы умягчения (г/л); К – кратность увеличения солесодержания концентрата на системе обратноосмотического обессоливания.

Концентрация (количество) натрия, который необходимо добавить в бак солерастворитель определяется по выражению Na<sub>доб</sub>=Na<sub>к</sub>\*(1,05-1,1) (г/л концентрата).

Краткое описание чертежей

Сущность изобретения поясняется изображениями, на которых показано:

фиг. 1 - технологическая схема системы водоподготовки и расходы потоков воды по первому варианту;

фиг. 2 - технологическая схема системы водоподготовки и расходы потоков воды по второму варианту.

Позиции на чертежах обозначают следующее:

1 – установка Na-катионитовых фильтров (два фильтра);

- 2 – установка дозирования соляной кислоты;
- 3 – декарбонизатор;
- 4 - первая ступень обратноосмотической системы обессоливания;
- 5 5 - вторая ступень обратноосмотической системы обессоливания;
- 6 - третья ступень обратноосмотической системы обессоливания;
- 7 – четвертая ступень обратноосмотической системы обессоливания;
- 8 - бак солерастворитель;
- 9 - установка СI–анионирования воды.

Подробное описание изобретения

Способ опреснения воды предусматривает два варианта его реализации.

Предложенный способ опреснения воды по первому варианту осуществляют следующим образом.

Способ опреснения воды содержит следующие технологические стадии. Вода после предварительного осветления поступает на установку Na-катионитовых фильтров 1 (фиг. 1). Целесообразно, чтобы было установлено не менее двух фильтров, которые работают в непрерывном режиме (по системе TWIN). Жесткость умягченной воды должна быть 0,02-0,1 мг-экв/л. Величина жесткости умягченной воды будет определяться степенью увеличения солесодержания концентрата установками обратного осмоса. Степень увеличения солесодержания может составлять до 100 крат. Соответственно при степени увеличения солесодержания 100 жесткость рабочего концентрата после последней системы обратного осмоса составит около 10 мг-экв/л.

Далее в умягченную воду из установки дозирования соляной кислоты 2 дозируется раствор соляной кислоты. Количество кислоты эквивалентно количеству бикарбоната. В результате в воде эквивалентно возрастает количество хлорид иона, при этом бикарбонат переходит в воду и углекислый газ. Значение pH воды падает.

Затем в декарбонизаторе 3 из воды извлекается свободная углекислота.

Если из воды не удалять бикарбонат ион, то при многократном концентрировании концентрат уже после второй ступени обратноосмотической системы обессоливания будет содержать преимущественно пищевую соду (бикарбонат натрия), тем самым pH концентрата повысится до 8,3-8,4 и возможно отложение солей жесткости на мембранах второй и последующих ступеней установки обратного осмоса.

Далее вода поступает на первую ступень 4 обратноосмотической системы обессоливания. Соотношение исходного потока к рабочему концентрату («рековери») должно быть примерно 70-75%. Это связано с обеспечением оптимальных параметров работы мембран (давления и расхода воды) для извлечения максимальной производительности по пермеату. Затем рабочий концентрат после первой ступени 4 обессоливания поступает на вход второй ступени 5 системы обессоливания. Соотношение значения потоков на второй ступени 5 поддерживается на уровне как для первой ступени 4. После второй ступени 5 рабочий концентрат используется в качестве исходной воды для третьей ступени 6 системы обессоливания. На каждой ступени обратноосмотической системы обессоливания солесодержание концентрата будет возрастать в 3,5-4 раза.

Таким образом, солесодержание концентрата будет равно исходному солесодержанию воды, умноженному на 3,5-4 в степени, значение которой равна количеству ступеней обратноосмотической системы обессоливания. Если солесодержание исходной воды 1000 мг/л, то солесодержание рабочего концентрата после трех ступеней будет  $1000 \cdot 4^3 = 64000$  мг/л. Кратность увеличения солесодержания составит 64. Для упрощения расчета предположим, что вся соль остается в концентрате (солесодержание фильтрата - ноль).



Для исходной воды солесодержанием 500 мг/л получаем  $500 \cdot 4^3 = 32000$  мг/л.

Соответственно, для воды солесодержанием 500 мг/л возможно использование четвертой ступени осмотического обессоливания с «рековери» 50%.

5 Для исходной воды солесодержанием 5000 мг/л получаем  $5000 \cdot 4^2 = 80000$  мг/л.

Вода с исходным солесодержанием 5 г/л позволяет вести процесс опреснения воды «рековери» 93,8%. Т.е. расход концентрата от расхода пермеата составит 6,2%. (для одноступенчатого осмоса – 30%).

10 Для примера, если производительность установки обессоливания по пермеату – 10 м<sup>3</sup>/час, то отвод концентрата с солесодержанием 80 г/л составит – 0,62 м<sup>3</sup>/час.

Рабочий концентрат после четвертой ступени 7 системы обратного осмоса поступает в бак солерастворитель 8, куда добавляется поваренная соль. Расход рабочего концентрата составит 15 литров на 1 м<sup>3</sup> исходной воды (1000 литров разделить на кратность увеличения солесодержания 64 получим 15 литров). «Рековери» составляет 15  
15 98,5%. Количество возвращаемого натрий иона с концентратом теоретически составит 50% количества, требуемого для регенерации Na- катионитовых фильтров 1.

Рабочая обменная емкость катионита должна составить 50% от статической обменной емкости. Рабочая обменная емкость современных смол для оптимального ведения  
20 данного процесса умягчения составит 1,0-1,2 г-экв/л смолы, что составляет 50% от статической обменной емкости смолы.

Из бака солерастворителя 8 раствор прокачивается через катионит снизу вверх. Предварительное взрыхление катионита с перемешиванием его слоев нежелательно.

25 Таким образом, сброс сточной воды с установки обессоливания будет состоять только из сточных вод установки умягчения и системы предварительного осветления воды.

Предложенная схема достаточно вариативна. Возможно на первой стадии добавление соляной кислоты с декарбонизацией, а на второй умягчение. Для воды, содержащей железо, это позволит стабилизировать железо в двухвалентном состоянии и удалить его на фильтре умягчения.

30 Изобретение (по первому варианту) иллюстрируется следующим примером.

Пример. Применение системы водоподготовки по предложенному (комбинированному) способу опреснения для пресной воды из артезианской скважины. Состав исходной воды представлен в таблице 1. Требуемая производительность по  
35 очищенной воде – 100 м<sup>3</sup>/час.

Таблица 1		
Показатель	Единица измерения	Значение
Общая жесткость	мг-экв/л	7,0
Общая щелочность	мг-экв/л	4,2
40 Хлориды	мг/л	65
Сульфаты	мг/л	84
Натрий+калий	мг/л	18
Солесодержание	мг/л	549
Кремний (в виде H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub> )	мг/л	Не более 3,0
Железо растворенное	мг/л	- Не допускается при pH более 6,8
45 Окисляемость	мг O <sub>2</sub> /л	0,2-0,5

Технологическая схема системы водоподготовки, по первому варианту, представлена на фиг. 1. Исходная вода данного состава после системы осветления воды поступает в установку Na-катионитовых фильтров умягчения воды. Установка состоит из двух

фильтрующих колонн, которые работают последовательно. Одна колонна пропускает (умягчает) воду, вторая колонна находится в регенерации или в режиме ожидания. Колонны заполнены ионообменной смолой на 70% от их объема. Ионообменная смола (катионит) находится изначально в Na форме. Ионы кальция и магния, содержащиеся в исходной воде, обмениваются в колонне в объеме катионита на ионы натрия. Остаточная жесткость умягченной воды должна составлять от 0,02 до 0,1 мг-экв/л.

Расход воды после установки умягчения должен быть 101,4 м<sup>3</sup>/час. После установки умягчения в воду дозируется при помощи станции дозирования раствор соляной кислоты. Станция дозирования состоит из насоса дозатора с водоподъемным и напорным трубопроводами с обратным клапаном и полимерной емкости. Соляная кислота, вступая в химическое взаимодействие с бикарбонат ионом, содержащимся в воде, переводит последний в газообразный диоксид углерода и образует хлорид ион и воду. Остаточное содержание бикарбонат иона в обработанной воде должно быть не более 0,2 мг-экв/л. Таким образом, ионный состав воды представлен солями сильных электролитов. Состав умягченной воды с обработкой HCl представлен в таблице 2.

Показатель	Единица измерения	Значение
Общая жесткость	мг-экв/л	0,05
Общая щелочность	мг-экв/л	0,2
Хлориды	мг/л	213
Сульфаты	мг/л	84
Натрий+калий	мг/л	178
Солесодержание	мг/л	472
Диоксид углерода	мг/л	241
pH	Ед. pH	4,0

Далее вода направляется на стадию декарбонизации. На данной стадии происходит отгонка из воды диоксида углерода при помощи воздуха. Декарбонизаторы представляют из себя колонные аппараты: атмосферные с насадкой и инъекционные безнасадочные. Также для декарбонизации можно использовать мембранные аппараты с гидрофобными мембранами. После стадии декарбонизации вода поступает через картриджный фильтр тонкой очистки на первую ступень обратноосмотической системы обессоливания. Повышается давление воды при помощи центробежного многоступенчатого насоса высокого давления и вода с давлением 10 бар поступает в мембранный корпус, в котором содержатся мембранные элементы. Мембранные элементы подбираются исходя из солесодержания исходной воды. За счет избыточного давления вода просачивается через поверхность мембранных элементов. Фильтрация организована таким образом, что не вся вода просачивается через мембрану. На первой ступени через мембрану фильтруется только 70-73% от заданной производительности по очищенной воде. Таким образом, формируется два потока: пермеат и концентрат. Пермеат – очищенная вода, поступающая непосредственно потребителю или на коррекционную обработку, концентрат – поток, насыщенный солями поступающий на вторую и последующие ступени обратноосмотического обессоливания. Параметры процесса обратноосмотического обессоливания устанавливаются путем регулирования расхода концентрата и уровня давления воды на входе в мембранный блок. Состав концентрата после первой ступени обратноосмотического обессоливания представлен в таблице 3.

Показатель	Единица измерения	Значение
------------	-------------------	----------

Общая жесткость	мг-экв/л	0,175
Общая щелочность	мг-экв/л	0,64
Хлориды	мг/л	671
Сульфаты	мг/л	293
Натрий+калий	мг/л	592
Солесодержание	мг/л	1608
Диоксид углерода	мг/л	3,7
pH	Ед. pH	7,2

Состав пермеата после первой ступени обратноосмотического обессоливания представлен в таблице 4.

Показатель	Единица измерения	Значение
Общая жесткость	мг-экв/л	0,01
Общая щелочность	мг-экв/л	0,01
Хлориды	мг/л	10,9
Сульфаты	мг/л	3,2
Натрий+калий	мг/л	8,86
Солесодержание	мг/л	23,8
Диоксид углерода	мг/л	3,1
pH	Ед. pH	5,9

Расход концентрата после первой ступени умягчения необходимо установить на уровне 30,42 м<sup>3</sup>/час, соответственно расход пермеата с первой ступени будет получен в размере 101,4-30,42=70,98 м<sup>3</sup>/час. Перед второй ступенью при помощи насоса высокого давления второй ступени повышают давление концентрата первой ступени до 15-18 бар. На второй ступени обратноосмотического обессоливания также образуется пермеат и концентрат. Пермеат, очищенный от солей, направляется потребителю, а концентрат на третью ступень обратноосмотического обессоливания. Составы концентрата и пермеата после второй ступени обратноосмотического обессоливания представлены, соответственно, в таблицах 5 и 6.

Показатель	Единица измерения	Значение
Общая жесткость	мг-экв/л	0,52
Общая щелочность	мг-экв/л	2,08
Хлориды	мг/л	2245
Сульфаты	мг/л	970
Натрий+калий	мг/л	1956
Солесодержание	мг/л	5310
Диоксид углерода	мг/л	4,2
pH	Ед. pH	7,6
Индекс Ланжелье	-	-1,16

Показатель	Единица измерения	Значение
Общая жесткость	мг-экв/л	0,005
Общая щелочность	мг-экв/л	0,005
Хлориды	мг/л	10,1
Сульфаты	мг/л	3,0
Натрий+калий	мг/л	9,0
Солесодержание	мг/л	22,4
Диоксид углерода	мг/л	3,8
pH	Ед. pH	5,8

На второй ступени через мембрану фильтруется только 20-22,5% от заданной производительности по очищенной воде. Расход концентрата после второй ступени необходимо установить на уровне 9,12 м<sup>3</sup>/час, соответственно выход пермеата со второй ступени составит 30,42-9,12= 21,3 м<sup>3</sup>/час. Концентрат после второй ступени направляется на третью ступень обратноосмотической системы обессоливания. Перед третьей ступенью при помощи насоса высокого давления третьей ступени повышают давление концентрата второй ступени до 30-35 бар. При данном давлении происходит процесс обратноосмотического разделения воды данного ионного состава. На третьей ступени через мембрану фильтруется только 4,0-6,5% от заданной производительности по очищенной воде. Составы концентрата и пермеата после третьей ступени обратноосмотического обессоливания представлены, соответственно, в таблицах 7 и 8.

Таблица 7

Показатель	Единица измерения	Значение
Общая жесткость	мг-экв/л	1,73
Общая щелочность	мг-экв/л	6,65
Хлориды	мг/л	7414
Сульфаты	мг/л	3212
Натрий+калий	мг/л	6465
Солесодержание	мг/л	17539
Диоксид углерода	мг/л	5,6
рН	Ед. рН	7,7
Индекс Ланжелье	-	- 0,02

Таблица 8

Показатель	Единица измерения	Значение
Общая жесткость	мг-экв/л	0,005
Общая щелочность	мг-экв/л	0,005
Хлориды	мг/л	31,6
Сульфаты	мг/л	4,5
Натрий+калий	мг/л	26
Солесодержание	мг/л	69
Диоксид углерода	мг/л	4,8
рН	Ед. рН	5,9

После третьей ступени пермеат отправляется потребителю, а концентрат на четвертую ступень обратноосмотического обессоливания. Расход концентрата после третьей ступени необходимо установить на уровне 2,74 м<sup>3</sup>/час, соответственно выход пермеата с третьей ступени составит 9,12-2,74=6,4 м<sup>3</sup>/час. Перед четвертой ступенью при помощи насоса высокого давления четвертой ступени повышают давление концентрата третьей ступени до 50-55 бар. Четвертая ступень увеличивает солесодержание концентрата до рабочих значений 35 г/л. Расход концентрата после четвертой ступени необходимо установить на уровне 1,37 м<sup>3</sup>/час, соответственно выход пермеата с третьей ступени составит 2,74-1,37=1,37 м<sup>3</sup>/час. Пермеат после четвертой ступени направляется потребителю. Составы концентрата и пермеата после четвертой ступени обратноосмотического обессоливания представлены, соответственно, в таблицах 9 и 10.

Таблица 9

Показатель	Единица измерения	Значение
------------	-------------------	----------

Общая жесткость	мг-экв/л	3,46
Общая щелочность	мг-экв/л	12,9
Хлориды	мг/л	14814
Сульфаты	мг/л	6423
Натрий+калий	мг/л	12921
Солесодержание	мг/л	35022
Диоксид углерода	мг/л	12,1
pH	Ед. pH	7,7
Индекс Ланжелье	-	0,44
Процент насыщения по CaSO <sub>4</sub>	%	19,84

10

Таблица 10		
Показатель	Единица измерения	Значение
Общая жесткость	мг-экв/л	0,005
Общая щелочность	мг-экв/л	0,005
Хлориды	мг/л	26,7
Сульфаты	мг/л	2
Натрий+калий	мг/л	19
Солесодержание	мг/л	49
Диоксид углерода	мг/л	9,5
pH	Ед. pH	5,5

15

20 Расход пермеата суммируется по всем четырем ступеням обессоливания и составляет 70,98+21,29+6,4+1,37=100 м<sup>3</sup>/час. Расход концентрата с установки обратноосмотического обессоливания составит 1,37 м<sup>3</sup>/час. Расходы потоков воды, по примеру для первого варианта осуществления способа, показаны на фиг. 1.

25 Затем концентрат после четвертой ступени с солесодержанием 35 г/л поступает в бак солерастворитель. Также в бак солерастворитель добавляется поваренная соль, либо 26% раствор поваренной соли. Солесодержание раствора в баке солерастворителе доводится до 73,5 г/л (73,5 г/л = 35 г/л+35 г/л\*1,1) при добавлении реагента NaCl. Если добавлять 26% раствор поваренной соли солесодержание получившегося раствора в баке солерастворителе будет меньше, около 68 г/л. Затем данный раствор при помощи насоса прокачивается через колонну с катионитом установки умягчения воды, которая выведена в регенерацию. Регенерация осуществляется раствором поваренной соли. Для экономии поваренной соли рекомендуется прокачивать раствор из бака солерастворителя через катионит снизу вверх. Соляной раствор прокачивается через катионит не менее 1 часа. Линейная скорость прохождения раствора через катионит должна находиться в диапазоне от 3 до 5 м/час. Затем производится отмывка катионита от продуктов регенерации исходной водой. Удельный расход отмывочной воды равен 11 м<sup>3</sup> воды на 1 м<sup>3</sup> катионита.

30

35

40 Как видно из таблиц 5, 7 и 9 индекс насыщения Ланжелье на всех ступенях обратноосмотического обессоливания имеет отрицательное значение кроме последней ступени. На последней (четвертой) ступени индекс имеет значение 0,44. Это фактически подразумевает отсутствие процесса отложения солей временной жесткости на всех ступенях обратноосмотического обессоливания воды. Процент насыщения солями CaSO<sub>4</sub> составляет 19,84 на последней ступени обессоливания, что говорит об отсутствии процесса отложения данных солей в мембранах.

45

Предложенный способ опреснения воды по второму варианту осуществляют следующим образом.

Способ опреснения воды содержит следующие технологические стадии. Вода после предварительного осветления поступает на установку Na-катионитовых фильтров 1

(фиг. 2). Целесообразно, чтобы было установлено не менее двух фильтров, которые работают в непрерывном режиме (по системе TWIN). Жесткость умягченной воды должна быть 0,02-0,1 мг-экв/л. Величина жесткости умягченной воды будет определяться степенью увеличения соледержания концентрата установок обратного осмоса. Степень увеличения соледержания может составлять до 100 крат. Соответственно при степени увеличения соледержания 100 жесткость рабочего концентрата после последней системы обратного осмоса составит около 10 мг-экв/л.

При отношении общей жесткости исходной воды (Ж) к бикарбонат иону ( $\text{HCO}_3$ ) (мг-

экв/л)  $\frac{Ж}{\text{HCO}_3} \geq 1,5$  и отношении гидрокарбонат иона к сумме содержания анионов

сильных кислот  $\frac{\text{HCO}_3}{\sum A_{\text{сo4}}} \geq 1$  возможно вместо подкисления воды использовать установку

Cl-анионирования воды 9, размещенную после Na-катионитовых фильтров 1 воды перед первой ступенью 4 обратноосмотической системы обессоливания. При недостаточно полном удалении бикарбонат иона на установке Cl-анионирования воды 9 возможно использование системы дозирования соляной кислоты 2 после установки Cl-анионирования воды 9 для удаления остаточного содержания бикарбонат иона.

Если из воды не удалять бикарбонат ион, то при многократном увеличении соледержания концентрат уже после второй ступени 5 обратноосмотической системы обессоливания будет содержать преимущественно пищевую соду (бикарбонат натрия), тем самым pH концентрата повысится до 8,3-8,4 и возможно отложение солей жесткости на мембранах второй и последующих ступеней установки обратного осмоса.

Далее вода поступает на первую ступень 4 обратноосмотической системы обессоливания. Соотношение исходного потока к рабочему концентрату («рековери») должно быть примерно 70-75%. Это связано с обеспечением оптимальных параметров работы мембран (давления и расхода воды) для извлечения максимальной производительности по пермеату. Затем рабочий концентрат после первой ступени 4 системы обессоливания поступает на вход второй ступени 5 системы обессоливания. Соотношение значения потоков на второй ступени 5 поддерживается на уровне как для первой ступени 4 обратноосмотической системы обессоливания. После второй ступени 5 рабочий концентрат используется в качестве исходной воды для третьей ступени 6. На каждой ступени обратноосмотической системы обессоливания соледержание концентрата будет возрастать в 3,5-4 раза.

Рабочий концентрат после последней ступени обратноосмотической системы обессоливания, направляют в бак солерастворитель 8, куда добавляется поваренная соль, при этом соледержание достаточного для регенерации Na-катионитового фильтра 1 объема рабочего концентрата после последней ступени обратноосмотической системы обессоливания устанавливаются в пределах 30-50 г/л. Из бака солерастворителя 8 регенерационный соляной раствор при помощи насоса подают на установку Cl-анионирования воды 9, где прокачивают через колонну с отработанным анионитом снизу вверх. Затем этот регенерационный раствор последовательно прокачивают через отработанный катионит установки Na-катионирования 1 снизу вверх, с отводом отработанного регенерационного раствора после фильтра на утилизацию.

Изобретение (по второму варианту) иллюстрируется следующим примером.

Пример. Применение системы водоподготовки по предложенному (комбинированному) способу опреснения для солоноватой воды из артезианской скважины. Состав исходной воды представлен в таблице 11. Требуемая

производительность по очищенной воде – 100 м<sup>3</sup>/час.

Показатель	Единица измерения	Значение
Общая жесткость	мг-экв/л	24,0
Общая щелочность	мг-экв/л	11,2
Хлориды	мг/л	382
Сульфаты	мг/л	288
Натрий+калий	мг/л	92
Солесодержание	мг/л	1865
Кремний (в виде Н <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub> )	мг/л	Не более 3,0
Железо	мг/л	- Не допускается
Окисляемость	мг О <sub>2</sub> /л	0,2-0,5

Технологическая схема системы водоподготовки по второму варианту представлена на фиг. 2. Исходная вода данного состава после системы осветления воды поступает в установку Na–катионитового умягчения воды. Установка состоит из двух фильтрующих колонн, которые работают последовательно. Одна колонна пропускает (умягчает) воду, вторая колонна находится в регенерации или в режиме ожидания. Колонны заполнены ионообменной смолой на 70% от их объема. Ионообменная смола (катионит) находится изначально в Na форме. Ионы кальция и магния, содержащиеся в исходной воде, обмениваются в колонне в объеме катионита на ионы натрия. Остаточная жесткость умягченной воды должна составлять от 0,02 до 0,1 мг-экв/л.

Расход воды после установки умягчения должен быть 104,2 м<sup>3</sup>/час. После установки умягчения вода направляется на установку Cl–анионирования. Умягченная вода, проходя через установку Cl–анионирования, замещает анионы сульфата и бикарбоната на анионы хлорида, содержащиеся в анионообменной смоле. Конструктивно данная установка повторяет установку Na – катионирования, только в качестве ионообменного материала используется анионообменная сильноосновная смола. Остаточное содержание бикарбонат иона в обработанной воде после установки Cl–анионирования должно быть не более 0,2 мг-экв/л. Использование процесса Cl–анионирования вместо дозирования соляной кислоты возможно при выполнении следующих условий: при отношении общей жесткости исходной воды (Ж) к бикарбонат иону (НСО<sub>3</sub>) (мг-экв/л)

$\frac{Ж}{НСО_3} \geq 1,5$  и отношении гидрокарбонат иона к сумме содержания анионов сильных

кислот  $\frac{НСО_3}{\sum A_{\text{сo4}}} \geq 1,0$  вместо подкисления воды используют установку Cl– анионирования

воды, установленную после Na–катионирования воды перед первой ступенью обратноосмотической системы обессоливания.

Таким образом, ионный состав воды представлен солями сильных электролитов. Состав воды после Cl–анионирования представлен в таблице 12.

Показатель	Единица измерения	Значение
Общая жесткость	мг-экв/л	0,05
Общая щелочность	мг-экв/л	0,2
Хлориды	мг/л	722
Сульфаты	мг/л	288
Натрий+калий	мг/л	642
Солесодержание	мг/л	1715

Диоксид углерода	мг/л	1,2
pH	Ед. pH	7,0

Далее вода поступает через картриджный фильтр тонкой очистки на первую ступень  
 5 обратноосмотической системы обессоливания. Повышается давление воды при помощи  
 центробежного многоступенчатого насоса высокого давления и вода с давлением 19  
 бар поступает в мембранный корпус. В корпусе содержатся мембранные элементы.  
 Мембранные элементы подбираются исходя из солесодержания исходной воды. За счет  
 избыточного давления вода просачивается через поверхность мембранных элементов.  
 10 Фильтрация организована таким образом, что не вся вода просачивается через  
 мембрану. На первой ступени через мембрану фильтруется только 70-73% от заданной  
 производительности по очищенной воде. Таким образом, формируется два потока:  
 пермеат и концентрат. Пермеат – очищенная вода, поступающая непосредственно  
 потребителю или на коррекционную обработку, концентрат – поток, насыщенный  
 15 солями, поступающий на вторую и последующие ступени обратноосмотического  
 обессоливания. Параметры процесса обратноосмотического обессоливания  
 устанавливаются путем регулирования расхода концентрата и уровня давления воды  
 на входе в мембранный блок. Составы концентрата и пермеата после первой ступени  
 обратноосмотического обессоливания представлены, соответственно, в таблицах 13 и  
 14.

20

Показатель	Единица измерения	Значение
Общая жесткость	мг-экв/л	0,167
Общая щелочность	мг-экв/л	0,65
Хлориды	мг/л	2549
25 Сульфаты	мг/л	953
Натрий+калий	мг/л	2121
Солесодержание	мг/л	5667
Диоксид углерода	мг/л	1,11
pH	Ед. pH	7,5

30

Показатель	Единица измерения	Значение
Общая жесткость	мг-экв/л	0,005
Общая щелочность	мг-экв/л	0,005
Хлориды	мг/л	11,5
35 Сульфаты	мг/л	3
Натрий+калий	мг/л	9
Солесодержание	мг/л	23,77
Диоксид углерода	мг/л	0,9
pH	Ед. pH	5,8

Расход концентрата после первой ступени умягчения необходимо установить на  
 40 уровне 31,26 м<sup>3</sup>/час, соответственно расход пермеата с первой ступени будет получен  
 в размере 104,2–31,26=72,94 м<sup>3</sup>/час. Перед второй ступенью при помощи насоса высокого  
 давления второй ступени повышают давление концентрата первой ступени до 30-35  
 бар. На второй ступени обратноосмотического обессоливания также образуется пермеат  
 45 и концентрат. Пермеат очищенный от солей направляется потребителю, а концентрат  
 на третью ступень обратноосмотического обессоливания. Составы концентрата и  
 пермеата после второй ступени обратноосмотического обессоливания представлены,  
 соответственно, в таблицах 15 и 16.



Таблица 15

Показатель	Единица измерения	Значение
Общая жесткость	мг-экв/л	0,52
Общая щелочность	мг-экв/л	2,09
Хлориды	мг/л	8418
Сульфаты	мг/л	3155
Натрий+калий	мг/л	7008
Солесодержание	мг/л	18718
Диоксид углерода	мг/л	2,1
рН	Ед. рН	7,7
Индекс Ланжелье	-	-1,127

Таблица 16

Показатель	Единица измерения	Значение
Общая жесткость	мг-экв/л	0,005
Общая щелочность	мг-экв/л	0,005
Хлориды	мг/л	36
Сульфаты	мг/л	10
Натрий+калий	мг/л	28
Солесодержание	мг/л	74,8
Диоксид углерода	мг/л	1,65
рН	Ед. рН	5,9

На второй ступени обратноосмотического обессоливания через мембрану фильтруется только 20-22,5% от заданной производительности по очищенной воде. Расход концентрата после второй ступени необходимо установить на уровне 9,37 м<sup>3</sup>/час, соответственно, выход пермеата со второй ступени составит 31,26-9,37=21,89 м<sup>3</sup>/час. Концентрат после второй ступени направляется на третью ступень обратноосмотической системы обессоливания. Перед третьей ступенью при помощи насоса высокого давления третий ступени повышают давление концентрата второй ступени до 50 бар. При данном давлении происходит процесс обратноосмотического разделения воды данного ионного состава. На третьей ступени через мембрану фильтруется только 4,0-6,5% от заданной производительности по очищенной воде. Составы концентрата и пермеата после третьей ступени обратноосмотического обессоливания представлены, соответственно, в таблицах 17 и 18.

Таблица 17

Показатель	Единица измерения	Значение
Общая жесткость	мг-экв/л	1,21
Общая щелочность	мг-экв/л	4,75
Хлориды	мг/л	18669
Сульфаты	мг/л	7009
Натрий+калий	мг/л	15548
Солесодержание	мг/л	41534
Диоксид углерода	мг/л	4,0
рН	Ед. рН	7,6
Индекс Ланжелье	-	-0,05
Процент насыщения по CaSO <sub>4</sub>	%	10,42

Таблица 18

Показатель	Единица измерения	Значение
Общая жесткость	мг-экв/л	0,005
Общая щелочность	мг-экв/л	0,005
Хлориды	мг/л	33,5

Сульфаты	мг/л	2,2
Натрий+калий	мг/л	23
Солесодержание	мг/л	59,7
Диоксид углерода	мг/л	3,35
pH	Ед. pH	5,6

5

После третьей ступени пермеат отправляется потребителю, а концентрат в бак солерастворитель. Расход концентрата после третьей ступени необходимо установить на уровне  $4,2 \text{ м}^3/\text{час}$ , соответственно, выход пермеата с третьей ступени составит  $9,37 - 4,2 = 5,17 \text{ м}^3/\text{час}$ . Третья ступень увеличивает солесодержание концентрата до рабочих значений  $42 \text{ г/л}$ . Расход пермеата суммируется по всем четырем ступеням обессоливания и составляет  $72,94 + 21,89 + 5,17 = 100 \text{ м}^3/\text{час}$ . Расход концентрата с установки

10

обратноосмотического обессоливания составит  $4,2 \text{ м}^3/\text{час}$ . Расходы потоков воды, по примеру для второго варианта осуществления способа, показаны на фиг. 2.

15

Затем концентрат после третьей ступени с солесодержанием  $42 \text{ г/л}$  поступает в бак солерастворитель. Также в бак солерастворитель добавляется поваренная соль, либо  $26\%$  раствор поваренной соли. Солесодержание раствора в баке солерастворителе доводится до  $86,1 \text{ г/л}$  ( $86,1 \text{ г/л} = 41 \text{ г/л} + 41 \text{ г/л} * 1,1$ ), при растворении  $\text{NaCl}$ . Если добавлять раствор поваренной соли солесодержание получившегося раствора в баке

20

солерастворителе будет меньше. Затем данный раствор при помощи насоса прокачивается последовательно через колонну с анионитом установки  $\text{Cl-}$  анионирования, затем через колонну с катионитом установки  $\text{Na-}$  катионирования воды, которые выведены в регенерацию. Вывод в регенерацию установки  $\text{Na-}$  катионирования и  $\text{Cl-}$  анионирования производится одновременно. Регенерация осуществляется

25

раствором поваренной соли. Для экономии поваренной соли рекомендуется прокачивать раствор из бака солерастворителя через катионит снизу вверх. Соляной раствор прокачивается через анионит, затем катионит не менее 1 часа. Линейная скорость прохождения раствора через ионообменные смолы должна находиться в диапазоне от  $3$  до  $5 \text{ м/ч}$ . Затем производится отмывка анионита и катионита от продуктов регенерации

30

исходной водой. Удельный расход отмывочной воды равен  $11 \text{ м}^3$  воды на  $1 \text{ м}^3$  смолы. Как видно из таблиц 15 и 17 индекс насыщения Ланжелье на всех ступенях обратноосмотического обессоливания имеет отрицательное значение. Это фактически подразумевает отсутствие процесса отложения солей временной жесткости на всех ступенях обратноосмотического обессоливания воды. Процент насыщения солями  $\text{CaSO}_4$  составляет  $10,42$  на последней ступени обессоливания, что говорит об отсутствии процесса отложения данных солей в мембранах.

35

Применение комбинированной технологии опреснения воды по предложенному способу по затратам соизмеримо с традиционными схемами обратноосмотического обессоливания воды. При этом расход сточной воды по данной схеме составляет около  $2,5-6\%$  от производительности. Сброс сточной воды после установки осмоса отсутствует. Расход сточной воды в традиционных схемах обратноосмотического обессоливания составляет около  $35-40\%$  от производительности.

40

Настоящее изобретение не ограничено описанными выше примерами, приведенными лишь в качестве иллюстрации конкретных вариантов его осуществления.

45

Предложенная простая технология опреснения воды позволяет получить увеличение эффективности выделения солей, уменьшение количества получаемых сточных вод и значительную экономию химических реагентов

## (57) Формула изобретения

1. Способ опреснения воды, заключающийся в том, что воду предварительно осветляют, направляют в Na-катионитовые фильтры, при этом жесткость умягченной воды устанавливают в пределах 0,02-0,1 мг-экв/л, затем в умягченную воду дозируют раствор соляной кислоты, при этом количество кислоты выбирают эквивалентно количеству бикарбоната натрия, затем в декарбонизаторе из воды извлекают свободную углекислоту, далее воду последовательно направляют на ступени обратноосмотической системы обессоливания, причем процесс обратноосмотического обессоливания ведут по меньшей мере двухстадийно по линии рабочего концентрата, на первой ступени обратноосмотической системы обессоливания соотношение исходного потока к рабочему концентрату устанавливают в пределах 70-75%, затем рабочий концентрат направляют на вторую ступень обратноосмотической системы обессоливания, после второй ступени рабочий концентрат используют в качестве исходной воды для третьей ступени обратноосмотической системы обессоливания, при этом рабочее давление процесса обратноосмотического обессоливания повышают от первой ступени к последней, от 10 до 50 бар, рабочий концентрат после последней ступени обратноосмотической системы обессоливания направляют в бак-солерастворитель, куда добавляется поваренная соль, при этом солесодержание достаточного для регенерации Na-фильтра объема рабочего концентрата после последней ступени обратноосмотической системы обессоливания устанавливают в пределах 30-50 г/л, из бака-солерастворителя регенерационный соляной раствор прокачивают последовательно через анионит, а затем через катионит снизу вверх с отводом отработанного регенерационного раствора после фильтра на утилизацию.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что максимальное солесодержание рабочего концентрата, выходящего с мембран обратноосмотической системы обессоливания, не должно быть больше 50 г/л.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что солесодержание рабочего концентрата устанавливают равным исходному солесодержанию воды, умноженному на 3,5 в степени, значение которой равно количеству ступеней обратноосмотической системы обессоливания.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что количество натрия, добавляемого в бак-солерастворитель на смещение с рабочим концентратом, определяется как количество натрия, г/л, в рабочем концентрате, поступающем в бак-солерастворитель, умноженное на 1,05 -1,1.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что количество ступеней обратноосмотической системы N определяется из выражения

$$N = \log_n(25/s) + 1,$$

где n – кратность увеличения солесодержания концентрата на одной ступени обратного осмоса,  $n=3,5$ ;

s – солесодержание исходной воды, мг/л;

25 – солесодержание концентрата с предпоследней ступени обратного осмоса, мг/л;

1 – стадия обратноосмотического обессоливания изначально соленой воды.

6. Способ опреснения воды, заключающийся в том, что воду предварительно осветляют, направляют в Na-катионитовые фильтры, при этом жесткость умягченной воды устанавливают в пределах 0,02-0,1 мг-экв/л, затем используют установку Cl-анионирования для замещения бикарбонат-иона на хлорид-ион, при остаточном содержании бикарбонат-иона не более 0,2 мг-экв/л, далее воду последовательно

направляют на ступени обратноосмотической системы обессоливания, причем процесс обратноосмотического обессоливания ведут по меньшей мере двухстадийно по линии рабочего концентрата, на первой ступени обратноосмотической системы обессоливания соотношение исходного потока к рабочему концентрату устанавливают в пределах 70-75%, затем рабочий концентрат направляют на вторую ступень обратноосмотической системы обессоливания, после второй ступени рабочий концентрат используют в качестве исходной воды для третьей ступени обратноосмотической системы обессоливания, при этом рабочее давление процесса обратноосмотического обессоливания повышают от первой ступени к последней, от 10 до 50 бар, рабочий концентрат после последней ступени обратноосмотической системы обессоливания направляют в бак-солерастворитель, куда добавляется поваренная соль, при этом солесодержание достаточного для регенерации Na-фильтра объема рабочего концентрата после последней ступени обратноосмотической системы обессоливания устанавливают в пределах 30-50 г/л, из бака-солерастворителя регенерационный соляной раствор при помощи насоса подают на установку Cl-анионирования, где прокачивают через колонну с отработанным анионитом снизу вверх, а затем этот регенерационный раствор последовательно прокачивают через отработанный катионит установки Na-катионирования снизу вверх с отводом отработанного регенерационного раствора после фильтра на утилизацию.

7. Способ по п. 6, отличающийся тем, что максимальное солесодержание рабочего концентрата, выходящего с мембран обратноосмотической системы обессоливания, не должно быть больше 50 г/л.

8. Способ по п. 6, отличающийся тем, что солесодержание рабочего концентрата устанавливают равным исходному солесодержанию воды, умноженному на 3,5 в степени, значение которой равно количеству ступеней обратноосмотической системы обессоливания.

9. Способ по п. 6, отличающийся тем, что количество натрия, добавляемого в бак-солерастворитель на смешение с рабочим концентратом, определяется как количество натрия, г/л, в рабочем концентрате, поступающем в бак-солерастворитель, умноженное на 1,05 - 1,1.

10. Способ по п. 6, отличающийся тем, что количество ступеней обратноосмотической системы N определяется из выражения

$$N = \log_n(25/s) + 1,$$

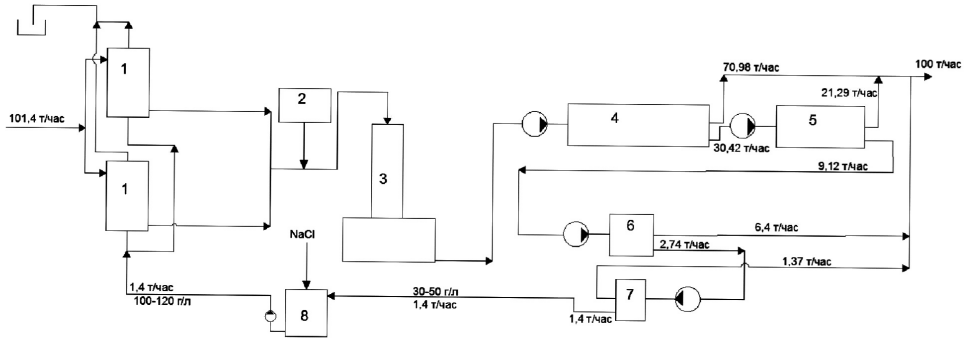
где n – кратность увеличения солесодержания концентрата на одной ступени обратного осмоса, n=3,5;

s – солесодержание исходной воды, мг/л;

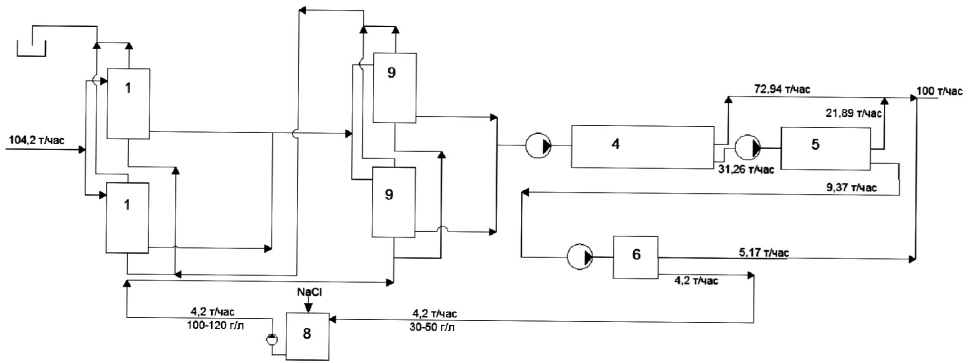
25 – солесодержание концентрата с предпоследней ступени обратного осмоса, мг/л;

1 – стадия обратноосмотического обессоливания изначально соленой воды.

Способ опреснения воды



Фиг. 1



Фиг. 2